

XI. A BALLISZTIKA

A ballisztika a lőfegyverek működésével foglalkozó tudomány, tárgyalja mindazon kérdéseket, amelyek a lövéssel összefüggnek.

A lövés jelenségeivel, annak törvényszerűségeivel foglalkozik a ballisztika (lövétan), amelyek a lövedék mozgása szerint feloszthatók:

- a) lövedék mozgása a fegyver csövében,
- b) mozgás a cső elhagyása után a légtérben.

Ennek megfelelően a ballisztikát is két fő fejezetre oszthatjuk: belső ballisztikára és külső ballisztikára.

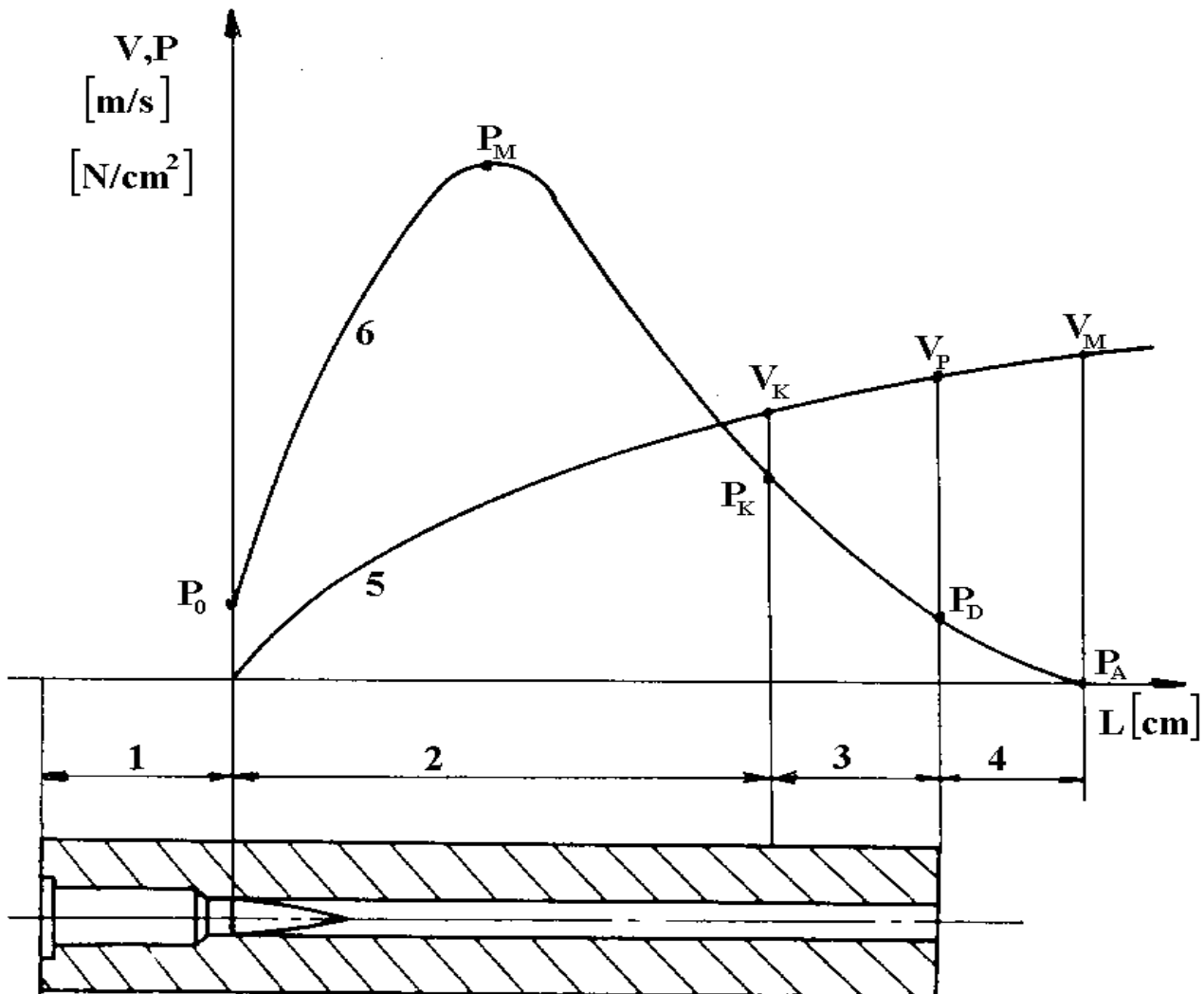
A belső ballisztika tárgyalja a lövedék mozgását a csőben és a cső elhagyása után, amíg a lőporgázok hatást gyakorolnak a lövedékre.

A külső ballisztika a csőből kilépett lövedék mozgásának, röppályájának meghatározásával foglalkozik.

A) BELSŐ BALLISZTIKA

A ballisztikának e területe a csőben lejátszódó folyamatokkal foglalkozik. A folyamatok jellemzője a csőben kialakult gáznyomás és a lövedéksebesség, a csőhossz, illetve az időfüggvényében.

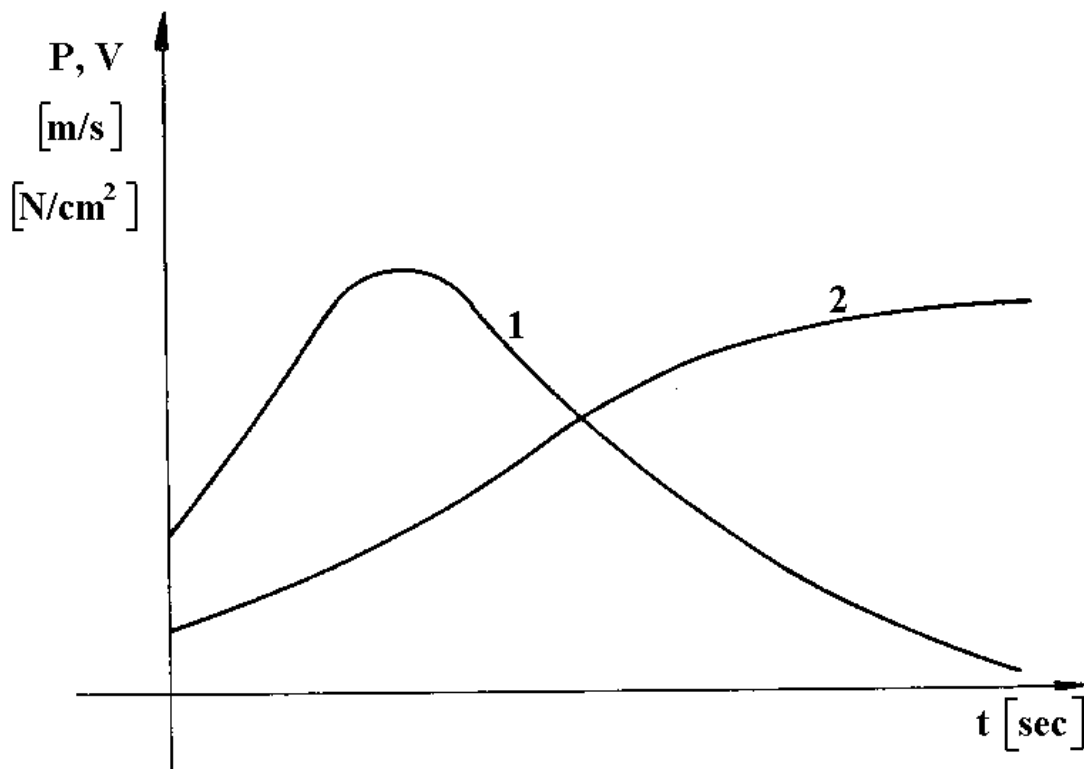
A lövés jelenségénél a következő szakaszokat különböztetjük meg (187. ábra).



187. ábra

| | | |
|--|---|--|
| P Nyomás; | 6 Gáznyomás görbéje; | V_D Lövedéksebesség a csőből való kirepüléskor; |
| V Sebesség; | P_o Kényszerítő nyomás; | V_M Lövedék maximális sebessége; |
| L Csőhossz; | P_M Maximális gáznyomás; | P_A Légtörnyomásával egyenlő nyomás |
| 1 Előzetes szakasz; | P_k A gáz nyomása lőporégés befejezésekor; | |
| 2 Első szakasz; | P_D Gáznyomás a lövedék csőből való kirepülésekor; | |
| 3 Második szakasz; | V_k Lövedék sebessége a lőporégés befejezésekor; | |
| 4 Gázok utóhatásának szakasza; | | |
| 5 Lövedék sebességének görbéje; | | |

Az előző ábra a lövedéksebesség és gáznyomás változást a csőhossz függvényében mutatja. Idő függvényében a következő grafikon alakul ki (188. ábra).



188. ábra

P/ Gáznyomás; V/ Sebesség; t/ idő;
1. Gáznyomás-görbe; 2. Sebesség-görbe

1. A lövés szakaszai

187. ábrán látható nyomás- és sebesség-görbéken a lövés jelenségeinél a következő időszakokat különböztetjük meg. Előzetes szakasz: a lőportöltet égése állandó térben. Ez a lőpor meggyulladásától a lövedék megindulásáig tart. A gáznyomás ez alatt olyan értékre nő, hogy a lövedéket ki tudja mozdtítani a hüvelyből és cső huzagolt részébe sajtolja. Ezt a nyomást kényszerítő nyomásnak nevezzük.

Első szakasz:

A lőportöltet égése gyorsan változó térben, a kényszerítő nyomás elérésétől és a lövedék megindulásától kezdve, a lőportöltet égésének befejezéséig tart. Ennek az időszaknak a kezdetén, amikor a lövedék mozgássebessége a csőben még nem nagy, a gázok térfogata erősen növekszik és a legnagyobb értéket éri el. Ezt a nyomást maximális nyomásnak nevezzük. Ezt követően a lövedék mozgási sebességének gyors növekedése következtében a lövedék mögötti tér nagysága a gázfejlődésnél gyorsabban növekszik és a nyomás csökkenni kezd.

Második szakasz:

Az állandó mennyiségű, erősen összenyomott és felhevített gáz kitágulása, ez az időszak a lőportöltet elégésének befejezésétől a lövedék csőből való kirepülésének pillanatáig tart. a lövedék mozgási sebességének növekedése a fennálló nyomás és a gáz kitágulása következtében történik. A nyomás csökkenése a második időszakban meglehetősen gyors és a torkolati nyomás kis értékű lesz.

Egyes fegyvereknél, különösen a rövid csövűeknél, mivel a lőportöltet a lövedék csőből való kirepüléséig elég.

Gázok utóhatásának időszaka:

A lőporgáz hatása a lövedékre a csőfuratból való kirepülés után. A lövedék csőfuratból való kirepülésétől kezdődik és a lövedékre gyakorolt gázhatás megszűnésével fejeződik be. A lövedék sebességénél nagyobb sebességgel a csőfuratból kiáramló gázok egy bizonyos távolságig (néhány cm-től m-ig) a repülő lövedékfenékre nyomást gyakorolnak és a lövedék sebességét mindaddig növelik, amíg a lövedékfenékre gyakorolt gáznyomás a légellenállással egyenlő lesz. A lövedék a legnagyobb sebességét ennek az időszaknak a végén éri el.

B) KÜLSŐ BALLISZTIKA

A lövedék röppályáját vizsgálja. Röppályának a lövedék súlypontjának levegőbeli útvonaltát nevezzük. A röppálya a csőtorkolatától a becsapódási pontig tart.

A csőből meghatározott sebességgel kilőtt lövedékre két erő hat:

- nehézségi erő;
- légellenállási erő.

A nehézségi erő a föld vonzásának következménye, értéke állandó. Arra kényszeríti a lövedéket, hogy fokozatosan süllyedjen.

A légellenállási erő a levegő jelenlétének, illetve sűrűségének következménye. Értéke változó, hatása állandó. A lövedéket folyamatos lassulásra kényszeríti, vagyis a mozgási sebességét csökkenti.

1. A levegőben repülő lövedéket kísérő jelenségek

A lövedék levegőben történő mozgása közben a levegő részecskéi nem tudnak kitérni, amelynek következtében a lövedék előtt sűrűbb lesz a levegő és hanghullámok keletkeznek. Ha a lövedék sebessége kisebb a hang sebességénél, a hullámok keletkezése csak lényegtelen befolyást gyakorol a lövedék mozgására, mert a hullámok gyorsabban terjednek, mint ahogy a lövedék mozog.

Ha a lövedék sebessége nagyobb, mint a hang sebessége, a hanghullámok torlódásától erősen összenyomott levegő keletkezik, amely lassítja a lövedék sebességét, mivel a lövedék energiájának egy része a hullámok létesítésére és tolására fordítódik.

A lövedékekkel érintkező levegőrészecskék körüláramolják a lövedéket és surlódnak annak külső felületén. Ennek következtében szintén csökken a lövedék sebessége.

A lövedéket körüláramló levegő a lövedék fenékrésze mögött nem tud mindjárt összehárulni, ezért légritkulás és örvénylés keletkezik, melynek következtében nyomáskülönbség áll elő a fejrész és a fenékrész között. Ez a különbség egy erőt hoz létre, amely a lövedék mozgásával szintén ellentétes irányú és szintén csökkenti a lövedék sebességét (189. ábra).

A levegőnek a mozgó lövedékre gyakorolt hatása következtében a fellépő erők eredője adja a légellenállást.

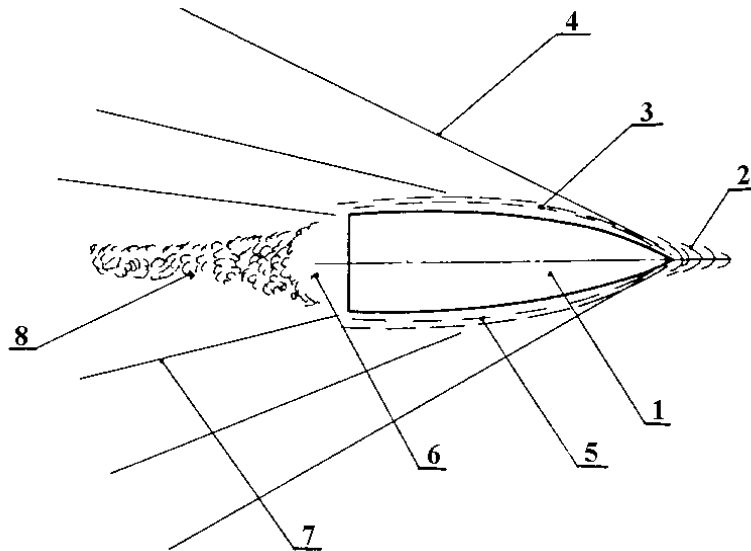
A légellenállási erő nagy százalékban függ:

- a lövedék kezdősebességétől
- a levegő sűrűségétől;
- a lövedék alakjától, űrméretétől és felületével.

A lövedék sebességének növekedésével arányosan növekszik a légellenállási erő is, mert sokkal több levegőrészecske ellenállását kell a lövedéknek leküzdenie ugyanazon idő alatt.

Ugyanazon lövedéknek sűrűbb levegőben nagyobb mennyiségű levegőrészecskét, azaz nagyobb légellenállást kell leküzdenie, mint ritkább levegőben.

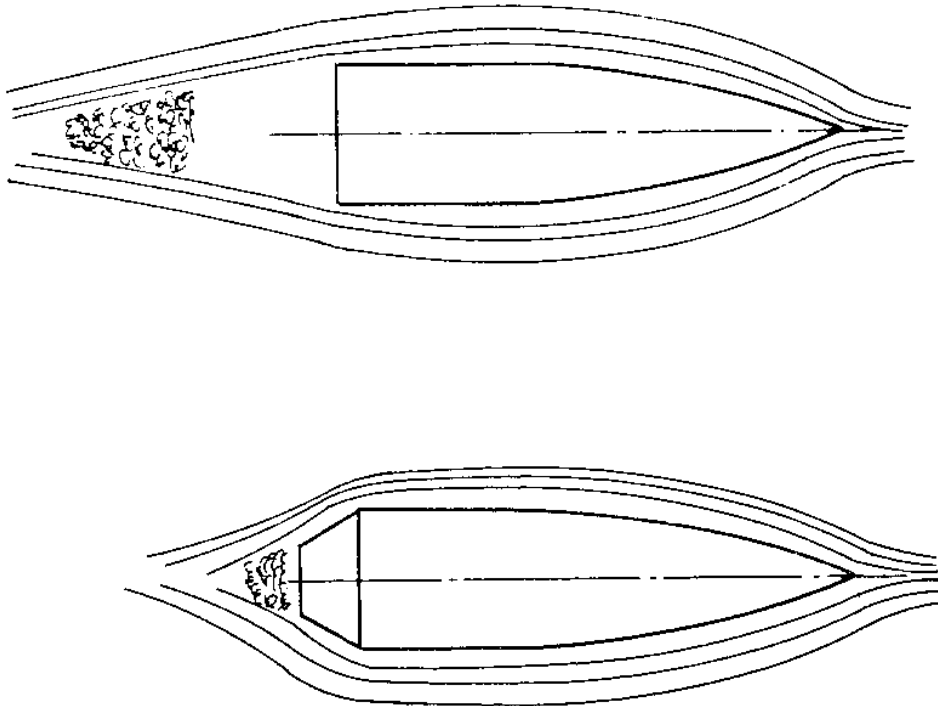
A hosszúkás, hegyes csúcsú lövedék a levegőrészecskék ellenállását könnyebben küzdi le, mert a tompább csúcsú lövedék.



189. ábra

1. Lövedék; 2. Hanghullám; 3. Súrlódás; 4. Fejhullám; 5. Súrlódás;
6. Légritkulás; 7. Farokhullám; 8. Örvénylés

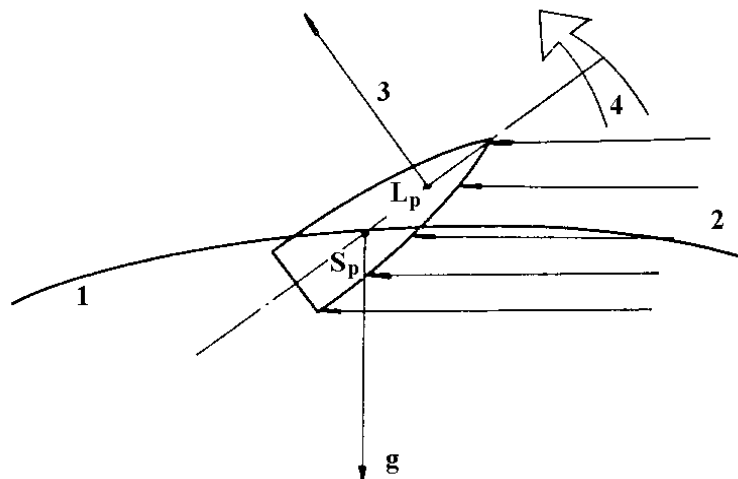
A lövedék fenékrészének kúpos kiképzésével is csökkenthető a légritkulások és örvénylések (190. ábra).



190. ábra

A lövedék simább felülete következtében is csökken a súrlódás és a légellenállás. Mivel a nehézségi erő a lövedéket süllyedésre kényszeríti, a légellenállási erő nem a lövedék tengelyének irányába hat, hanem azzal egy bizonyos szöget bezárva, így nemcsak lassítani igyekszik a lövedék mozgását, hanem felbillenteni is (191. ábra).

Azért, hogy a lövedék ne billenjen fel a légellenállási erő hatására, a csőfuratban levő huzagok segítségével gyors forgó mozgást kap. A lövedék csúcsát a légellenállási erő továbbra is felfelé és hátrabillenteni igyekszik, de az a gyors forgás következtében nem felfelé hajlik el, hanem a légellenállási erő hatásának irányára merőlegesen, és forgásának irányába igen kis mértékben oldalt, azaz jobb-



191. ábra

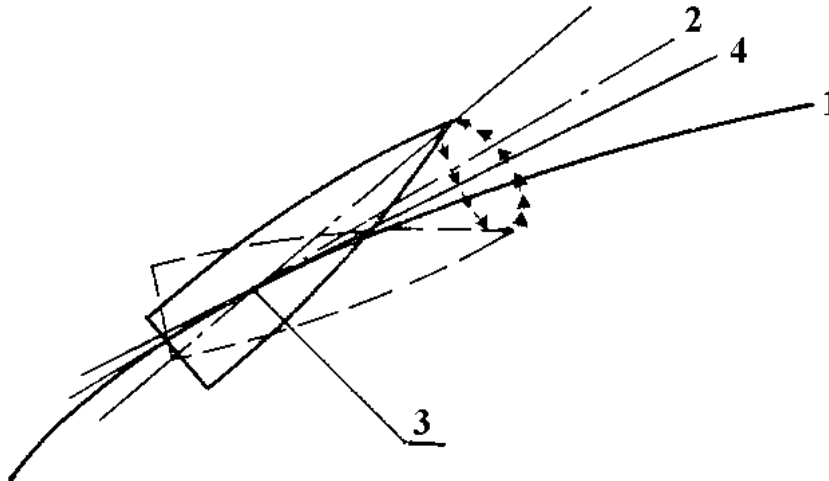
S A lövedék súlypontja; **L** A légellenállási erők támadási pontja; **g** Nehézségi erő; **1.** Röppálya; **2.** Légellenállás; **3.** A légellenállási erők eredője; **4.** A felbillentés iránya

Ekkor megváltozik a légellenállási erő hatásának iránya, a lövedék csúcsát jobban hátra igyekeznek billenteni, azonban a gyors forgás következtében nem jobbra, hanem lefelé történik az elfordulás.

Mivel a légellenállási erő hatása állandó, iránya viszont a lövedéktengely minden eltérésétől függően változó, így a lövedék csúcsa kört ír le, a lövedék tengelye pedig a röppálya érintője körül egy olyan kúpot, amelynek a csúcsa a nehézségi erő támadáspontja.

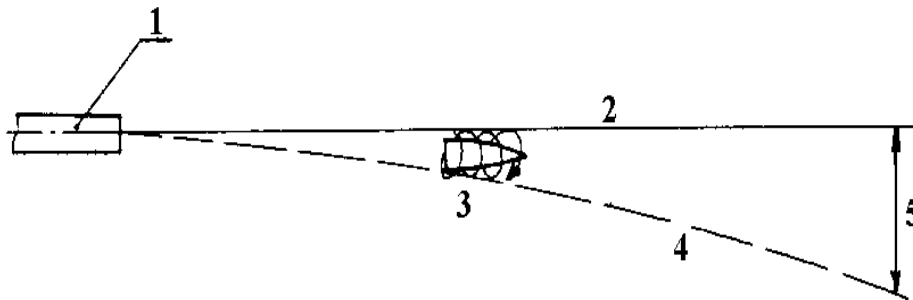
A lövedék súlypontja a lövedék fejrészével előremozog, követve a röppálya görbületét (192. ábra).

A lövedék lassú, kúpos mozgása a dinamikai tengely körül valósul meg, amely a röppálya-érintővel kis szöveget alkot és az érintőnél mindig feljebb helyezkedik el. Ez azért van így, mert a lövedék a röppálya-érintőhöz képest bizonyos késéssel rendelkezik.



192. ábra

1. Röppálya; 2. Dinamikai tengely; 3. Súlypont; 4. Röppálya-érintő



193. ábra

1. Cső; 2. Lősík; 3. Forgólövedék; 4. A forgólövedék röppályája; 5. Oldalgás

A lövedék a forgó mozgás, a légellenállási erő és a nehézségi erő hatása következtében a lősíktól, forgásának irányában eltér, amit oldalgásnak nevezünk (193. ábra).

Jobbra irányuló csőhuzagolás esetén jobbra, balra irányuló csőhuzagolás esetén balra.

Ezt kis távolságon nem vesszük figyelembe (550 m-ig), mert olyan kismértékű, hogy gyakorlatilag nincs jelentősége.

2. A nyíl lövedék (fejnehéz lövedék) útja a levegőben

egy szabálytalan görbét ír le a levegőben, végül sebessége megszűnik és leesik a földre, vagyis kialakul a röppálya.

a.) A röppálya és elemei

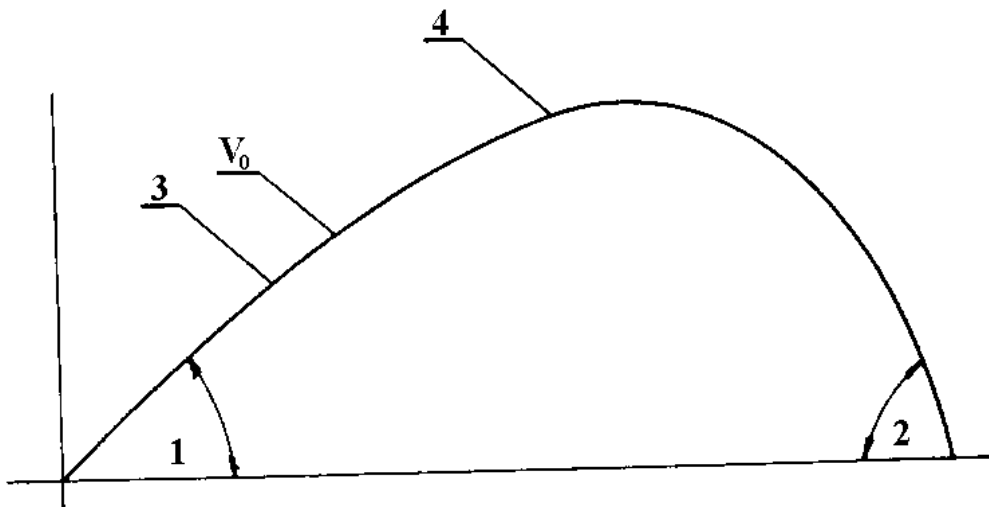
A röppálya tanulmányozásánál a következő fogalmak szerepelnek (195. ábra).

| | |
|-------------------------------|--|
| Kirepülési pont: | a csőtorkolat középpontja, a röppálya kezdete. |
| Torkolatszint: | a kirepülési ponton áthaladó vízszintes sík a fegyver torkolatszintje. Emelkedési vonalra beirányzott fegyver csőtengelyének meghosszabbított egyenese. |
| Emelkedési szög: | a torkolatszint és emelkedési vonal által bezárt szög. |
| Lősík: | az emelkedési vonalon áthaladó függőleges sík. |
| Indulóvonal: | a lövés pillanatában a csőtengely meghosszabbításának egyenese. |
| Indulószög: | az indulóvonal és a torkolatszint által bezárt szög. |
| Kirepülési szög: | az indulóvonal és az emelkedési vonal által bezárt szög. |
| Becsapódó pont: | röppálya és torkolatszint kereszteződése. |
| Becsapódó szög: | a becsapódó pontban a röppálya-érintő és a torkolatszint által bezárt szög. |
| Vízszintes távolság: | kirepülési ponttól a becsapódó pontig tartó távolság. |
| A röppálya tetőpontja: | a röppálya legmagasabb pontja. |
| A tetőpont magassága: | a torkolatszint és a tetőpont közötti legrövidebb távolság. |
| Felszálló ág: | kirepülési ponttól a röppálya tetőpontig terjedő röppályaszakasz. |
| Leszálló ág: | a röppálya tetőpontjától a találkozási pontig terjedő szakasz. |
| Találati szög: | a röppálya-érintő és a cél felületének érintője által bezárt szög. Ha a lövedék kis találati szöggel csapódik a földre vagy az akadályra, felpattan, azaz visszaverődik a föld, vagy az akadály felületéről és útját új röppályán folytatja. A felpattanó lövedék megtartja a megfelelő ölőhatását (átütőképességét) és hatásos lehet. |
| Találati pont: | az a pont, ahol a röppálya metszi a célt. |
| Célpont: | a célnak az a pontja, amelyre a fegyvert beirányoztuk. |
| Írányzóvonal: | az az egyenes, amely a lövő szemétől az irányzék nézőkéjén és a célgömb csúcsán a célpontig tart. |

1. Cső;
2. Cél;
3. Kirepülési pont;
4. Induló vonal;
5. Emelkedési vonal;
6. Kirepülési szög;
7. Torkolatszint;
8. Emelkedési szög;
9. Indulószög;
10. Tetőpont;
11. A tetőpont magassága;
12. Felszálló ág;
13. Leszálló ág;
14. Röppálya magasságok;

15. A cél síkja;
16. Találati szög;
17. Becsapódási szög;
18. Találati pont;
19. Becsapódási pont;
20. találkozási pont;
21. Tetőpont-távolság;
22. Céltávolság;
23. Vízszintes távolság;
24. Teljes távolság;
25. Röppálya-érintő;
26. Nézőke;
27. Célgömb

A rakétalövedék röppályáját két szakaszra osztjuk: aktív szakaszra, amikor a lövedék reaktív erő hatása alatt mozog és passzív szakaszra, amikor a lövedék tehetetlenségénél fogva mozog (196. ábra).



196. ábra

1. Indulószög; 2. Becsapódási szög; V_0 Kezdősebesség; 3. Aktív szakasz;
4. Passzív szakasz

C) A LÖVEDÉK RÖPPÁLYÁJÁNAK SAJÁTÓSÁGAI

A lövedék röppályájának a levegőben a következő sajátosságai vannak:

- A leszálló ág rövidebb és íveltebb, mint a felszálló ág.
- Becsapódó szög nagyobb mint az indulószög.
- A lövedék sebessége a becsapódó pontban kisebb mint a kezdősebessége.
- A lövedéknek a legkisebb sebessége nagy induló szöggel történő lövésnél a röppálya leszálló ágában van, kis induló szögek esetén pedig a becsapódó pontban.
- A lövedék mozgásának ideje a röppálya felszálló ágán kevesebb mint a leszálló ágán.
- A forgó lövedék röppályája annak következtében, hogy a lövedék a nehézségi erő és az oldalgás hatására süllyed, kettős görbe vonal.

D) A LAPOS ÉS A MEREDEK RÖPPÁLYÁK KIALAKULÁSA

A röppálya alakja attól függ, hogy lövéskor milyen magasra emeljük a fegyver csövét, vagyis milyen mértékű az emelkedési szög nagysága.

Az emelkedési szög növelésével a röppálya magassága és a vízszintes távolság egy bizonyos határig növekszik, ha azonban a fegyver csövét ezen a határon túl emeljük, a röppálya magassága növekedni fog, a vízszintes távolság viszont csökken.

A cső állásának megfelelően a következő röppályák alakulhatnak ki:

- 35°-ig lapos a röppálya;
- 35°-45°-ig ívelt a röppálya;
- 45° felett meredek a röppálya.

A lövészfegyverek (gyalogsági fegyverek) lapos röppályájú fegyverek. A legnagyobb lőtávolságot kb. 45° -os, csőállás esetén kapjuk, ennél kisebb vagy nagyobb mértékű csőállással történő tüzelésnél a röppálya rövidebb lesz, azaz csökken a lőtávolság.

E) A RÖPPÁLYÁK GYAKORLATI JELENTŐSÉGE

A fegyver csövének emelése, vagyis az emelkedési szög növekedése egy bizonyos határig növeli a vízszintes lőtávolságot. Azonban ha a fegyver csövet (emelkedési szöget) ezen a határon túl emeljük, a vízszintes lőtávolság csökkenni fog.

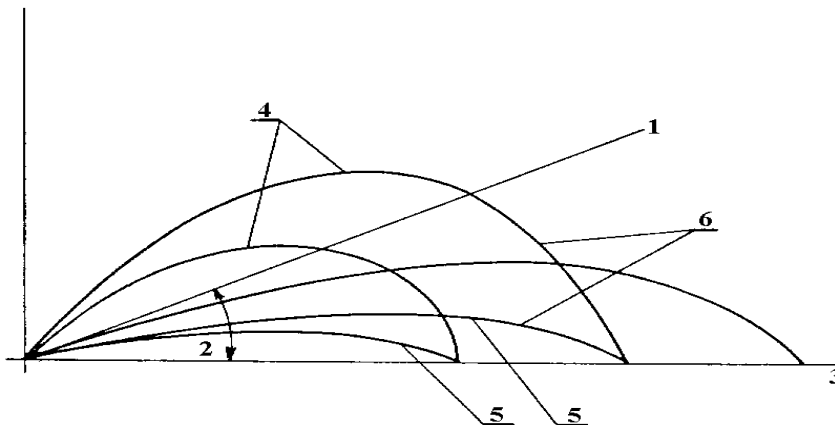
Így könnyen megállapítható a fegyvercső azon állása, amelynél a legnagyobb vízszintes lőtávolságot kapjuk.

Azt az emelkedési szöget, amelynél a vízszintes lőtávolság a legnagyobb, a legnagyobb lőtávolság szögének nevezzük. A legnagyobb lőtávolság szöge lövészfegyvereknél kb. 35° , az aknavetőknél és a különböző méretű tüzérségi lövegeknél pedig 45° .

A legnagyobb lőtávolság szögénél kisebb emelkedési szögeket kapott röppályák a lapos röppályák. Azok a röppályák, amelyeket a legnagyobb távolság emelkedési szögénél nagyobb emelkedési szöggel kapunk, meredek röppályák.

Figyelembe kell venni, hogy egy és ugyanazon löfegyverrel való lövésnél - azonos kezdősebességeket feltételezve - két egyforma vízszintes távolságú röppályát, meredek és lapos röppályát kapunk.

A különböző emelkedési szögek mellett azonos vízszintes távolságú röppályákat röppálya pároknak nevezzük (198. ábra).



198. ábra

- 1. Emelkedési vonal; 2. Legnagyobb távolság szöge; 3. Torkolatszint;
4. Meredek röppályák; 5. Lapos röppályák; 6. Röppálya-pár**

Gyalogsági fegyvereknél és gránátvetővel történő lövésnél csak lapos röppályát kapunk. Minél laposabb a röppálya, annál nagyobb távolságon küzdhetjük le a célt ugyanazon irányzékállással. Ez a lapos röppálya gyakorlati jelentősége.

A röppálya laposságát az irányzévonal fölötti legnagyobb magassága jellemzi. Adott távolság esetén, a röppálya annál laposabb, minél kevésbé emelkedik az irányzévonal fölé. Ezenkívül a röppálya laposságát a becsapódó szög nagysága alapján is megítélhetjük: a röppálya annál laposabb, minél kisebb a becsapódó szög.

A meredek röppálya gyakorlati jelentősége az, hogy alkalmazásával fedezék mögött levő célokat is megsemmisíthetünk.

Pásztázáson a lapos röppályájú fegyverekből kilőtt lövedékeknek a veszélyeztető képességét értjük olyan célokkal szemben, amelyek közelebb vannak a becsapódó pontnál és magasságuk meghaladja a röppálya magasságát.

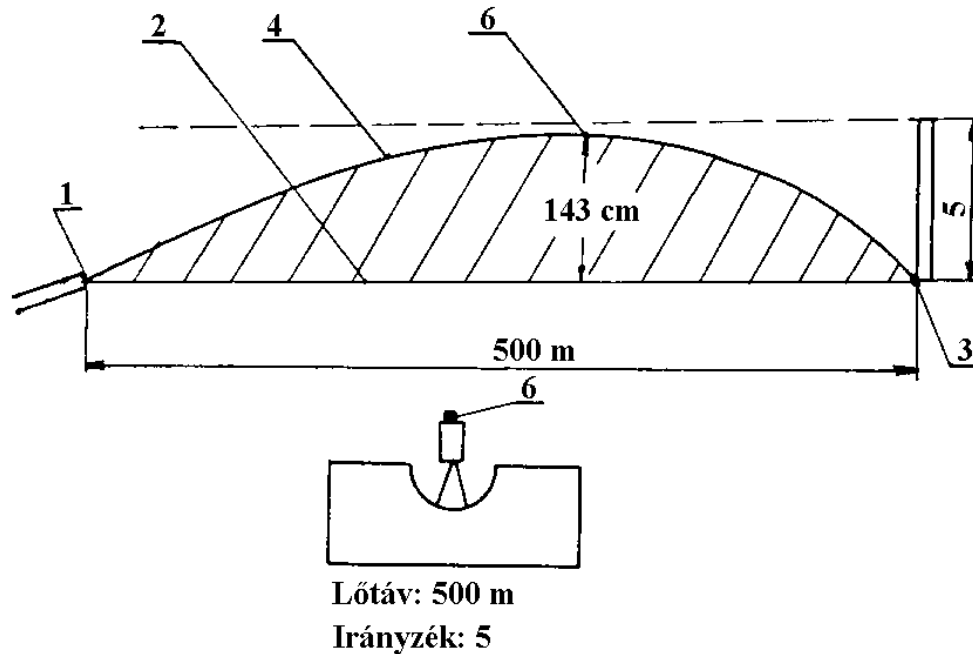
Az olyan lövést, amelynél a röppálya az egész irányzék távolságon nem emelkedik az irányzévonal fölött a cél nagyságát meghaladó magasságra, pásztázó lövésnek nevezzük (199. ábra).

A pásztázott lövés távolsága függ:

- a cél magasságától;
- a röppálya laposságától.

Minél magasabb a cél és minél laposabb a röppálya, annál nagyobb a pásztázó lövés távolsága és annál nagyobb távolságon küzdhetjük le a célt ugyanazzal az irányzékállással.

A pásztázó lövés gyakorlati jelentősége abban áll, hogy a célt ezen a távolságon belül az irányzékállás változtatása nélkül küzdhetjük le, ha a célpontot a cél alsó szélé közepén választjuk meg.



199. ábra

1. Kirepülési pont; 2. Irányzóvonal; 3. Célpont; 4. Röppálya; 5. A cél magassága;
6. A röppálya tetőpontja (legnagyobb magassága)

F) A LŐVISZONYOK BEFOLYÁSA A LÖVEDÉK MOZGÁSÁRA

1. Normál feltételek

Minden lőfegyver rendszerbe állítása előtt az adott fegyverrel, lehetőleg ideális körülmények között kísérleti lövészeteket hajtanak végre. A kísérleti lövészetek adatait lőtáblázatokban rögzítik. Azokat a körülményeket, amelyek közt a kísérleti lövészeteket végrehajtják, a tüzelés normál (lőtábla szerinti) feltételeinek, vagy más néven normál löviszonyoknak nevezzük.

A normál (lőtábla szerinti) löviszonyok a következők:

a) Időjárási viszonyok:

- légköri nyomás a torkolatszinten 99991,5 Pa. 110 m tengerszint feletti magasságban;
- levegő hőmérséklete a torkolatszinten +15 °C;
- a levegő relatív páratartalma 50 %. (Relatív páratartalomnak nevezzük a levegőben levő víztartalomnak ahhoz a legnagyobb páratartalomhoz való viszonyát, amelyet a levegő az adott hőmérsékleten tartalmazhat);
- abszolút szélcsend van.

b) Ballisztikus viszonyok:

- a fegyver első kategóriába tartozik;
- a lövedék súlya és kezdősebessége a lőtáblázatban megadott értékeknek felel meg;
- töltéshőmérséklet +15°C;
- a lövedék alakja a rajzbeli előírásoknak megfelelő;
- a célgömb magassága a fegyver belövésének adatai alapján van beállítva, az irányzék magassága a lőtáblázat szerinti irányzási szögnek felel meg.

c) Topográfiai (terep) viszonyok:

- a cél a torkolatszinttel egy magasságban van (nincs helyszög);
- a fegyvernek oldaldőlése nincs.

Azok az ideális feltételek, amelyeket az időjárási, ballisztikai és terepviszonyoknál felsoroltunk, térben és időben szinte sohasem fognak együttesen megjelenni.

Gyakorlatilag tehát a lövészeteket mindig a normál feltételektől eltérő viszonyok között hajtjuk végre.

2. Normál feltételektől eltérő (különleges) löv viszonyok

A normál feltételektől eltérő löv viszonyok a lövés pontosságára - az egyes feltételek megváltozása esetén jelentős, más feltételek megváltozása esetében jelentéktelen - hatást gyakorolnak.

A légnyomás ingadozása ugyanazon terepmagasságban jelentéktelen mértékű hatást gyakorol a röppályára. A terep minden 100 m-es emelkedésével azonban a légköri nyomás 1066,576 Pa-val csökken. A légnyomás csökkenésével a légellenállási erő csökken, a lőtávolság pedig növekszik. 1000 m tengerszint feletti magasságig nem, e felett azonban már helyesbíteni kell mégpedig úgy, hogy az irányzékot csökkentjük, vagy a célpontot alacsonyabban választjuk meg.

A levegő hőmérsékletének növekedésével a levegő sűrűsége csökken, ennek következtében csökken a légellenállás és növekszik a lőtávolság. A hőmérséklet csökkenésével a levegő sűrűsége és a légellenállás megnő, a lőtávolság pedig csökken. Helyesbítést általában a normál hőmérséklettől (+15 °C) + 10 °C, vagy ettől nagyobb eltérés esetén kell végrehajtani.

Nagy melegben az irányzékot csökkenteni kell, vagy pedig a célpontot alacsonyabban választjuk meg, hidegben ellentétesen kell a helyesbítést végrehajtani.

A töltethőmérséklet növekedésével növekszik a lőpor égési sebessége és a lövedék kezdősebessége. A lövedék kezdősebességének növekedésével csökken a lövedék repülési ideje és az induló vonal alá való süllyedése, tehát növekszik a lőtávolság.

A lövedékre a legnagyobb eltérítő hatást a szél gyakorolja. Különösen nagy az oldalszél eltérítő hatása, mely a lövedék oldalfelületét nyomja.

A hátszél és az ellenszél kismértékben csökkenti, kismértékben növeli, illetve csökkenti a lőtávolságot, ezért ezt a lövészfegyvereknél nem vesszük figyelembe.

Az oldalszél jelentős mértékben eltéríti a lövedékeket, ezért a pontos találat érdekében helyesbítést szükséges végrehajtani. Lövészfegyvereknél (kivétel a nyíllövedékű fegyverek) a helyesbítést mindig abban az irányban hajtjuk végre, ahonnan a szél fúj.