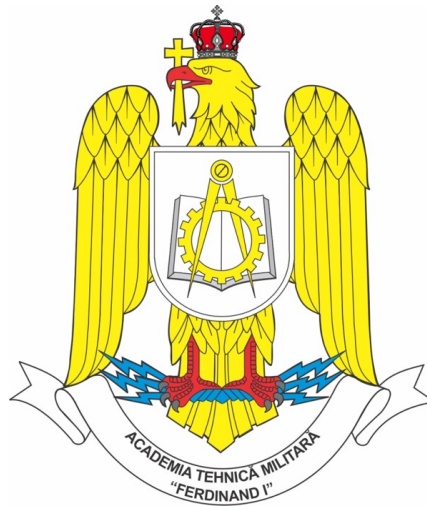


Noțiuni introductive în domeniul sistemelor de armament



Lector univ. dr. ing.
Laviniu Haller

TEMA 1. APARIȚIA SISTEMELOR DE ARMAMENT. EFECTUL LA ȚINTĂ

Prima evoluția majoră asociată armelor reprezintă, totodată, prima revoluție în acest domeniu și a fost atinsă în momentul în care omul a modelat obiectele fizice din mediul înconjurător astfel încât utilitatea acestora în contextul activităților specifice armelor să beneficieze de uniformitate și reproductibilitate. Tehnicile de prelucrare a pietrei și lemnului, ale căror evidențe arheologice le estimează originea în urmă cu peste 3.000.000 de ani, odată cu începuturile Epocii de piatră, au fost descoperite încă de pe vremea strămoșilor timpurii ai omenirii și au constituit fundamentul primelor arme făurite de om. În această perioadă, obiectele din piatră au fost modelate pentru a servi la vânătoare sau pentru făurirea altor produse, fiind utilizate, în special, din mână. În acord cu dovezile arheologice cu privire la prelucrarea materialelor în scopul explicit al creării unei arme, primele obiecte utilizate în acest sens au fost descoperite în anul 1995, în Schöningenen, Germania și au o vechime de 400.000 de ani. Acestea sunt constituite din lemn, ale cărui formă, dimensiuni și aspect au fost modificate pentru a obține corpuri uniforme, alungite și cu un vârf ascuțit, care facilitează penetrarea țesuturilor vii.

A doua etapă remarcată în procesul dezvoltării armelor este asociată apariției primelor instrumente care sunt capabile să mărească forța asociată membrilor corpului uman pentru propulsia acestora pe o distanță superioară și pentru generarea unui efect terminal îmbunătățit. Utilizarea unui dispozitiv care imprimă o energie superioară corpurilor prin intermediul unei mișcări controlate de rotație, sau utilizarea unui mijloc elastic pentru azvârlirea obiectelor către țintă au determinat apariția unor noi posibilități pentru dobândirea avantajelor tactice prin utilizarea armelor.

Primele aruncătoare de sulițe, cunoscute drept *atlatl* și datate în perioada 40.000 – 25.000 î.e.n., puteau asigura azvârlirea unor sulițe flexibile, constituite din lemn, care puteau permite angajarea unui vânat aflat la o distanță de 40 m. Fiind dezvoltate în Africa de nord, construcția acestora s-a răspândit ulterior în toată lumea și au fost înlocuite, în cele din urmă, de către arcul cu săgeți. O ilustrație a modului în care aruncătorul de sulițe este utilizat este regăsită în Fig. 1.1.

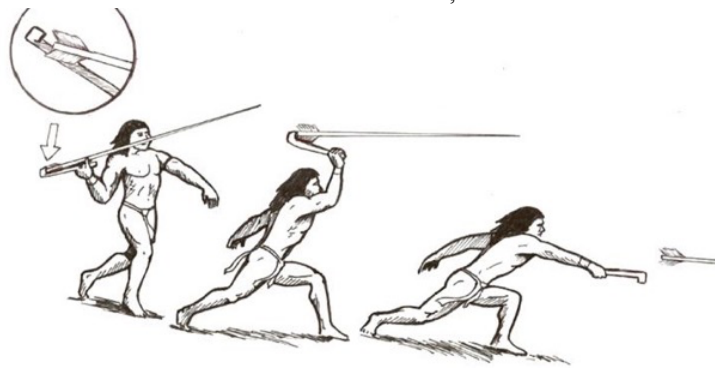


Fig. 1.1 Ilustrarea modului de utilizare a aruncătorului de sulițe

Cele mai vechi capete de săgeți sunt datate în jurul anilor 20.000 î.e.n., indicând faptul că, în acea perioadă, arcurile cu săgeți erau deja utilizate. Odată cu evoluția tehnologică, anii 5000 î.e.n. sunt caracterizați de îmbunătățirea cunoștințelor necesare prelucrării metalelor și, din punct de vedere al descoperirilor arheologice, reprezintă momentul dezvoltării primelor arme elaborate din metal, precum pumnalele și săbiile.

Capabilitatea de a transporta către ținte aflate la distanțe mai mari o încărcătură utilă de dimensiuni și mase superioare a fost atinsă odată cu utilizarea principiilor avantajului mecanic obținut prin utilizarea pârghiilor. Reprezentanții armelor astfel dezvoltate sunt considerați a fi

trebucetul, cunoscut și sub denumirea de frontibolă, și catapulta. Primele trebucete au fost dezvoltate în China, în jurul anilor 500 î.e.n. și utilizau un braț rotativ de care, prin intermediul unei banduliere, putea asigura propulsia unei roci sferice la o distanță mai mare de 100 m. Catapultele, în schimb, pot asigura propulsia unui obiect susținut pe un suport dispus la unul dintre capetele brațului rotativ, a cărui mișcare este asigurată prin intermediul unor resorturi. O ilustrație comparativă privind organizarea unui trebucet și organizarea unei catapulte este reprezentată în Fig. 1.2.

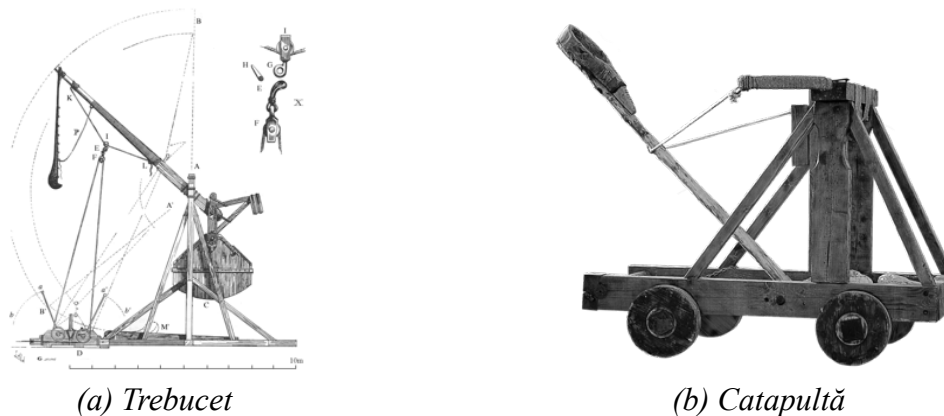


Fig. 1.2 Organizarea unui trebucet (a) și a unei catapulte (b)

O soluție ulterioară, dezvoltată pentru propulsia unei sulite cu o energie și la o distanță superioare, este reprezentată de *balistă*. Aceasta este caracterizată de existența unui resort pe care este sprijinită componenta de luptă, ce este azvârlită în urma destinderii resortului pretensionat. Apărută în jurul anilor 400 î.e.n. în Grecia antică, balista a fost preluată și îmbunătățită de civilizația romană începând cu secolul al II-lea e.n.. Fig. 1.3 ilustrează organizarea și modul de pregătire pentru tragere a unei baliste.

Cea de-a doua revoluție în domeniul dezvoltării și utilizării armelor este asociată secolului al IX-lea e.n., în China, odată cu apariția prafului de pușcă, amestec eterogen constituit din carburant și combustibil, capabil să manifeste o transformare explozivă. Astfel, energia necesară pentru propulsia unei componente de luptă până la ținta aflată la o distanță dată putea fi asigurată prin alte mijloace decât cele pur mecanice, dând naștere atât armelor de foc și a sistemelor pirobalistice, cât și unor noi soluții ce au modelat, până în prezent, organizarea, exploatarea și doctrina corelate acestora.

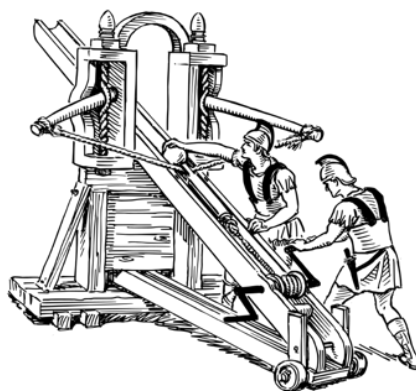


Fig. 1.3 Organizarea și pregătirea pentru tragere a unei baliste

Manifestarea fizică a principiilor conservative ale mișcării justifică dinamica țintei în momentul în care este supusă efectului componentelor transmise către aceasta. În lumina bilanțului energetic, respectiv a mecanismelor transferului energetic și a principiilor conservative ale

mişării, efectul generat de armele utilizate în luptă este manifestat prin intermediul lucrului mecanic sau a căldurii cedate în urma transformării energiei înmagazinate de către componente din alcătuirea acestora, respectiv prin intermediul cantității de mișcare ce este transmisă în momentul interacțiunii.

În cazul sistemelor *antepirobalistice*, care au precedat sistemele care utilizează praful de pușcă pentru îndeplinirea rolului funcțional, energia disponibilă este regăsită sub formă de energie potențială sau cinetică, care este ulterior transformată, în urma interacțiunii cu ținta, în lucru mecanic. În același timp, interacțiunea dintre componenta sistemelor de arme care determină efectul terminal și ținta determină și transferul unei cantități de mișcare către aceasta, a cărei valoare este invers proporțională cu lucrul mecanic transferat.

Amplitudinea modificării structurale a regiunii țintei care este supusă interacțiunii energetice este dependentă de anumiți factori fizici, caracteristici naturii sistemelor aflate în contact. Printre aceștia se regăsesc *mărimea suprafeței de contact, rigiditatea, limita de rupere și timpul de interacțiune*.

Pentru sisteme de arme *pirobalistice*, care utilizează pentru funcționare un amestec de substanțe ce înmagazinează energie sub formă chimică, sunt, în continuare, aplicabile mecanismele transferului energetic și principiile conservative ale cantității de mișcare. Fenomenul care a determinat apariția și dezvoltarea sistemelor pirobalistice este asociat reacției de oxido-reducere care este suferită, în anumite condiții de inițiere, de amestecul eterogen alcătuit din carburant și comburant denumit, odată cu dezvoltarea sa, *praf de pușcă*. Caracteristic acestui amestec este modul în care frontul reacției chimice de descompunere/oxido-reducere se propagă prin materialul neintrat încă în reacție, precum și modul în care substanțele care suferă reacția chimică au capacitatea de a asigura producția necesari întreținerii acesteia. În termeni moderni, praful de pușcă este cuprins în categoria *materialelor energetice*.

Materialele energetice sunt substanțe sau amestecuri de substanțe, aflate în stări metastabile, capabile să sufere, sub acțiunea unui impuls exterior, o *transformare explozivă*. *Transformarea explozivă* este un proces fizico-chimic rapid, autopropagabil, în urma căruia se eliberează, într-un timp relativ scurt, o cantitate mare de căldură și gaze aflate la temperatură ridicată. Specific oricărui material care poate suferi o transformare explozivă este că în alcătuirea sa sunt întâlnite atât grupele de carburant, cât și grupele de comburant necesare susținerii reacției chimice. *Carburantul*, denumit și *combustibil*, reprezintă substanța care este descompusă în urma reacției chimice, iar *comburantul*, denumit și *oxidant*, reprezintă substanța care realizează descompunerea carburantului.

Materialelor energetice le sunt atribuite trei tipuri de transformări explozive: *combustia, deflagrația și detonația*.

Combustia reprezintă un proces fizico-chimic constituit dintr-o succesiune rapidă de reacții exoterme de descompunere și oxido-reducere, care se autopropagă în materialul energetic prin mecanisme de transfer termic. Aceasta se desfășoară în condiții normale de presiune și temperatură, de regulă în recipiente deschise, astfel încât vitezele de propagare a frontului de reacție prin materialul care nu a intrat încă în reacție sunt cuprinse între milimetri pe secundă și metri pe secundă.

Deflagrația poate fi definită în aceeași manieră cu reacția de combustie, diferența dintre acestea fiind reprezentată de presiunea și temperatura la care este manifestat procesul fizico-chimic. Prin urmare, deflagrația poate fi privită ca un caz particular al combustiei, care se desfășoară în condiții de presiuni și temperaturi ridicate. Condițiile de presiune și temperatură ridicate sunt asigurate, de regulă, în stare *confinată*, astfel că viteza de propagare a frontului de

reacție este cuprinsă între zeci și sute de metri pe secundă, fără a depăși viteza sunetului prin materialul energetic. *Confinarea*, care este, de regulă, asigurată printr-o închidere etanșă a materialului supus reacției chimice, descrie limitarea posibilității efectuării rapide a transferului energetic prin debit de masă și căldură dinspre zona de reacție spre mediul înconjurător.

Detonația este un proces fizico-chimic complex, constituit dintr-o succesiune rapidă de reacții de descompunere și oxido-reducere, puternic exoterme și gazogeneratoare, care se autopropagă prin materialul energetic prin mecanisme hidrodinamice. Astfel, propagarea detonației se realizează prin comprimarea adiabatică a materialului, produsă de o *undă de șoc*, definită drept o discontinuitate a parametrilor termodinamici ai mediului parcurs și caracterizată de o presiune în front care depășește valoarea de 10^5 atmosfere, ce traversează materialul cu viteze supersonice, de ordinul miilor de metri pe secundă.

Substanțele regăsite în organizarea prafului de pușcă sunt *azotatul de potasiu/salpetrul* (KNO_3), *cărbunele* ($\text{C}_7\text{H}_4\text{O}$) și *sulfur* (S). În timp ce azotatul de potasiu și cărbunele asigură carburantul și comburantul necesari susținerii transformării explozive, sulfurul este adăugat cu scopul de a diminua temperatura manifestată în frontul de reacție. În interiorul țevii unei arme de foc, transformarea explozivă suferită de praful de pușcă este deflagrația, în urma căreia se degajă o cantitate foarte mare de produși de reacție gazoși într-un timp foarte scăzut. Cu toate că, în condiții normale de presiune și temperatură, transformarea explozivă specifică prafului de pușcă este combustia, starea de confinare asigurată în interiorul canalului țevii determină evoluția caracterului impulsiv al reacției chimice. Ca urmare a faptului că produșii gazoși formați, caracterizați de un nivel ridicat al energiei interne și în lipsa unui volum suficient în care să se destindă, amplifică presiunea și temperatura din zona de reacție, aceasta progresează într-un timp foarte scurt către deflagrație.

Indiferent de nivelul de sofisticare, armele sunt dezvoltate și utilizate cu scopul generării unui anumit efect asupra țintei desemnate. Natura efectului generat este corelată caracterului țintei și mecanismelor de funcționare care, prin succesiunea de manifestare, determină consistența și amplitudinea rezultatului final. Un prim pas în evaluarea efectului generat asupra țintei este reprezentat de diseminarea rezultatelor probabile în funcție de relațiile structurale specifice acesteia, aspect ce înglobează și informații cu privire la măsura în care anumite relații independente de natura fizică a mecanismelor transferului energetic pot influența semnificativ atingerea obiectivelor urmărite. În consecință, se pot remarca *țintele materiale*, reprezentate de obiecte fizice, ale căror caracteristici și răspuns poate fi caracterizat strict din perspectiva relațiilor constitutive care modelează comportamentul structural al acestora, respectiv *țintele vii*, reprezentate de corpurile însuflețite, pentru care mecanismele impactului sunt analizate în egală măsură din perspective structurale, biologice, anatomice și fiziologice.

Țintele materiale sunt reprezentate de structuri solide care se opun trecerii componentei de luptă a muniției utilizate prin intermediul relațiilor structurale determinate de natura materialului și de modul de organizare a acestuia pe întregul volum ocupat. În cazul vitezelor mici de impact, de ordinul a câțiva metri pe secundă, răspunsul țintelor materiale poate fi limitat de regiunea comportamentului elastic, în urmă căruia deformațiile permanente rezultate, ca factor al efectului manifestat în urma impactului componentei de luptă, sunt practic nule. În cazul vitezelor superioare de impact, ce depășesc sute de metri pe secundă și chiar o mie de metri pe secundă, corpurile solide supuse interacțiunii pot manifesta deformații permanente de amplitudine ridicată, topire în regiunea limitrofă zonei de contact sau chiar dezintegrarea lor totală.

Efectele care pot fi manifestate asupra țintelor materiale sunt reprezentate de rezultatele acțiunii sistemelor de armament asupra structurii acestora. Coroborat cu aspectele tactice asociate

acțiunilor de luptă, efectele urmărite prin angajarea unei ținte materiale cuprind *distrugerea* și *dezactivarea*. *Distrugerea* este obținută în urma deteriorării structurii materiale a țintei care este angajată prin utilizarea sistemelor de armament, astfel încât rolul activ al acesteia să fie suprimat. *Dezactivarea* este obținută în situația în care țintele materiale sunt reprezentate de echipamente care, în urma acțiunii de luptă, suferă modificări structurale care împiedică permanent capabilitatea acestora de a îndeplini sarcinile pentru care au fost dezvoltate.

Asupra *țintelor vii*, reprezentate de corpurile însuflețite, efectele care pot fi manifestate sunt determinate în relație cu fenomenele distincte asociate mecanismelor impactului. Complexitatea factorilor care conduc la materializarea unui anumit efect, precum și consecințele biologice ale impactului care pot fi manifestate pe durata unor perioade de timp importante scurse după consumarea impactului, au determinat apariția unei ramuri distincte dedicată acestui domeniu, desprinsă din portofoliul balisticii terminale și denumită *balistică lezională*, care cuprinde aportul cunoștințelor, cercetărilor și rezultatelor obținute din domenii distincte precum biologie, fiziologie, biomecanică sau chirurgie.

Efectele manifestate asupra *țintelor vii* ca urmare a utilizării sistemelor de armament sunt considerate în relație cu obiectivele acțiunilor de luptă care determină generarea acestora și cuprind *aducerea la stare de incapacitate*, *nimicirea*, respectiv *neutralizarea*. Evaluată la nivelul unui singur individ, *aducerea la stare de incapacitate* în urma utilizării sistemelor de armament se referă la inducerea unei stări fizice sau psihice care limitează semnificativ capacitatea acestuia de a continua desfășurarea activității pe care o întreprindea la acel moment. *Nimicirea* este reprezentată de anihilarea forței vii a adversarului, prin determinarea asupra acesteia a unor consecințe mecanice, biologice, psihologice și fiziologice suficiente pentru dobândirea superiorității în luptă. *Neutralizarea* poate fi asigurată prin suprimarea posibilității de manifestare a forței vii adverse, în urma scindării relațiilor structurale și funcționale între membrii acesteia, determinate prin intermediul consecințelor mecanice, biologice, psihologice sau fiziologice.

TEMA 2. EVOLUȚIA SISTEMELOR PORTATIVE DE ARMAMENT

Elementul principal din organizarea armelor de foc pentru care transformarea explozivă a încărcăturii de azvârlire este consumată în interiorul acestora este reprezentat de țeavă. De altfel, primele arme de foc dezvoltate și utilizate începând cu secolul al XIV-lea, denumite *bombarde*, erau reprezentate de o singură țeavă, construită din fier sau bronz și obturată la unul dintre capete, în interiorul căreia erau introduse mijloacele necesare executării focului, reprezentate de componenta de luptă, încărcătura de azvârlire și mijlocul de inițiere. Organizarea *bombardei*, ilustrată în imaginile din Fig. 2.1, evidențiază existența anumitor regiuni specifice, care sunt reprezentate de următoarele elemente:

- 1- *Arma propriu-zisă*, reprezentată de țeavă;
- 2- *Interiorul țevii*, denumit și *canalul țevii*, în care se manifestă transformarea explozivă a încărcăturii de azvârlire;
- 3- *Gura țevii*, pe unde este evacuată componenta de luptă;
- 4- *Camera de încărcare*, unde este dispusă încărcătura de azvârlire;
- 5- *Orificiul de comunicare cu interiorul țevii*, pe unde este realizată inițierea transformării explozive a încărcăturii de azvârlire;
- 6- *Culata*, reprezentată de regiunea posterioară a țevii.

Bombardele sunt arme de foc pentru care alimentarea în vederea executării focului se realizează prin introducerea pe la gura țevii a încărcăturii de azvârlire, respectiv a componentei de luptă. Mijlocul de inițiere al transformării explozive suferite de încărcătura de azvârlire este introdus în orificiul de comunicare cu interiorul țevii, asigurând accesul către camera de încărcare a acesteia.

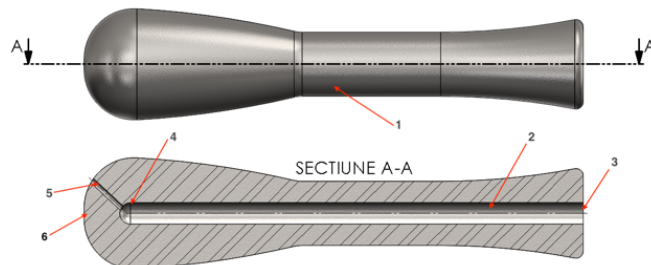


Fig. 2.1 Bombarda, ilustrată din vedere laterală, respectiv din vedere în secțiune longitudinală

Executarea focului cu o bombardă presupune parcurgerea unor etape preliminare, în urma cărora arma de foc este pregătită în vederea tragerii. În cadrul Fig. 2.2 sunt ilustrate, prin intermediul vederii în secțiune longitudinală, elementele fizice din organizarea bombardei și poziția acestora pentru asigurarea funcționării prin tragere a armei.

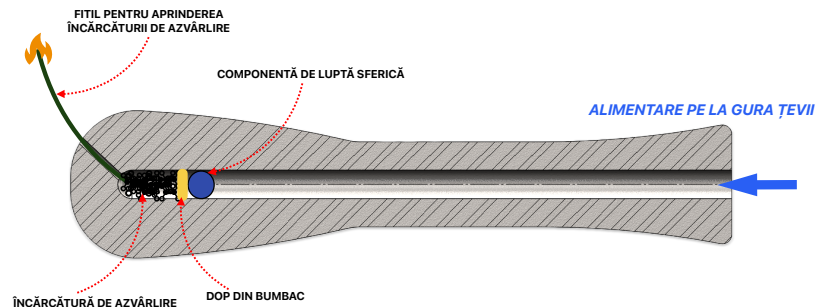


Fig. 2.2 Pregătirea pentru tragere a unei bombarde

Încărcătura de azvârlire, reprezentată de amestecul eterogen a cărui denumire comună este *praf de pușcă*, este introdusă, prin turnare, pe la gura țevii. Ulterior, este utilizat un *dop de bumbac*, introdus tot pe la gura țevii și condus în zona camerei de încărcare cu ajutorul unei vergele, al cărui rol este de a contribui la păstrarea și uniformizarea încărcăturii de azvârlire în volumul reprezentat de camera de încărcare. Etapa următoare presupune introducerea *componentei de luptă sferice*, alcătuită din piatră sau fier, tot pe la gura țevii și cu ajutorul aceleiași vergele. Inițierea focului este realizată prin introducerea unui *fitil* din bumbac îmbibat în azotat de potasiu (amestec ce se regăsește, totodată, în componența prafului de pușcă) în interiorul orificiului de comunicare cu interiorul țevii și, ulterior, prin aprinderea acestuia cu ajutorul unei surse externe de căldură.

Din perspectiva efectelor asociate strict impactului componentei de luptă, una dintre principalele probleme care caracterizau aceste sisteme este reprezentată de *imprecizia tragerii*, astfel încât posibilitatea de a asigura coincidența dintre traiectoria componentei de luptă și ținta desemnată, la distanța considerată, era limitată.

Pornind de la modul de funcționare al bombardei, precum și a dispersiei rezultatelor obținute la trageri succesive și având în vedere procesele evolutive care au condus la dezvoltarea armelor de foc din prezent, se pot identifica *cinci direcții* importante ale căror evoluție contribuie la creșterea calității tragerii cu sistemele de armament. Aceste direcții sunt:

- Îmbunătățirea preciziei și justetei;
- Îmbunătățirea efectului terminal;
- Îmbunătățirea cadenței de tragere;
- Diminuarea masei și creșterea rezistenței structurale;
- Adaptabilitatea la diferite scenarii și tactici de luptă.

Deși sunt, câteodată, utilizați în regim interschimbabil, **precizia și justetea** reprezintă două trăsături distincte asociate tragerii cu sisteme de armament care pot fi caracterizate în zona de impact a componentei de luptă. În timp ce *precizia* reprezintă capabilitatea unui sistem de a oferi stări de ieșire reproductibile, *justetea* (denumită, uneori, și *acuratețe*) reflectă apropierea valorilor stării de ieșire a unui sistem de valoarea teoretică așteptată. Din perspective matematice, *precizia* este exprimată prin intermediul *varianței* și a *deviației standard*.

Varianța unei serii de numere exprimă măsura în care acestea se abat de la valoarea medie și reprezintă media pătratelor diferențelor fiecărui număr față de punctul mediu, fiind exprimată matematic sub forma:

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2 \quad (2.1)$$

unde σ^2 reprezintă varianța, N reprezintă mărimea seriei de numere, μ reprezintă media numerelor din serie, iar x_i reprezintă, succesiv, fiecare număr din serie. Media numerelor din serie este obținută prin formula:

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2.2)$$

Deviația standard reprezintă rădăcina pătrată a varianței și exprimă dispersia numerelor dintr-o serie față de media acestora, fiind exprimată matematic prin formula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2} \quad (2.3)$$

unde σ reprezintă deviația standard, N reprezintă mărimea seriei de numere, μ reprezintă media numerelor din serie, iar x_i reprezintă fiecare număr din serie.

Întrucât *justețea* denotă apropierea răspunsului unui sistem de valoarea teoretică sau urmărită a acestuia, ea poate fi exprimată procentual din perspectiva erorii procentuale asociate fiecărei stări de ieșire. Expunerea matematică a erorii procentuale care caracterizează *justețea* este reprezentată de ecuația:

$$E[\%] = \frac{y_i - y_a}{y_a} \cdot 100 \quad (2.4)$$

unde $E[\%]$ reprezintă eroarea procentuală asociată fiecărui răspuns furnizat de sistem, y_i reprezintă ieșirea obținută, iar y_a reprezintă ieșirea așteptată. Ieșirile unui sistem sunt considerate *juste* în situația în care erorile procentuale calculate se situează sub o anumită valoare impusă, considerată toleranță acceptabilă asociată abaterilor răspunsului sistemului.

În urma utilizării sistemelor de armament, caracterizarea performanțelor acestora din perspectiva preciziei și *justeții* este realizată prin analizarea punctelor de impact în vederea stabilirii grupării acestora, respectiv a apropierii de punctul de ochire urmărit. În Fig. 2.3 sunt ilustrate patru exemple ce cuprind rezultatele obținute în urma tragerii asupra unei ținte, ce sunt corelate celor patru situații în care rezultatele tragerilor pot fi încadrate.

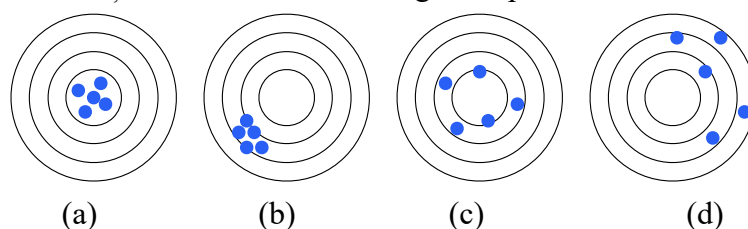


Fig. 2.3 Ilustrarea preciziei și *justeții* tragerii:
 (a) Tragerie precisă și justă, (b) Tragerie precisă și injustă,
 (c) Tragerie imprecisă și justă, (d) Tragerie imprecisă și injustă

În viziune integratoare, caracteristicile de edificare și organizare ale sistemelor de armament ce au rolul de a asigura caracteristici de precizie și *justețe* acceptabile în condițiile de exploatare specifice asigură **reproductibilitatea fenomenului tragerii**, un aspect esențial în validarea capabilităților funcționale și operaționale manifestate de către acestea. Ideal, dacă sunt respectate aceleași condiții inițiale, asociate poziției armei, alcătuirii muniției, respectiv poziției țintei, *tragerile reproductibile* ar determina generarea aceluiași punct de impact. Însă, din cauza inconsistenței parametrilor urmăriți și a neuniformității dimensiunilor și maselor nominale avute în vedere în etapa de construcție, caracterul reproductibil al fenomenului tragerii este asociat unor toleranțe acceptate ale abaterilor punctelor succesive de impact față de punctul desemnat în momentul tragerii. Analiza caracterului reproductibil, pornind de la exploatarea unei bombarde pregătită conform ilustrației din Fig. 2.2, poate fi realizată prin ramificarea condițiilor necesare pentru fiecare dintre componentele sistemului, după cum urmează:

- Analiza caracterului reproductibil asociat armei;
- Analiza caracterului reproductibil asociat componentei de luptă;
- Analiza caracterului reproductibil asociat încărcăturii de azvârlire;

- Analiza caracterului reproductibil asociat mijlocului de inițiere;
- Analiza caracterului reproductibil asociat utilizatorului.

Efectul terminal este reprezentat de efectul generat asupra țintei în urma utilizării sistemelor de armament. Întrucât efectele pot fi diferențiate în funcție de tipul țintei angajate prin tragere, vie sau materială, îmbunătățirea efectului terminal este asociată, de regulă, îmbunătățirii capacității sistemului de armament de a îndeplini, cu o probabilitate cât mai mare și cu un consum de resurse cât mai mic, sarcinile pentru care a fost utilizat, în condițiile tactice impuse de specificul misiunii. Astfel, îmbunătățirea performanțelor terminale poate fi asigurată prin modificări aduse armei, prin modificări aduse muniției sau prin modificări relevante la nivelul întregului sistem de armament.

Volumul și densitatea tragerilor care pot fi direcționate către o țintă sau asupra unei poziții date sunt determinate parametric prin intermediul **cadenței de tragere** a armei. Cadența de tragere reprezintă numărul de lovituri pe care arma îl poate asigura într-un interval de timp dat, de regulă egal cu un minut, și poate fi reprezentată în funcție de ipotezele simplificatoare considerate prin **cadența teoretică de tragere** și **cadența practică de tragere**. **Cadența teoretică** pentru o armă de foc dată este, uzual, considerată pentru sisteme de armament automate și constituie numărul de lovituri care pot fi executate în condiții ideale, caracterizate de ipoteze precum existența în armă a unei cantități nelimitate de muniție disponibilă imediat, existența unui timp neglijabil de ochire, precum și existența unui timp neglijabil necesar răcirii armei de foc. Cu toate că aceste condiții nu vor fi întrunite în nicio situație reală de utilizare, cadența teoretică de tragere oferă informații importante cu privire la două aspecte:

- **Cantitatea de muniție** necesară îndeplinirii unei misiuni de luptă cu arma de foc dată, prin prisma consumului estimat de muniție în timpul tragerii;
- **Durata unui ciclu de tragere**, reprezentând timpul scurs din momentul declanșării focului și până în momentul în care arma este pregătită pentru următorul foc, care este specifică funcționării sistemelor de armament automate, fiind obținută din expresia:

$$t_c = \frac{60}{f_t} \text{ [s]} \quad (2.5)$$

unde t_c reprezintă durata unui ciclu de tragere, exprimată în secunde, iar f_t reprezintă cadența teoretică de tragere a armei de foc.

Cadența practică de tragere este cadența reală care poate fi obținută prin utilizarea sistemului de armament considerat și este influențată de capacitatea rezervorului de muniție asociat armei, timpul de reîncărcare, timpul de ochire, timpul de răcire, valoarea acesteia fiind inferioară cadenței teoretice și influențată de pregătirea persoanei care deserveste sistemul de armament.

Din necesitatea obținerii unei mobilități crescute, precum și din considerente mecanice și structurale ce provin în urma montării sistemelor de armament pe diferite platforme individuale, masa sistemelor de armament, alături de distribuția acesteia în jurul centrului de masă, devin criterii importante în funcție de care se realizează încadrarea tactică în vederea asigurării unei probabilități ridicate de îndeplinire a misiunilor de luptă. **Diminuarea masei** sistemelor de armament este, de cele mai multe ori, asociată cu diminuarea energiei care poate fi eliberată în urma funcționării muniției, prin utilizarea unor muniții de putere mai mică, dar care să poată, în continuare, asigura îndeplinirea misiunilor de luptă. În cazul utilizării aceleiași muniții, soluțiile apelate în vederea diminuării masei sistemelor de armament sunt reprezentate de înlocuirea

anumitor componente alcătuite din materiale precum oțel sau lemn, asupra cărora nu sunt manifestați gradienti termici sau ai eforturilor mecanice de magnitudine ridicată, cu alte componente constituite din elemente caracterizate de o densitate inferioară, printre care se regăsesc aluminiul, magneziul, carbonul sau materialele sintetice precum polimerii. Alături de încercările de a diminua masa sistemelor de armament, **creșterea rezistenței structurale** a componentelor acestora asigură un ciclu de viață extins și o disponibilitate sporită într-un spectru mai larg de misiuni de luptă și condiții de exploatare.

Odată ce stadiul de dezvoltare a sistemelor de armament atinge nivelul de maturitate suficient pentru asigurarea capabilităților tehnice și tactice necesare, procesele de optimizare a înzestrării structurilor armate implică alcătuirea unei arhitecturi care să permită și să faciliteze **adaptabilitatea la diferite tactici și scenarii de luptă**. Etapele premergătoare în vederea asigurării conceptului de adaptabilitate în sfera sistemelor de armament presupun identificarea unei soluții de organizare modulară care poate fi evidențiată fie în interiorul sistemului, fie în exteriorul acestuia, la nivelul elementelor de interfață în vederea exploatarei. În granițele sistemului de armament, modularitatea poate fi identificată prin posibilitatea înlocuirii facile a unor grupuri de elemente și mecanisme, precum țeava, mecanismele de declanșare și dare a focului sau mecanismele de alimentare și extracție, cu unele mai potrivite specificului misiunii sau tacticilor adoptate. În afara granițelor, sistemele de armament sunt caracterizate de adaptabilitate prin existența unor elemente de interfață care permit accesul facil la sistemele de ochire sau la dispozitivele auxiliare, cu rol în augmentarea capabilităților platformei de armament pentru îndeplinirea unor situații de luptă specifice.

Sistemele de armament portative cuprind sisteme care pot fi exploatare, de regulă, de către un singur utilizator, fiind caracterizate de mase, dimensiuni și bilanț energetic coerente cu trăsăturile fizice ale corpului uman. Primele arme de foc care puteau fi exploatare de către o singură persoană sunt constituite din forme particulare ale bombardei, care au fost ulterior îmbunătățite în acord cu cele cinci direcții principale asociate creșterii performanțelor de luptă ale acestora.

TEMA 3.

EVOLUȚIA SISTEMELOR GRELE DE ARMAMENT ȘI A RACHETELOR

Primele sisteme pirobalistice care au precedat armamentul de artilerie sunt reprezentate de **bombardele de asediu**. Acestea erau caracterizate de dimensiuni ce puteau depăși câțiva metri și de mase ce se puteau apropia de 20 de tone, fiind fabricate fie prin turnarea bronzului în matrițe, fie în urma prelucrării prin forjare a fierului. Muniția cu care executau focul cuprindea, în special, componente de luptă edificate din piatră, ce cântăreau până la sute de kilograme și erau caracterizate de un calibru ce puteau depăși câteva sute de milimetri.

O bombardă de asediu reprezentativă este una dintre bombardele utilizate pentru cucerirea orașului Constantinopol, în anul 1453, de către armata Imperiului Otoman. Bombardele, construite de armurierul Nicolae Orban, originar din Transilvania, au fost construite în diferite dimensiuni, iar cea reprezentativă pentru această categorie, atât în ceea ce privește reperele de gabarit, cât și în ce privește rezultatele utilizării în luptă, executa tragerile cu o componentă de luptă sferică din piatră de calibru egal cu 762 mm, care putea fi propulsată la distanțe ce depășeau 4 km față de gura de foc. Una dintre bombardele construite după modelul bombardelor lui Orban, denumită Dardanele și edificată în anul 1464 în interiorul Imperiului Otoman, este ilustrată în Fig. 3.1.



Fig. 3.1 Bombarda Dardanele calibru 630 mm, construită din bronz în anul 1464 după modelul bombardelor lui Orban, utilizate de membrii armatei Imperiului Otoman pentru cucerirea orașului Constantinopol în anul 1453

Aruncătoarele de bombe reprezintă sisteme de armament de calibru intermediar sau mare destinate executării focului prin ochire indirectă, asigurând o traiectorie înaltă a componentei de luptă care este lansată sub unghiuri de nivel ridicate. Primele aruncătoare de bombe au fost reprezentate de bombarde a căror țevă era caracterizată de o lungime inferioară țevelor bombardelor de asediu, executând tragerile cu proiectile de calibru inferior acestora, dar mai mare, totuși, decât cel specific sistemelor portative de armament. Pentru a putea atinge unghiurile de nivel dorite, regiunea dinspre gura țevii a bombardelor cu rolul de aruncătoare de bombe era sprijinită pe un suport ce asigura înălțimea necesară executării focului în condițiile urmărite.

Prima armă de calibru mare, conform încadrării *UNROCA*, a fost reprezentată de un aruncător de bombe construit la începutul secolului al XV-lea în Steyr, Austria și ilustrat în Fig. 3.2. Masa acestei arme era de aproximativ 8 tone, iar lungimea sa depășea 2 metri, executând focul asupra țintelor aflate la distanțe de până la 600 m cu proiectile sferice din piatră de calibru 800 mm ce cântăreau aproximativ 690 kg.



Fig. 3.2 Aruncătorul de bombe din Steyr, în cadrul Muzeului de istorie militară din Viena

Aruncătoarele de bombe utilizate în prezent implementează aceeași organizare cu cea regăsită în cadrul bombardelor utilizate în acest scop. Astfel, țeava, suportul pe sol și suportul țevii sunt părți componente ale aruncătoarelor de bombe moderne. În schimb, diferențele sunt materializate prin natura și construcția țevii, a suporturilor și a muniției, precum și prin existența unor sisteme de ochire adecvate executării focului cu aceste sisteme.

Un prim pas evolutiv prin care s-a îmbunătățit manevrabilitatea armelor de calibru superior a fost reprezentat de înlocuirea elementelor de sprijin și montare în poziție de tragere, organizate în momentul exploatării, cu un cadru denumit *afet*, al cărui rol este de a fixa țeava și de a facilita procesul de asigurare a condițiilor de manevrabilitate și de tragere asupra țintelor desemnate. Caracterizat o structură rigidă, afetul permite montarea pe armă a unor roți care au rolul de a facilita procesul de transport a acesteia în diferite poziții. În același timp, roțile contribuie la diminuarea eforturilor manifestate asupra armei în timpul tragerilor și la distribuția acestora pe o perioadă mai mare de timp, preluând o bună parte din energia de recul și permițând armei să se deplaseze liber în direcție opusă componente de luptă prin intermediul mișcării de rotație transmise acestora.

Armele astfel rezultate, denumite **tunuri**, au înlocuit o bună parte a bombardelor de asediu începând cu prima parte a secolului al XVI-lea. Fig. 3.3 ilustrează schema de organizare a unui tun timpuriu ce integrează componentele caracteristice acestei categorii de sisteme de armament, precum țeavă și afet cu roți.

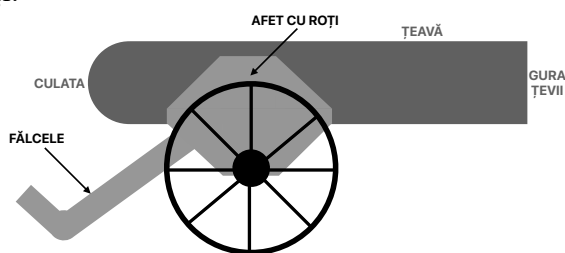


Fig. 3.3 Schema de organizare a unui tun timpuriu

Necesitatea de a propulsa componente de luptă sub unghiuri de nivel ridicate, pentru obținerea unei traiectorii înalte și a unei distanțe superioare de angajare a țintelor, a condus la dezvoltarea unor noi afeturi care să corespundă cerințelor identificate. Astfel, au rezultat sistemele denumite **obuziere**, care asigură propulsia unei componente de luptă pe o traiectorie mai înaltă decât cea asigurată prin utilizarea tunurilor, dar mai întinsă în comparație cu traiectoria obținută în urma utilizării aruncătoarelor de bombe. Trajectoriile rezultate în urma tragerii cu cele trei sisteme de armament sunt ilustrate în Fig. 3.4.

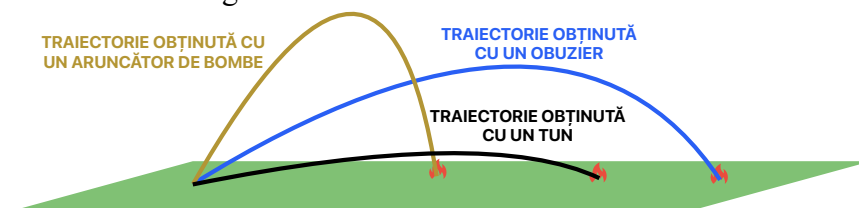


Fig. 3.4 Traiectoriile obținute în urma tragerilor cu un aruncător de bombe, cu un tun, respectiv cu un obuzier

Dacă în cazul tunurilor energia de recul este absorbită prin deplasarea către înapoi a întregului ansamblu, după o direcție regăsită în planul vertical ce cuprinde axa longitudinală a canalului țevii, capabilitatea obuzierelor de a executa tragerile sub unghiuri de nivel ridicate este asigurată prin intermediul afetului utilizat, precum și prin echiparea acestora cu o țeavă de lungime inferioară tunurilor, care să îi permită mobilitatea necesară tragerilor indirecte.

Pornind de la componentele de luptă sferice timpurii, construite din piatră sau din metal, alimentate pe la gura țevii și propulsate în urma deflagrației încărcăturii de azvârlire turnate în camera de încărcare, **munițiile** pentru sistemele de armament de calibru superior integrează soluții variate de organizare și funcționare, în acord cu organizarea armamentului pentru care au fost dezvoltate. În comparație cu munițiile destinate sistemelor portative de armament, componenta de luptă, denumită *proiectil* în cazul munițiilor de calibru superior, este elementul care integrează principalele modificări constructive și de organizare. În Fig. 3.5 este ilustrată o schemă generală de organizare a unui proiectil aflat în exploatare, stabilizat giroscopic și, în consecință, tras dintr-un sistem echipat cu țevă ghintuită.

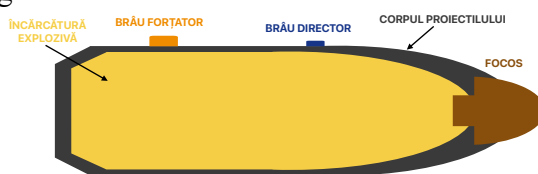


Fig. 3.5 Schema generală de organizare a unui proiectil exploziv aflat în exploatare, în secțiune longitudinală

Stabilizarea giroscopică a proiectilelor este asigurată, la fel ca în cazul gloanțelor, prin intermediul ghinturilor practicate în interiorul țevii sistemului de armament. Regiunea angrenată în ghinturi în cazul componentelor de luptă de calibru mic este reprezentată de partea cilindrică a acestora, învelită în totalitate de cămașa bimetalică și a cărei suprafață de contact cu interiorul țevii este redusă, limitând astfel deteriorările șanțurilor elicoidale și contribuind la asigurarea unei durate ridicate de viață a țevelor. În situația proiectilelor fără cămașă, partea cilindrică a acestora este caracterizată de o suprafață totală mai mare, iar angrenarea directă în ghinturi poate conduce la alterarea semnificativă a integrității canalului țevii. Astfel, stabilizarea giroscopică este realizată prin montarea pe corpul proiectilului a unui brâu radial construit, de regulă, din cupru de înaltă puritate și denumit *brâu forțator*, cu rolul de a transmite proiectilului mișcarea de rotație în jurul axei longitudinale fără a provoca deteriorarea prematură a interiorului țevii. Deoarece diametrul brăului forțator este mai mare decât diametrul părții cilindrice a proiectilului, regiunea dinspre ogivă a acestuia poate fi echipată cu un alt brâu, denumit *brâu director*, al cărui rol este de a menține axa longitudinală a proiectilului coerentă cu axa longitudinală a canalului țevii pe timpul deplasării în armă.

Deoarece, în anumite condiții, efectul la țintă poate fi îmbunătățit semnificativ prin transportul către aceasta a unei *încărcături explozive*, apare necesitatea utilizării unui mijloc care să determine, la momentul oportun, inițierea detonației încărcăturii respective. Dispozitivul care este montat pe componenta de luptă cu acest scop este reprezentat de *focos*, întâlnit, de obicei, la vârful părții ogivale a proiectilului.

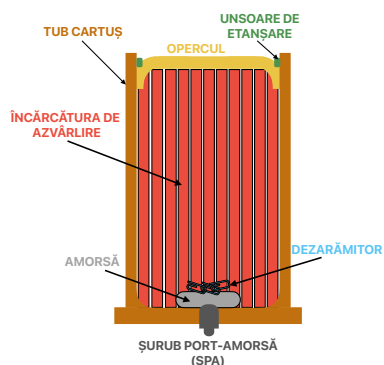


Fig. 3.6 Organizarea generală a unui tub cartuș din alcătuirea muniției de calibru superior

Tuburile cartuş din organizarea munițiilor de calibru mare beneficiază, la rândul lor, de reperi dimensionale și volume disponibile considerabil mai mari decât tuburile cartuş întâlnite în cadrul munițiilor de calibru mic, astfel încât interiorul acestora poate acomoda și alte elemente în beneficiul tragerii. Organizarea generală a unui tub cartuş din alcătuirea muniției de calibru superior este ilustrată în Fig. 3.6.

În situația tuburilor de dimensiuni și volume suficient de mari, *încărcătura de azvârlire* este, de obicei, alcătuită din elemente cilindrice de înălțime comparabilă cu înălțimea interiorului tubului cartuş. Asigurarea poziționării corecte a elementelor încărcăturii de azvârlire și protejarea acestora de efectele asociate variației parametrilor atmosferici sunt realizate prin montarea unui *opercul* din carton în partea superioară a tubului cartuş, care este menținut în locașul respectiv prin aplicarea unei *unsori de etanșare*. Pentru inițierea transformării explozive a elementelor încărcăturii de azvârlire, în situația în care masa și dimensiunile acestora determină necesitatea transmiterii unei stimul de amplitudine mai mare, în organizarea munițiilor de calibru superior pot fi întâlnite dispozitive de inițiere montate central pe ramă în timpul etapei de pregătire a tragerii și denumite *șuruburi port-amorsă (SPA)*. Energia furnizată de SPA este utilizată, în primă fază, pentru inițierea unei *amorse* care, în urma transformării explozive manifestate, transmite stimulul necesar și suficient inițierii întregii cantități de pulbere de azvârlire regăsite în interiorul tubului cartuş. Pentru limitarea cantității de elemente solide reziduale care se pot depune în interiorul țevii pe timpul tragerii, în interiorul tubului cartuş se pot introduce o componentă de forma unui filament metalic, denumită *dezarămitor*. Dezarămitorul este, de obicei, dispus în vecinătatea amorsei, cu toate că, în anumite situații, acesta poate fi întâlnit imediat sub opercul.

În domeniul utilizărilor militare, *rachetele* reprezintă acele sisteme de armament care integrează întregul spectru de mijloace necesare și suficiente din punct de vedere balistic și care se deplasează către țintă în virtutea unei surse de energie disponibile în intimitatea sa. Astfel, rachetele sunt echipate cu o componentă denumită motor, care le asigură propulsia și tracțiunea în drumul către țintă. Prin urmare, dispăre necesitatea furnizării unui volum închis în interiorul unei țevi, care satisface condițiile de confinare specifice desfășurării reacției de deflagrație a încărcăturii de azvârlire, acest proces manifestându-se la nivelul rachetei. Definiția apelată în domeniul sistemelor de armament, conform căreia o rachetă reprezintă o armă auto-propulsată care transportă către țintă o încărcătură utilă cu o viteză ridicată și cu o precizie sporită, poate constitui pasul incipient în vederea descrierii modului general de organizare a acesteia. În acest sens, Fig. 3.7 ilustrează organizarea și componentele generice ale unei rachete utilizate în domeniul militar.

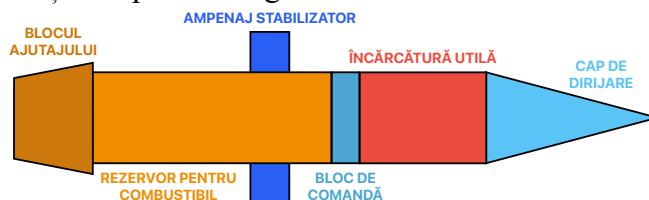


Fig. 3.7 Organizarea generală a unei rachete cu aplicații militare

Cu toate că o rachetă poate fi organizată și exploatată fără a fi echipată cu toate componentele generice ilustrate în cadrul Fig. 3.7, pot fi identificate două componente principale care sunt regăsite în organizarea fiecărei rachete. Aceste componente sunt reprezentate de blocul motor, respectiv de componenta de luptă.

Blocul motor este componenta care asigură propulsia și tracțiunea rachetei în parcursul acesteia către țintă. Acesta cuprinde un recipient care asigură rezerva de combustibil și în care este format și consumat amestecul dintre carburant și oxidant, respectiv o componentă ce integrează

ajutajul prin secțiunile căruia produșii de reacție gazoși sunt evacuați în mediul ambiental. *Componenta de luptă* a rachetei reprezintă elementul căruia, odată transportat la țintă, îi revine sarcina generării efectului terminal planificat. În consecință, componenta de luptă integrează încărcătura utilă, a cărei compoziție este alcătuită și organizată în funcție de efectul urmărit asupra țintei.

Lungimea traiectoriei, durata de zbor, precum și precizia urmărită determină implementarea unor soluții la nivelul organizării rachetelor astfel încât probabilitatea de a genera efectul terminal urmărit asupra unei ținte desemnate să fie cât mai ridicată. În consecință, multe rachete integrează în acest scop un *ampenaj stabilizator*, cu rolul de a îmbunătăți stabilitatea aerodinamică a acestora și de a conferi reproductibilitate în ceea ce privește traiectoriile străbătute.

În zborul către țintă, orice modificare adusă caracteristicilor balistice și dinamice ale rachetei, asociată, printre altele, variației vitezei de deplasare sau a parametrilor atmosferici specifici mediului străbătut, poate conduce la devierea zborului de la traiectoria planificată și, în consecință, la diminuarea preciziei necesare pentru transmiterea efectului terminal urmărit. Apelând la mijloace mecanice și electronice, *blocul de comandă* poate procesa informațiile primite de la senzorii disponibili la nivelul *capului de dirijare* cu scopul de a asigura unele corecții ale traiectoriei, prin manipularea condițiilor de propulsie și/sau prin modificarea poziției unor elemente din organizarea ampenajului stabilizator, astfel încât racheta să fie menținută pe o traiectorie cât mai apropiată de cea prevăzută înaintea tragerii.

Rachetele cu destinație militară diferă între ele atât prin aspecte corelate numărului de componente individuale, cât și prin prisma caracteristicilor și modului de funcționare asociat acestora, care determină nivelul de sofisticare și, în consecință, tipurile de misiuni în care pot fi utilizate, respectiv costurile asociate exploatării. Cu toate acestea, propulsia și deplasarea pe traiectorie a oricărei rachete este fundamentată pe un principiu de funcționare comun.

TEMA 4. EVOLUȚIA SISTEMELOR DE OCHIRE

Rolul sistemelor de armament este de a genera anumite efecte terminale asupra unor ținte date, care sunt situate la o anumită distanță față de utilizator. Pentru asigurarea eficacității acțiunilor de luptă, este necesară identificarea unei modalități prin care să se poată corela poziția componentei de luptă trase la o distanță dată cu poziția țintei, astfel încât să se obțină o probabilitate cât mai mare ca aceasta să fie afectată prin intermediul mecanismelor terminale specifice componentei de luptă. Mijloacele care asigură îndeplinirea acestui obiectiv sunt reprezentate de *sistemele de ochire*, al căror rol este să realizeze coincidența dintre traiectoria componentei de luptă propulsate și ținta, la o distanță dată. Întrucât traiectoria componentelor de luptă este de formă parabolică, sistemele de ochire utilizate de trăgător sunt construite astfel încât se rezolve problema întâlnirii dintre o linie dreaptă și traiectoria parabolică, la distanța urmărită. Fig. 4.1 ilustrează principiul funcțional în jurul căruia sunt edificate sistemele de ochire, considerând situația în care utilizatorul privește prin canalul țevii către țintă, iar linia dreaptă este cea care unește gura țevii cu regiunea asupra căreia se execută focul.

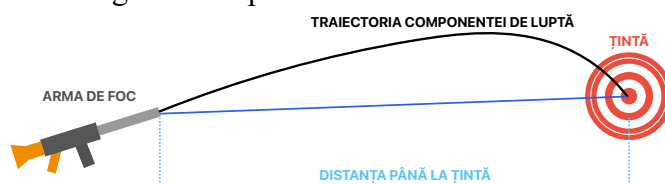


Fig. 4.1 Principiul funcțional al sistemelor de ochire

Sistemele de ochire sunt constituite din repere care, odată aliniate, pot asigura observarea directă a țintei prin intermediul acestora, corespunzător determinării unei linii drepte virtuale care este coincidentă cu ținta, pentru distanța considerată. De altfel, etapa în care este asigurată coincidența la o anumită distanță este întâlnită sub denumirea de *aducere la zero* a sistemului de ochire. Ulterior, orientarea liniei respective va trebui rectificată, pentru ca aceasta să intersecteze traiectoria componentei de luptă la distanța necesară angajării țintei, în condițiile de tragere date. Acest proces poartă, de regulă, denumirea de *corecție a tragerii*.

Pentru a evalua capacitatea unui sistem de ochire de a furniza, cu o probabilitate cât mai mare, mecanismul necesar nimeririi țintei, primul pas este reprezentat de studierea factorilor care determină variația parametrilor specifici traiectoriei componentei de luptă, pornind, de regulă, de la un context de referință. Privind modul de interacțiune a trăgătorului cu arma, principalul parametru asociat traiectoriei ce poate fi influențat direct este reprezentat de *unghiul de nivel* al armei. Acesta este calculat drept unghiul cuprins între planul orizontal și axa longitudinală a canalului țevii în momentul în care arma este pregătită pentru tragere și este măsurat în sens invers acelor de ceas, pornind de la planul orizontal, în acord cu ilustrația din Fig. 4.2.

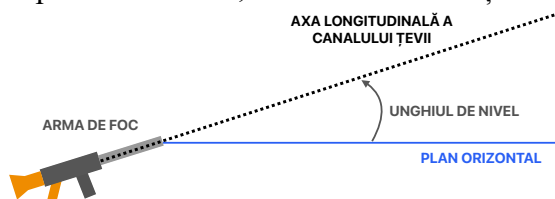


Fig. 4.2 Ilustrarea unghiului de nivel

Variația unghiului de nivel va determina o modificare atât a înălțimii traiectoriei, cât și a distanței pe care componenta de luptă o va putea parcurge. Astfel, modificările aduse unghiului de nivel pot provoca incapacitatea sistemului de armament de a nimeri ținta urmărită, aspect ilustrat în Fig. 4.3. Pentru un unghi de nivel α_1 care asigură nimerirea țintei date, creșterea acestuia cu o

valoarea $d\alpha_1$ poate conduce la obținerea unei traiectorii care depășește ținta, în timp ce diminuarea acestui unghi cu valoarea $d\alpha_1$ poate determina rezultatul unei traiectorii prea scurte.

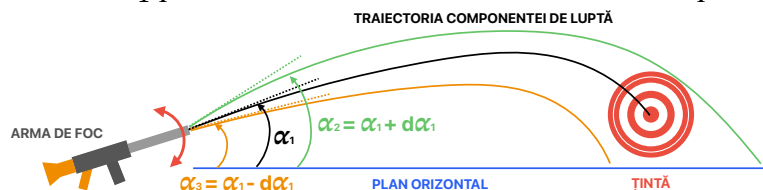


Fig. 4.3 Influența variației unghiului de nivel asupra traiectoriei componentei de luptă

În mod similar, prin utilizarea măsurilor unghiulare se pot evalua influențele modificării poziției laterale a axei longitudinale a canalului țevii asupra preciziei tragerii. Abaterile unghiulare laterale, denumite abateri ale *unghiului de direcție*, sunt măsurate pornind de la un plan vertical. Dacă acestea depășesc anumite valori, traiectoria componentei de luptă nu va mai intersecta ținta, ocolind-o prin lateral.

În domeniul balistic, corelarea dintre variația unghiulară a poziției țevii armei de foc și abaterea componentei de luptă de la punctul desemnat pe țintă este realizată prin utilizarea a una dintre cele două unități de măsură unghiulară derivate din unități reprezentative ale sistemului internațional. În Europa și, implicit, în România, unitatea de măsură utilizată pentru exprimarea corecțiilor balistice este reprezentată de *miliradian*, denumită uzual și *miime* și care poate fi întâlnită pe diverse sisteme de ochire inscripționată sub forma *mil* sau *mRad*. Dacă se consideră un cerc, unghiul său total la centru, ϕ , va fi egal cu 2π radiani:

$$\phi = 2\pi \text{ rad} \quad (4.1)$$

Dacă se aplică aproximația $\pi = 3,14$ radiani, atunci unghiul la centru ϕ devine:

$$\phi = 6,28 \text{ rad} \quad (4.2)$$

Astfel, raportat la unghiul la centru al unui cerc, o miime, egală cu a mia parte dintr-un radian, va respecta următoarea relație:

$$\phi = 6,28 \text{ rad} = 6,28 \cdot 10^3 \text{ mil} = 6.280 \text{ mil} \Rightarrow 1 \text{ mil} = \frac{\phi}{6.280} \quad (4.3)$$

În consecință, *miimea poate fi definită drept unghiul la centru al unei fâșii de cerc, dacă acesta este împărțit în 6.280 de fâșii egale*. În practică, pentru a ajuta la simplificarea calculului de corecție balistică în condițiile introducerii unor erori de calcul acceptabile, miimea poate fi reprezentată drept unghiul la centru al unei fâșii de cerc, dacă este împărțit în 6.000 de fâșii egale.

O definiție alternativă a miimii este obținută prin determinarea relațiilor geometrice dintr-un triunghi dreptunghic pentru care unul dintre unghiuri este egal cu o miime. Astfel, *miimea este unghiul care subîntinde un front de 1 metru văzut de la o distanță de 1 kilometru*. Prin urmare, propensiunea europeană pentru utilizarea miimii este justificată de posibilitatea apelării unităților întregi ale sistemului metric de referință în exprimarea abaterilor poziționale ale punctelor de impact în funcție de acest unghi. Fig. 4.4 ilustrează justificarea geometrică a acestei definiții.



Fig. 4.4 Reprezentarea geometrică a unei miimi

Astfel, dacă tragerea asupra unei ținte aflată la o distanță de un kilometru se realizează cu abatere unghiulară a poziției canalului țevii de o miime, atunci punctul de impact la acea distanță va fi deviat cu un metru.

Unitatea de măsură utilizată, cu preponderență, în SUA este reprezentată de *minutul de grad sexagesimal*, întâlnit în cadrul sistemelor de ochire sub forma *MOA* (lb. eng. *minute of angle*). Dacă se consideră un cerc, unghiul său total la centru, ϕ , va fi egal cu 360 de grade sexagesimale:

$$\phi = 360^\circ \quad (4.4)$$

Având în vedere faptul că un minut de grad sexagesimal reprezintă a șizecea parte a unui grad, unghiul ϕ poate fi exprimat sub forma:

$$\phi = 360 \cdot 60 \text{ MOA} = 21.600 \text{ MOA} \quad (4.5)$$

Astfel, raportat la unghiul la centru al unui cerc, un MOA va respecta următoarea relație:

$$1 \text{ MOA} = \frac{\phi}{21.600} \quad (4.6)$$

În consecință, *miimea poate fi definită drept unghiul la centru al unei fâșii de cerc, dacă acesta este împărțit în 21.600 de fâșii egale*. O definiție alternativă a unui MOA este obținută prin determinarea relațiilor geometrice dintr-un triunghi dreptunghic pentru care unul dintre unghiuri este egal cu un MOA. Astfel, *un MOA este unghiul care subîntinde un front de 1,047 inci văzut de la o distanță de 100 de yarzi*. În practică, pentru simplificarea calculului de corecție balistică fără afectarea semnificativă a factorului de precizie, un MOA este aproximat drept *unghiul care subîntinde un front de 1 inci văzut de la o distanță de 100 de yarzi*. Explicarea corelației geometrice prin intermediul sistemului de referință ANSI furnizează, astfel, explicația privind utilizarea acestei unități de măsură pentru descrierea abaterilor poziționale ale punctelor de impact în special în Statele Unite ale Americii. Definiția unui MOA este justificată în cadrul Fig. 4.5.



Fig. 4.5 Reprezentarea geometrică a unui MOA

Odată ce este implementată corespondența geometrică dintre variația poziției armei în timpul tragerii, exprimată prin intermediul uneia dintre cele două mărimi unghiulare disponibile în domeniul balistic, și abaterea punctelor de impact la o distanță cunoscută, mecanismele de realizare a corecției tragerii pot asigura, în lumina preciziei sporite de care beneficiază, o probabilitate ridicată de lovire a țintei după primul foc. Pentru aceasta, sunt necesare informații suplimentare privind comportamentul pe traiectorie a componentei de luptă, în sensul cunoașterii parametrilor geometrici aferenți traiectoriei la orice distanță față de gura de foc. Aceste informații, disponibile pentru fiecare muniție în parte, sunt regăsite în formă tabelară în cadrul *tablelor de tragere*, furnizate fie de producătorul armei sau al muniției, fie determinate experimental de către utilizatorul sistemului de armament.

De exemplu, în cazul unui sistem de armament pentru care aducerea la zero a sistemului de ochire a fost realizată pentru distanța de 100 m, informațiile regăsite în tabla de tragere specifică sistemului alcătuit din armă și muniție cuprind valoarea înălțimii traiectoriei la diferite distanțe străbătute de componenta de luptă, ca urmare a efectului manifestat în urma deplasării prin câmpul gravitațional al planetei. Dacă după o distanță parcursă egală cu 200 m înălțimea traiectoriei componente de luptă scade cu 100 mm, iar pentru un spațiu parcurs de 300 m înălțimea traiectoriei este diminuată cu 300 mm, atunci compensarea căderii de traiectorie pentru ținte aflate la distanțele respective poate fi realizată prin corelarea variației unghiulare a poziției axei longitudinale a canalului țevii cu înălțimea frontului descris la acele distanțe. Totodată, se presupune că valoarea corecției unghiulare este exprimată în miimi. În consecință, pentru angajarea unei ținte aflate la o distanță de gura de foc de 200 m, unghiul de nivel al armei trebuie modificat în sens pozitiv cu o

valoare de 0,5 miimi, întrucât la această distanță un unghi egal cu o miime subîntinde un front de 200 mm, iar pentru angajarea țintei aflate la distanța de 300 m, unghiul de nivel al armei va fi modificat în sens pozitiv cu o valoare de o miime, întrucât la această distanță unghiul de valoare egală cu o miime subîntinde un front de 300 mm. Acest exemplu de corecție a tragerii prin compensarea căderii de traiectorie manifestate de componenta de luptă este ilustrat în Fig. 4.6.

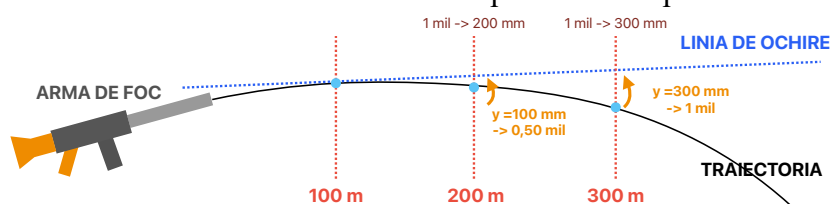


Fig. 4.6 Exemplu de corecție a tragerii prin compensarea căderii de traiectorie manifestate de componenta de luptă

În aceeași manieră, pot fi identificate variațiile unghiulare necesare corecției traiectoriei în înălțime și în direcție, ca urmare a impactului pe care întreg spectrul de factori ce pot influența traiectoria componentei de luptă îl pot manifesta asupra tragerii în anumite condiții date. Printre acești factori se regăsesc parametrii specifici sistemului de armament precum presiunea manifestată în armă, viteza inițială, masa și forma componentei de luptă sau parametri atmosferici precum temperatura, presiunea, umiditatea, viteza și direcția vântului.

Se pot identifica o serie de condiții generice față de care să se probeze capacitățile conferite de fiecare sistem de ochire în parte:

- Asigurarea unei *precizii ridicate* la angajarea țintei;
- Asigurarea unei *viteze ridicate de angajare* a țintei;
- Asigurarea unui spectru larg de *distanțe de angajare* a țintelor;
- Implementarea unor *modalități de realizare a corecției tragerii*;
- Încadrarea în anumite *repere de gabarit*;
- Asigurarea unor *costuri de exploatare* minime;
- Asigurarea unei *durate de funcționare* ridicate;
- Compatibilitate privind modalitatea de *montare pe sistemul de armament*.

Măsura în care fiecare dintre aceste condiții este asigurată optim de către sistemele de ochire va deveni mai clară odată cu descrierea principalelor repere care au stat la baza dezvoltării acestora și care sunt și astăzi utilizate, în diferite forme, în cadrul tuturor sistemelor de armament.

TEMA 5.

NOȚIUNI PRIVIND CARACTERISTICILE TEHNICO-TACTICE ALE SISTEMELOR DE ARMAMENT

Unele dintre primele caracteristici tehnic-tactice evidențiate pentru un sistem de armament dat sunt reprezentate de *bătaia maximă* (D_{max}) și de *bătaia eficace* (D_{ef}). În timp ce *bătaia maximă* reprezintă distanța maximă care poate fi parcursă de componenta de luptă trasă, *bătaia eficace* este definită drept distanța până la care se obține efectul terminal urmărit.

Bătaia maximă depinde de factori corelați armei, muniției, condițiilor de tragere, mediului străbătut, precum și diferenței de altitudine dintre poziția de tragere și poziția punctului de impact. Valoarea acesteia este, de obicei, reprezentată pentru un sistem de armament dat, care execută tragerile cu o muniție de referință pentru arma respectivă. Condițiile de tragere corespund sprijinirii armei astfel încât unghiul de nivel sub care este efectuată tragerea să conducă la obținerea spațiului maxim care poate fi parcurs de componenta propulsată (de regulă, pentru arme de calibru mic, unghiul de nivel este cuprins între 30° și 37°).

Bătaia eficace, reprezentând distanța maximă la care este posibilă generarea efectului terminal dorit asupra unei ținte date, este dependentă atât de condițiile avute în vedere în momentul evaluării bătaii maxime a componentei de luptă, cât și de informațiile privind natura țintei care urmează să fie angajată prin tragere. Fiind rezultatul obținut în urma soluționării unei probleme de coincidență, care este mai dificil de realizat pe măsură ce ținta se îndepărtează de trăgător, probabilitatea de a nimeri ținta sau regiuni relevante ale acesteia la distanța desemnată constituie, de asemenea, un element de intrare în momentul evaluării bătaii eficace.

Fig. 5.1 ilustrează, pentru un sistem de armament dat, bătaia maximă și bătaia eficace, având în vedere faptul că efectul terminal urmărit nu poate fi realizat pe întreaga traiectorie pe care componenta de luptă este în măsură să o străbată.

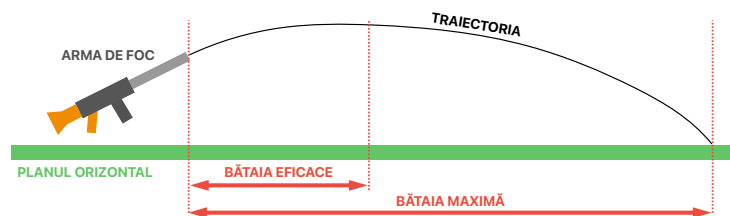


Fig. 5.1 Bătaia maximă și bătaia eficace

Viteza inițială (V_0) a componentei de luptă trase, a cărei valoare este implementată pentru ilustrarea traiectoriei care poate fi parcursă, reprezintă una dintre mărimile direct corelate bătaii maxime și bătaii eficace. Aceasta reprezintă viteza componentei de luptă în momentul în care aceasta părăsește gura de foc și își începe traiectoria în afara armei, reprezentând valoarea maximă de la care componenta orizontală a vitezei descrește, ca urmare a efectului forțelor rezistive specifice parcursului traiectoriei prin atmosferă. O viteză inițială mai mare a componentei de luptă poate conduce la obținerea unor bătaii maxime și eficace superioare, în timp ce diminuarea vitezei inițiale poate avea drept consecință micșorarea acestora.

Balistica interioară studiază comportamentul sistemului de armament pornind de la existența unor perioade distincte, în care fenomenele termodinamice, împreună cu parametrii balistici, sunt caracterizate de procese evolutive specifice. Ultima perioadă abordată în calculele de balistică interioară, reprezentată de perioada acțiunii posterioare a gazelor, studiază fenomenele specifice care se manifestă din momentul în care componenta de luptă părăsește gura de foc atât timp cât produșii de reacție gazoși, care sunt expulzați din armă cu o viteză mai mare decât a componentei de luptă, contribuie la incrementarea vitezei de deplasare a acesteia. Astfel, viteza

maxima a componentei de luptă nu este obținută la ieșirea din țeava armei, ci la o anumită distanță față de aceasta, la capătul perioadei acțiunii posterioare a gazelor. Prin urmare, viteza inițială trebuie să reflecte, într-o anumită formă, acest aspect.

Valoarea vitezei inițiale este obținută, de regulă, indirect, prin intermediul unor valori ale vitezei componentei de luptă măsurate la anumite distanțe față de gura țevii. Pentru sistemele de armament de calibru mic, vitezele componentei de luptă sunt, de regulă, măsurate la distanțe de 5 m (V_5), respectiv 9 m (V_9) față de gura țevii, până la care efectul acțiunii posterioare a gazelor este consumat. În condițiile respectării traiectoriei obținute și în ipoteza lipsei contribuției asupra vitezei asociată perioadei acțiunii posterioare a gazelor, se poate calcula o valoare fictivă a vitezei componentei de luptă la gura țevii, superioară vitezei maxime reale atinse de componenta de luptă, iar această valoare va reprezenta viteza inițială regăsită printre caracteristicile tehnico-tactice ale sistemelor balistice.

Cunoscând viteza inițială, se poate obține valoarea *energiei cinetice inițiale*, care este determinată luând în considerare, alături de viteză, masa componentei de luptă. În domeniul balistic, energia cinetică inițială este exprimată în jouli și este calculată cu ajutorul expresiei:

$$EC_0 = \frac{1}{2} m_{CL} V_{CL0}^2 \quad [J] \quad (5.1)$$

unde EC_0 reprezintă energia cinetică inițială, exprimată în jouli, m_{CL} reprezintă masa componentei de luptă, exprimată în kilograme, iar V_{CL0} reprezintă viteza inițială a componentei de luptă, exprimată în metri pe secundă.

Viteza componentei de luptă descrește odată cu avansul pe traiectorie, din cauza efectului manifestat de forțele rezistive care acționează asupra acesteia. Valoarea vitezei poate fi determinată și la o anumită distanță față de gura de foc, caracteristica tehnico-tactică rezultată având denumirea de *viteză rămasă a componentei de luptă*. Spre deosebire de modul de determinare a vitezei inițiale, viteza rămasă este reprezentată exact de valoarea măsurată a vitezei componentei de luptă la distanța considerată față de arma de foc.

Cunoașterea vitezei rămase a componentei de luptă conduce la obținerea *energiei cinetice rămase* a acesteia, înlocuind în ecuația (5.1) valoarea vitezei inițiale cu valoarea vitezei rămase la distanța considerată față de gura țevii:

$$EC_r = \frac{1}{2} m_{CL} V_{CLr}^2 \quad [J] \quad (5.2)$$

unde EC_r reprezintă energia cinetică rămasă, exprimată în jouli, m_{CL} reprezintă masa componentei de luptă, exprimată în kilograme, iar V_{CLr} reprezintă viteza rămasă a componentei de luptă, la distanța considerată, exprimată în metri pe secundă.

Întâlnită în special în cazul armelor cu tragere automată, caracteristica tehnico-tactică ce exprimă numărul de lovituri care ar putea fi trase în unitatea de timp în condiții idealizate este reprezentată de *cadența teoretică de tragere*. Condițiile idealizate presupun echiparea armei de foc cu o sursă nelimitată de muniție, neglijarea timpilor de reglare, de ochire sau de răcire a țevii și sunt independenți de nivelul de pregătire al trăgătorului. În momentul în care sunt considerate aspectele reale specifice exploatarei armei de foc date, rezultatul îl constituie *cadența practică de tragere*, care poate diferi în funcție de trăgător sau de scenariul tactic în care arma este întrebuințată.

Unul dintre factorii care caracterizează performanțele sistemelor de armament este corelat capabilității acestora de a executa focul în anumite condiții de precizie și acuratețe. Reprezentarea prin intermediul caracteristicilor tehnico-tactice este atribuită *împrăștierii punctelor de impact* la

o distanță considerată, utilizată și pentru ilustrarea *abaterii probabile în înălțime*, *abaterii probabile în bătaie*, respectiv a *abaterii probabile în direcție*.

Masa elementelor din compunerea sistemelor de armament constituie o altă caracteristică des întâlnită în descrierea armelor de foc, a muniției și a echipamentelor destinate acestora. Cunoscând masa armerii, masa fiecărei muniții, precum și masele echipamentelor și accesoriilor montate pe armă sau masa platformei care o susține, se poate determina atât masa totală a sistemului rezultat, cât și distribuția acesteia față de punctele de sprijin angrenate.

Poziția centrului de masă, obținută pentru diferite configurații ale sistemelor de armament, reprezintă poziția medie unde poate fi concentrată întreaga masă a sistemului și constituie caracteristica apelată pentru a descrie modul în care masa este distribuită atât pentru fiecare componentă a sistemului în parte, cât și pentru întregul ansamblu rezultat.

Informațiile furnizate prin intermediul caracteristicilor tehnico-tactice ale sistemelor de armament pot fi grupate astfel încât imaginea rezultată asupra capabilităților acestora să descrie obiectiv scenariile în care pot fi întrunite condițiile optime de exploatare.