

LET Z KULOVNICE

Petr Lenhard

Balistika

Z hlediska vojenské techniky je balistika nauka o jevech při pohybu střely. Dělí se na:

- Vnitřní balistika – jevy při pohybu v hlavni.
- Vnější balistika – jevy po opuštění hlavně.
- Koncová balistika – studuje účinky střely při dopadu na cíl.

Vnější balistika

Z hlediska míry přiblížení se realitě, lze rozdělit přístupy vnější balistiky:

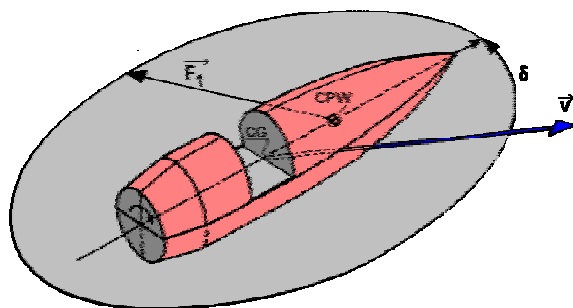
- Pohyb střely ve vakuu – nejjednodušší případ, Galileova parabolická teorie.
- Pohyb ve vzduchu – uvažujeme odporující prostředí ve třech úrovních:
 - Nepočítáme s rotací střely a předpokládáme, že osa střely leží v tečně k trajektorii. Řešení úlohy za těchto podmínek nazýváme *hlavní úkol vnější balistiky*.
 - Pohyb ve vzduchu se zřetelem na rotaci lze dále dělit na případy, kdy:
 - Pro popis proudění užíváme síly a momenty zjištěné experimentálně.
 - Parametry proudění se snažíme určit řešením Navier-Stokesových rovnic. Dosud byla nalezena řešení jen pro velmi specifické konfigurace.

Síly a momenty užívané při popisu pohybu střely ve vzduchu se zřetelem na rotaci

- Síly způsobené hmotou střely: Tíhová síla, Coriolisova síla (neuvažuje se do 50km dostřelu).
- Aerodynamické síly a momenty – jsou výsledkem interakce okolního proudění se strelou a závisí na tvaru a drsnosti povrchu těla projektilu. Jak již bylo poznamenáno, zjišťují se experimentálně pomocí aerodynamických tunelů, speciálních pokusných střelb atd.

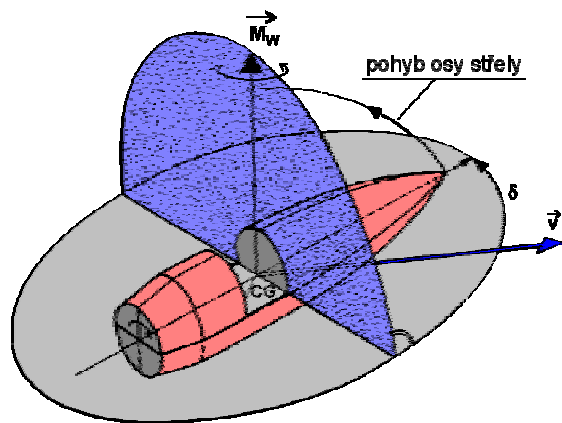
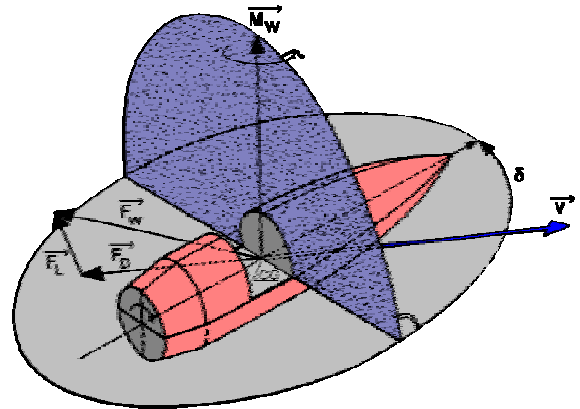
Aerodynamické síly a momenty

Kulový tvar projektilu je aerodynamicky velmi nevýhodný, střela ve tvaru kuličky proto rychle ztrácí rychlost a dosahuje se malého dostřelu. Tvary s lepšími aerodynamickými vlastnostmi již nejsou souměrné ve všech směrech a navíc opouští-li projektil hlavěň, osa střely nebude nikdy směřovat ve směru vektoru rychlosti v důsledku různých rušivých vlivů při střelbě. Síla odporu vzduchu, jejíž působíště je obecně lokalizováno mimo těžiště, pak způsobí, že se



střela začne "kutálet" a bude nestabilní. Proto se do hlavně vrtá závit, aby střela po jejím opuštění rotovala kolem své podélné osy souměrnosti. Jelikož osa rotujícího tělesa klade odpor čemukoliv co se snaží změnit její směr, je rotace jeden ze způsobů jak stabilizovat střelu. Na obrázku jsou naznačeny: Střela nekulového tvaru, Vektor rychlosti \vec{v} , působící v těžišti CG, Odchylka δ osy střely od vektoru rychlosti a Výslednice odporu vzduchu F_1 s jejím působíštěm CPW.

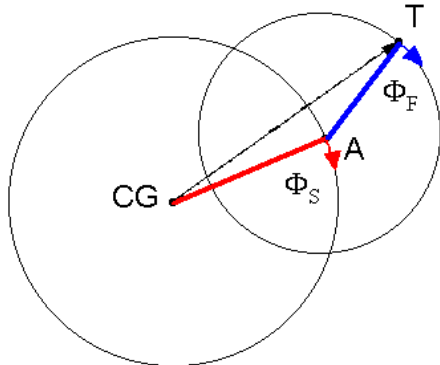
Působíště výslednice odporu vzduchu je obecně mimo těžiště střely, viz. výše, lze ji proto nahradit silou působící v těžišti a momentem, který se nazývá **klopný moment**. Již zmíněnou sílu, lze dále rozložit do směru tečny a normály. Tangenciální sílu nazýváme **čelný odpor**, druhou složku pak **vztlak**. Na obrázku je znázorněn klopný moment M_w , čelný odpor F_D a vztlak F_L . Oboje síly i moment se zřejmě při absenci úhlu δ redukují na čelný odpor, řešením takové idealizace se zabývá právě *hlavní úkol vnější balistiky*.



Obecným jevem, rotuje-li těleso kolem nějaké osy, je, že se snaží ztotožnit tuto osu se směrem na těleso působícího momentu. A to tak, aby rotace vyvolávaná působícím momentem byla souhlasná s rotací tělesa. V našem případě je výsledkem pohyb naznačený na obrázku. Otočí-li se osa střely směrem ke klopnému momentu, otočí se i klopný moment, takže osa projektilu bude opisovat povrch kužele – tento pohyb se nazývá **precese**.

Výsledný pohyb

Zkoumáním pohybu střely ve vzduchu zavádíme další síly a momenty jako např. Magnusova síla a moment, tlumící moment atd. Efektem těchto dalších sil a momentů je další precese kolem osy, která již precesi vykonává v důsledku klopného momentu. Tento další pohyb se nazývá **nutace** a skládá se s výše vysvětlenou precесí. Celkový komplexní pohyb si lze představit na modelu dvou ramen, který je znázorněn na obrázku. Precesi představuje červené rameno a nutaci modré. Bod A opisuje kružnici kolem těžiště CG precesní frekvencí a bod T, který znázorňuje špičku střely, opisuje nutační frekvencí kružnici kolem A.



Nutační frekvence je vždy větší než precesní a u tzv. dynamicky stabilních střel se obě ramena s časem zkracují.

Není tedy samozřejmostí, že osa střely směřuje ve směru vektoru rychlosti a v některých případech to dokonce není žádoucí. Většinou to ale cílem je a za tímto účelem bylo provedeno nespočet množství pokusných střelb až se tak empiricky dosáhlo žádaného chování projektilu v normálních podmínkách. Předmětem dnešního balistického výzkumu je dovednost **předpovídat** trajektorii a stabilitu střely a nikoliv pouhé poučení z toho "jak střela letěla". K tomu je nutné řešení Navier – Stokesových rovnic.

Literatura

- www stránky Ruprechta Nennstiela <http://www.povn.com/~4n6/>
- J. M. Šapiro; Vnější balistika I,II, SNTL 1953, 1954