

Je absolutní srovnání děl možné?

Dělostřelecké rozhledy, roč. 1932, čís. 3 (V. R. čís. 6) přinesly několik úvah o srovnání děl, které jsou zajímavé a velmi poučné pro dělostřelectvo, neboť ukazují, jak hluboko a jakým směrem má se nésti zájem dělostřelce, aby jeho palba byla racionální, a jaký velký vliv na taktiku v boji má technika, již nutno vždy věnovati náležitou pozornost.

Je sice pravda, že na otázky, jež autor dává, musí odpověděti odborník-balistik, ale řadový dělostřelec musí jim do té míry rozumět, aby je vůbec mohl dáti a aby mohl využít co nejvíce námětového bohat-

ství, jež mu poskytuje prostředí v boji. Byl by tedy na omylu ten, kdo by nedoceňoval tuto složku vývoje a pokroku dělostřelecké techniky a představoval si ji jako práci nějakého jednotlivce v úřední místnosti VTLÚ anebo v laboratoři.

Autor právem se staví kriticky k různým taktickým (aplikačním) úvahám, kterým vytýká, že se v nich vždy spravedlivě nepřihlíží k možnostem technickým. Při vlastním předmětu úvahy je však jeho stanovisko velmi optimistické. Nutno vyčkat, až návrhy budou ověřeny pokusy, neboť jinak jsou pouhými hypotetickými předpoklady, které se mohou snadno zhroutit před možnostmi experimentálně balistické techniky.

Různá děla nebudou obecně vykazovat stejné zvětšení spalovacího prostoru po vystřílení stejného počtu ran (spalovacím prostorem se rozumí proměnný prostor za pohybující se střelou v hlavni, v kterém se prach mění v plyny; počáteční spalovací prostor je nábojní komora); pouhým změřením vložné hloubky střely nebylo dostatečně vystiženo zvětšení celkového spalovacího prostoru.

Změna počáteční rychlosti opotřebováním hlavně není jenom důsledkem geometrické změny nábojní komory, nýbrž i celé vnitřní části hlavně.

Na změnu počáteční rychlosti mají vliv nejen tyto prostorové změny, ale i kvalitativní změny materiálu, jež vznikají z příčin mechanických, tepelných, chemických a j. (nánosy, eroze, korose, okluse, vypáleniny a jiné). Nemalý je i vliv kadence palby, šetření materiálu a jeho konservování. Tyto vlivy nejsou kvantitativně známy vůbec a nelze je zanedbávat (viz čl. 209 předpisu D-VII-1). Za těchto okolností by se dal vliv zvětšení nábojní komory na změnu počáteční rychlosti přesněji zjistit pomocí vzorců racionální vnitřní balistiky než střelbou z děla, jak navrhuje autor. Nutno ovšem souhlasit s tím, aby byly oddíly poděleny přístroji na měření vložné hloubky a tak zjištěno její zvětšení vlivem počtu vystřelených ran.

Živost prachu není konstantou pro tentýž druh prachu (tataž serie výrobní, totéž stáří, tytéž podmínky vlhkosti a teploty vzduchu a prachu), nýbrž závisí na velikosti spalovacího prostoru, na velikosti ochlazovacího prostoru, na váze náplně a j.

Jiná bude živost zjištěná v uzavřené balistické bombě, jiná v hlavni. Živost prachu je vlastně pojem fiktivní, který má nahrazovat rychlost hoření prachu, která není konstantní během doby hoření prachu v hlavni. Za určitých podmínek ji ovšem za konstantu považujeme; u téhož děla mimo jiné závisí na náplni. Stářím přibývá prachu balistických vlastností, stává se živějším, neboť pozvolným unikáním těkavého rozpustidla zvyšuje se jeho tepelný potenciál. Jinak se mění živost s teplotou a vlhkostí vzduchu, v dobách ročních, měsíčních i denních. I vliv lokálního uložení je zvláště v zimě nezanedbatelný. Snad i zde by bylo lépe zjistiti vliv stáří na živost prachu chemickým rozbořem (počítáním z termodynamických zákonů prachů), jak se to děje dosud, a nebylo by třeba střelby, navrhované autorem.

Další důležitá skutečnost je, že se při každém pokusu dopouštíme chyb (soustavných, náhodných a j.) a že měření možno prováděti s menší nebo větší přesností. V tomto případě jsme závislí na přesnosti, s jakou můžeme měřiti počáteční rychlost, a je docela možné, že hodnota hledané změny bude menší, než je rozptyl měření a citlivost přístroje, zvláště jde-li o změny malé, takže bychom dostali nesprávný výsledek. Čím větší počet

měření, tím více chyb. Snad jediné by vedlo k cíli: přímé měření počáteční rychlosti u každého jednotlivého děla zvláště citlivými přístroji s přístupnou instalací a snadnou manipulací. Běží zde o měření velmi krátkých dob a rychlost střely přímo u ústí a nikoli v určité vzdálenosti od ústí. Naděje na kladný výsledek jsou zde dány úrovní pokusné techniky balistické, která právě v poslední době (v cizině) učinila slibný pokrok.

Autor se také dotkl velmi choulostivé otázky přesnosti tabulek střelby všeobecných a tabulek denních a zvláštních vlivů. Okolnost, že „se dosti často při přenosu střelby nedosáhlo plně vyhovujících výsledků“ nestačí k posouzení, zda třeba hledati chybu v tabulkách střelby nebo v meteorologické situaci nebo konečně jinde. Střelba baterie je výsledkem velkého počtu výkonů matematických, různých měření a pozorování, při nichž vznikají chyby nám i neznámé, takže mnohdy není vůbec možno posoudit, čím je nesouhlas zaviněn.

Tabulky střelby nemohou býti zcela přesné, protože vznikly z pokusných dat, která jsou získána balistickou střelbou rovněž pomocí mnohých měření (s chybami soustavnými a náhodnými) a zpracována analyticky za určitých zjednodušujících předpokladů jak matematických, tak i fyzikálních. Jinak problém tabulek střelby řešit nelze. Redakce tabulek střelby je u nás řízena nejvyš odborně, výpočty jsou prováděny nejmodernějšími metodami. Balistické střelby se opakují několikrát a z výsledků se pak berou střední nebo nejpravděpodobnější hodnoty.

Hlavním účelem těchto střelb je zjistit balistický koeficient, který je podkladem pro výpočet všech ostatních prvků. Ten má býti konstantou, ale ve skutečnosti jí není, neboť v jeho hodnotě jsou zahrnuty chyby měření, chyby vzniklé zjednodušujícími předpoklady a vliv neznámých nebo neanalyzovatelných zjevů (ideální atmosféra, správný výpočet větru, správnost větru balistického, pohyb rotační, praecessní a nutační atd.). Na př. kdyby vanul vítr jenom kolmo na rovinu střelby, nevznikla by úchylka jen stranová, ale i v dostřelu; o tomto efektu nám není nic známo a dal by se zjistiti jen velmi nákladnými pokusy (střelbami meteorologickými). Výsledek toho je, že dostáváme závislost balistického koeficientu na náplni a na úhlu elevačním; kromě toho jsou hodnoty těchto funkcí zjištěny se značnou poměrně nejistotou. (Viz vyrovnání balistického koeficientu, ppkl. Gebauer: Aplikovaná matematika pro vojsko, II. díl, příklad 363, str. 516.) Tato nejistota se pak projeví ve všech hodnotách, jež nám tabulky střelby udávají (dostřel, doba letu, časování, rychlost konečná, vrchol dráhy, úhel doletu). Výsledky každé střelby značně závisí na atmosféře. Měřením směru a rychlosti větru, tlaku a teploty vzduchu není složení vzdušné vrstvy, v níž střela prochází, správně vystiženo. Při výpočtech předpokládáme jakýsi ideální stav rozložení vzduchu nad povrchem zemským (teploty, tlaku a specifické hustoty, vlhkost zanedbávající) a tím se dopouštíme rovněž chyb. Pak správně by se nemělo mluvit o balistickém koeficientu „střely“, nýbrž „střelby“ (viz Ottenheimer: La balistique extérieure). V tabulkách střelby bude tedy vždy jistá nepřesnost, a tu neodstraníme ani přezkoušením.

Absolutní hodnoty všech chyb v daném případě nikdy nezjistíme a budeme proto vždy nuceni zastřelovat; tím si vyšetříme prakticky chybu výslednou a máme tak možnost co nejvíce se přiblížiti k dráze, jež prochází cílem. Správně provedené relativní srovnání děl a předchozí zastří-

lení je za daných technických možností nejlepší i nejrentabilnější přípravou na střelbu účinnou. Ovšem někdy z taktických důvodů není možno prováděti zastřílení, a tu se spokojíme buď úplnou přípravou, nebo přenosem palby. K tomu je třeba, abychom znali velikost a smysl jednotlivých chyb, jichž se přípravou dopouštíme. To však není možné, a proto střílíme na pásmo, jehož hloubku musíme zvoliti tak, aby cíl v něm byl obsažen určitě nebo alespoň s postačitelnou pravděpodobností.

Jakkoli není možno zjistit absolutní velikost chyb a vlivů, je dosti dobře možno určití pravděpodobné hranice, v nichž se pohybují. Tyto hranice pak budou udávat hloubku pásma v jednotlivých případech; čísla uvedená v předpise pro určení hloubky pásma (D-VII-1, čl. 361), bylo by nutno revidovat; nezdá se mi dobře možné udávati hloubku pásma v procentech dostřelu, neboť je závislá na velikosti jednotlivých vlivů a prováděných oprav a nemůže ani býti stejná pro různý materiál a různé tabulky střelby. O výpočtu některých chyb a jejich pravděpodobných mezi pojednám jinde.

Na jiném místě autor praví, že kdybychom znali rozdíl počáteční rychlosti jednotlivých děl od počáteční rychlosti tabulkové, bylo by dobře možno zahájit střelbu vždy po úplné přípravě bez zastřílení, neboť chyby, jichž se dopouštíme nesprávným zjištěním meteorologické situace, nejsou tak velké. Dokud nelze doložit toto tvrzení čísly, je to předpoklad, proti němuž lze namítnout:

1. Chyby, vzniklé nesprávným vystižením stavu v atmosféře, mohou býti značné a nelze je předvídat (vliv stárí prachu a opotřebení děl možno aspoň kvalitativně předem určit).

2. Stálost atmosféry je různá v různých ročních dobách, nejnestálější je v zimě a na jaře, kdy se budou jeviti značné úchytky od stavu normálního a předpokládaného při všech výpočtech.

3. Meteorologická data, jež jsou dosavadním způsobem získána, jeví velké chyby; bylo by nutno konati i aerologická měření; na př. k vertikálnímu pohybu atmosféry vůbec nepřihlížíme, balistický vítr nemůže býti pro všechny ráže stejný atd.

4. Na změny ovzduší má značný vliv terén (do značné výše), což analyzovat nelze.

5. Průměrné hodnoty mnohých prvků v atmosféře jsou bez významu a nedá se jich použití (děláme na př. při výpočtu úbytku váhy vzduchu s výškou y podle vzorce $\Delta y = \Delta_0 l^{-hy}$ předpoklad, že existuje průměrná střední teplota, obsažená v konstantě h a j), neboť se neřídí ideálním zákonem rozptylu (Gaussovým).

Provádíme-li střelbu stále v touž roční dobu (v červnu, červenci a srpnu je atmosféra nejstálější a odpovídá nejvíce ideálním předpokladům) a stále v témže prostoru, činíme si jednostrannou představu o těchto vlivech atmosféry, jež u nás dosud bezpečně zjištěny nejsou. Není proto možno s tvrzením autorovým souhlasiti.

Ze všeho toho vyplývá, že absolutní srovnání děl provéstí zatím nelze, a i kdyby to bylo možno, nedala by se všeobecně ani tehdy provádět účinná střelba bez předchozího zastřílení.

Pro srovnání relativní navrhuje autor aspoň 12 ran, aniž to odůvodňuje. Předpis D-VII-1, čl. 253 rozumí dobře srovnanou baterii takovou, při níž rozdíly v dostřelu jednotlivých děl jsou menší než jedna pravděpodobná úchytky; tato definice není přesná a ze zkušenosti vím,

že je špatně chápána nebo není pochopena vůbec. Jestliže všechna děla v dostřelu byla po provedení srovnání opravena vzhledem k jednomu dělu (které se nejvíce blíží dělu tabulkovému) tak, aby mezi nimi nebylo difference, mohou tato děla jevití úchylku od skutečného dostřelu, rovnající se jen nepřesnosti, s níž je zjištěn zdánlivý střední dostřel z daného počtu ran proti skutečnému střednímu dostřelu, který bychom dostali, kdybychom vystřelili nekonečně velký počet ran.*)

Počet pravděpodobnosti a teorie rozptylu střelby dovoluje tuto úchylku vypočítati podle vzorce $\frac{4u}{\sqrt{n}}$, kdež u je pravděpodobná úchylka, n pak počet ran vystřelených pro jednotlivé dělo.

Mají-li býti děla dobře srovnána (tedy na $\pm$ jednu pravděpodobnou úchylku od dostřelu skutečného), pak plyne počet ran, jichž je k tomu potřebí z rovnice:

$$\frac{4u}{\sqrt{n}} = u, \text{ z toho } n = 16.$$

Bylo by tedy potřeba nejméně 16 ran, aby baterie byla srovnána tak, že se dostřely jednotlivých děl určitě neliší od skutečného dostřelu o více než $\pm$ absolutní hodnotu pravděpodobné úchylky [$X = X_{16} \pm u$]. Definice o dobře srovnané baterii by měla správně zníti: „Dobře je srovnána baterie tehdy, jestliže se dostřely jednotlivých děl určitě neliší o více než o jednu pravděpodobnou úchylku od dostřelu skutečného.“ Vzorec, určující přesnost vypočítaného středního nárazu je velmi důležitý a měl by být uveden v předpise (rovněž i vzorec, udávající přesnost seriové palby).

Vypočtených 16 ran plyne teoreticky ze vzorce, chceme-li míti morální jistotu (99% pravděpodobnost), že úchylka bude v mezích úchylky pravděpodobné. Spokojíme-li se menší pravděpodobností (v praxi to jistě dostačí), dostáváme daleko menší počty ran pro srovnání děl.

Při 99%	pravděpodobnosti je třeba 16 ran,
„ 97%	„ „ „ 9 ran,
„ 92%	„ „ „ 6 ran.

Tedy počet ran, uvedený v předpise, by byl prakticky postačující, mají-li býti děla srovnána na $\pm u$. Samo sebou se rozumí, že čím je větší počet ran, tím lépe. Zde je ještě jedna opomíjená okolnost, že totiž celý náš předpis a pravidla střelby jsou budovány na předpokladu, že se střelba z děla skutečně řídí ideálním zákonem Gaussovým. To však není a posteriori úplně ověřeno (u střelby z pušky, resp. z kulometu ano) a vskutku mohou nastati velké odchylky (další zdroj chyb), neboť nemusí býti pak střední hodnota dostřelu vždy hodnotou nejpravděpodobnější. S tím se ovšem v praxi počítati nedá, ale je nutno, abychom si toho byli vědomi. Relativní srovnání děl je ovšem nutno i jinak provádět důsledně přesně, s pomocí měřické roty, která přesně zjistí nejen souřadnice nárazu x, y , ale i jejich výšku z , není-li cíl v rovině ústí a v rovině vodorovné; jednotlivé rány je nutno pak do úrovně ústí prodloužiti (podle úhlu doletu, anebo i přesněji, běží-li o značnější prodloužování) a pak teprve hledati střední náraz (tento efekt nelze vždy zanedbat).

*) Chyby, vzniklé nepřesností pozorování, topografického zjištění nárazů atd., nutno zřejmě v této úvaze abstrahovat.

Těmito podrobnějšími úvahami*) jsem chtěl naznačit, že přesný problém střelby a střelba bez zastřelování jsou věci neobyčejně složité. Čhtěl bych také naznačit cesty, kudy by se měl brátí vývoj jak při provádění střelby samé, tak i při výpočtu tabulek střelby:

1. Snažiti se zdokonalit měřicí přístroje tak, aby jimi bylo možno co nejpřesněji měřiti.

2. Nezvětšovat zbytečně počet měření, ani výpočtů, neboť tím se zvětšují výsledné chyby (systematické i náhodné).

3. Stanoviti meze chyb (buď jisté anebo pravděpodobné), které vznikají jednak z příčin matematických a fysikálních při výpočtech, při neúplném zjištění jednotlivých vlivů (změny stavu ovzduší, změny balistických vlastností prachu a děla atd.), jednak z nepřesnosti měření samého. Znalost těchto mezí je důležitým vodítkem při taktickém rozhodování o účelném užití určitého způsobu střelby (zastřelování, střelba účinná, přenos střelby, střelba účinná bez zastřelení atd.).

4. Prováděti relativní srovnání děl, neboť právě srovnávací metoda nám dosud dovoluje nejlépe usměrniti dostřely jednotlivých děl i baterií, je-li prováděna za stejných podmínek meteorologických (časově i prostorově), co možná i topografických atd.

5. Co se týká otázky morálního efektu, bylo by nejlépe, kdyby každý důstojník byl o balistice vnitřní i vnější, o konstrukci materiálu, o topografii, meteorologii atd. do té míry informován, aby se o této otázce nemusilo vůbec mluvit. Nejlepší morálkou dělostřelce bude jeho odborná znalost. Bez hlubšího studia naznačených nauk nemůže být dělostřelec odborníkem.

Snad se bude zdát mnohým, že namáhavá cesta analytická, provádění zdlouhavých výpočtů atd. není úměrné užitku, který nám prakticky přináší. Jisto je, že nebude možno vždy počítati, je-li málo času, ale je nutno, aby důstojník znal všechny způsoby střelby tak důkladně, aby dovedl posoudit, který způsob bude právě nejužitečnější; skutečná situace mu pak dá sama na uvážení, jak zanedbat jedno na újmu druhého. Často se přihodí, že bude mít dostatek času a málo střeliva, a pak sebe komplikovanější výpočet bude výhodný. Nejsme sice ještě tak daleko, abychom mohli tvrditi, že můžeme střílet bez zastřelování, ale zcela určitě přesnými úvahami a výpočty zmenšíme spotřebu střeliva a zkrátíme dobu přípravy. Konečně i kdyby tato úmorná cesta vedla k poznání, že provádění úplné přípravy a větších výpočtů jsou (na př. u polního dělostřelectva) skoro zbytečné, i to by bylo největším triumfem dělostřeleckého snažení.

Štábní kapitán V á c l a v T h o ř:

Telemetrie ve službách dělostřeleckého zpravodajství.

Polní řád dělostřelectva D-VIII-1 (část III, hl. IV) praví: „Dobře organisovaný systém pozemních pozorovatelů jest základní podmínkou pro úspěšnou činnost dělostřelectva.“

*) Úvahy mají význam kvalitativní, poněvadž jsem nechtěl jejich informativní ráz zatěžkávat matematickou analýsou.