

PĚCHOTNÍ ROZHLEDY

Redaktor: Plukovník pěch. Adolf Hůlka.

DUBEN 1938.

Major pěch. Ing. Jan Valníček:

Tank a kanon.

Mnoho úvah bylo už napsáno na toto thema, ale všechny mají obyčejně ráz mírový, v němž je poskytnuto fantasii volné pole.

Novost problému znesnadňuje zaujetí objektivního stanoviska. S velkou oblibou jsou činěny kalkulace, kolik tanků může kanon vyřadit; kalkulace ty se obvykle zakládají na odhadech, a ačkoliv jsem prostudoval hezkou řadu podobných úvah, nikde jsem nenašel výpočet a kvantitativní podklady. Tak dochází k různostem, kde jednomu autoru stačí dva kanony na frontě 1 km, kdežto druhý jich potřebuje 18, tedy skoro desetkrát tolik.

Z tohoto chaosu nás může vyvést jen úvaha, v níž vymýtíme intuici a odhady a budeme používat co nejvíce kvantitativních údajů. Francouzi říkají takovému solidnímu podkladu úvah „discussion des erreurs“. Není v tom ani stínu oné strohosti (u nás více méně protivné) matematiky. Je to druh filosofie, a co zvláštního, počet pravděpodobnosti, který má k filosofii nejbližší, je v těchto „discussion“ druhořadý. Hlavní význam má při nich počet diferenciální a zdá se, že Laplaceovo konstatování, podle něhož celá induktivní a analytická filosofie spočívá výhradně na počtu pravděpodobnosti, ustupuje novému učení.

Taktik, který buduje svoje úvahy o určitém problému, chce-li dojít ke konkrétním závěrům a dodat přesvědčivosti svým vývodům, musí nakonec stejně volit cestu racionalismu podepřeného kvantitativně doloženými důvody. Kdesi jsem četl, že věda je tím více vědou, čím je v ní více exaktních, matematických důkazů; jinými slovy taktika, která by nepoužívala těchto kvantitativních důkazů aspoň tam, kde to jde, nebyla by vůbec vědou a stala by se pravděpodobně uměním se všemi jeho atributy, v nichž jsou hlavními talent a vkus. S takovými vratkými elementy však nelze počítat ve vážné věci obrany státu. Napoleon řekl, že člověk musí znát matematiku, aby byl dobrým generálem. A tak se budeme snažit formulovat své názory na otázku kanon—tank s použitím matematiky. Uvidíme, k jakým důsledkům dojdeme.

Budeme se snažit vytěžit některé poučky obecně platné pro taktiku obou soupeřů, jak tanku, tak kanonu, budeme však vycházet od střelby kanonu. Protože pak tyto kanony jsou už ve všech armádách více méně vyřešeny a jejich účinek je skoro všude stejný, vybereme si konkrétní kanon, a to onen, který je zaveden v italské, rakouské a maďarské armádě. Jeho popis jsem našel v publikaci La Fanteria, vydané r. 1937 v Římě. Technické údaje kanonu jsou:

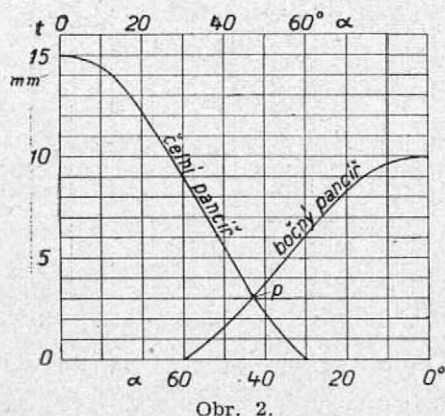
ráže	47 mm
počáteční rychlost pancéřového granátu	630 m/sek
váha pancéřového granátu	1.5 kg
váha trhavací náplně (tritol)	25 gr
váha prachové náplně (prach nitrocel.)	205 gr

funkci tloušťky pancíře. Matematicky vyjádřeno s použitím rovnice 5 musí být tedy splněna podmínka:

$$t_e \left(\cos \frac{3}{2} \alpha \right)^{1,43} = t_b \left[\cos \frac{3}{2} (90 - \alpha) \right]^{1,43} \quad . \quad . \quad . \quad 8,$$

kde t_e = tloušťka čelního a t_b = tloušťka bočního pancíře. Ježto početní řešení této rovnice je obtížné, rozřešíme ji graficky, což bude kromě toho velmi názorné (obr. 2). Za příklad volíme postřel anglického tanku, který má (čerpám z knihy F. Heigla: Taschenbuch der Tanks z r. 1927 — jiný pramen nemám po ruce) čelní pancíř tlustý 15 mm a boční 10 mm. Na ose úseček je nanesen úhel sklonu α , resp. jeho doplněk pro boční pancíř, na ose pořadnic je nanesena tloušťka pancíře. Průsečík dvou křivek, označený p , nám dává grafické řešení rovnice 8; podle něho je tedy optimální úhel pro daný poměr tloušťky pancířů $\alpha = 43^\circ$.

Kdyby oba pancíře byly stejně tlusté, byl by tento úhel 45° , a čím je boční pancíř slabší, tím je tento úhel větší, až dosahuje limity 60° stupňů pro nulovou tloušťku bočního pancíře. (Jsme si ovšem vědomi toho, že



Obr. 2.

rovnice 5 vyjadřuje poměry průrazu při různých úhlech sklonu jen přibližně, avšak jinak nelze věc řešit.)

A nyní si zjišťme, jakého úsporného efektu dosáhne tank s poměrem stěn 15:10 v našem konkrétním případě. Na grafikonu obr. 1 čteme pro úhel $\alpha = 43^\circ$ a dálku 1000 m, že kanon námi sledovaný prorazí jen 7 mm tlustý pancíř a přímo před ústím zbraně pancíř tlustý nejvýš jen asi 10 mm, neboli tank s pancířem tlustým 10 mm je za těchto podmínek nezranitelný. Z toho plyne velmi důležitý poznatek pro taktiku tanků: *volit úhel nájezdu vždy tak, aby tank vystavoval kanonu své pancíře vždy*

jen pod optimálním úhlem zmenšujícím průraznost střel. Zisk je zde opravdu znamenitý; v konkrétním případě klesne průraznost na pouhou pětinu. Uvidíme ještě další důvody, mluvící pro směry nájezdu v optimálním úhlu. Zároveň se už rýsuje jedno velmi důležité pravidlo pro střelbu kanonů proti ŮV.: postřelovat pancíře tak, aby úhel sklonu dráhy na pancíři byl roven nule.

Rozptyl drah a zamíření.

Kanon proti ŮV. musí být velmi přesná zbraň. Jeho střelba, jak jsme si řekli už výše, podobá se přesností střelbě z pušky, a proto počítáme s hodnotou rozptylu drah $\dot{u}_0 = \dot{u}_1 = 0,5$ dc, jak tomu bývá u pušek. To je ovšem rozptyl získaný při balistické střelbě; při polní střelbě se tento rozptyl zvětšuje; o kolik, nenajdeme nikde v literatuře, a proto musíme hledat analogické výsledky při střelbě rychlými přepady z pušek. Zkušenosti tu říkají, že se rozptyl zvětšuje za takovýchto okolností až třikrát, takže můžeme počítat s konečnou hodnotou rozptylu $\dot{u}_0 = \dot{u}_1 = 1,5$ dc = $\dot{u}_0'$. V tomto zvětšení je tedy započten rozptyl drah a zamíření při střelbě za poměrů v poli.

Jiným zdrojem chyb je *nesprávný odhad nadběhu*, zejména při nájezdech tanků pod určitým úhlem. Nadběh je funkcí dálky, rychlosti a směru nájezdu cíle. Každá z těchto nezávisle proměnných veličin je sama zdrojem chyb.

Vliv chyby v *určení dálky* bude nejmenší, ježto jde obvykle o obranu, v níž jsou dálky předem dobře změřeny. Kromě toho sledující závislost $T = f(X)$ v tabulce 1 vidíme, že se dá docela dobře nahradit přímkou pro dálky menší než 1000 m. To je velká výhoda proto, že můžeme s velmi dobře vyhovující přesností vyjádřit nadběh v dílcích; jeho číselná hodnota bude pak stejná pro všechny dálky, a tak zmenšíme riziko chyb. Na př. pro kanon námi sledovaný můžeme vyjádřit dobu letu střely pro $x = 1000$ m rovnicí přímky:

$$T = 0,00175 X \quad 9.$$

Při tom se dopouštíme maximální chyby $+0,07$ sek. v dálce 500 m a $-0,07$ sek. v dálce 1000 m, což znamená při rychlosti tanku 10 km/hod. chybu asi 20 cm.

Vliv chyby v *určení cíle c* a v *určení úhlu nájezdu* bude už působit mnohem nepříznivěji. Víme, že velikost nadběhu je dána rovnicí

$$A = T c \quad 10.$$

Je-li α úhel nájezdu, t. j. ostrý úhel, který svírá stopa jedoucího tanku (tečna k ní) s výstřelnou, bude skutečný nadběh v metrech, s nímž je třeba střilet,

$$A = T c \sin \alpha \quad 11.$$

kde T je v sekundách, c je v m/sek.

Jaká bude pak celková chyba, změní-li se jednotlivé proměnné veličiny, řekne nám totální diferenciál rovnice 11, který dostaneme logaritmickým diferencováním:

$$\frac{dA}{A} = \frac{dT}{T} + \frac{dc}{c} + \frac{d \sin \alpha}{\sin \alpha} \quad 12.$$

Řekli jsme výše, že chybu v nadběhu vlivem aproximace v *určení dálky*, kterou zde vyjadřujeme dobou letu, lze zcela zanedbat. Pak zůstanou jen chyby v *určení rychlosti* a *úhlu nájezdu*, které způsobí celkovou chybu

$$dA = A \left(\frac{dc}{c} + \frac{d \sin \alpha}{\sin \alpha} \right) \quad 13.$$

Abychom přišli zase do konkrétních poměrů, uvažujme o případě tanku najíždějícího v dálce 700 m pod úhlem nájezdu $\alpha = 45^\circ$ rychlostí $c = 20$ km/hod. = 5,5 m/sek. Střelec odhadne úhel nájezdu s přesností $\pm 10^\circ$ a rychlost tanku s přesností ± 8 km/hod. = 2,2 m/sek. Pak bude

$$A = 0,00175 \cdot 700 \cdot 5,5 \cdot \sin 45^\circ = 4,75 \text{ m}$$

a chyba

$$dA = 4,75 \left(\frac{2,2}{5,5} + \frac{0,122}{0,707} \right) = 2,7 \text{ m}.$$

Tuto chybu převedeme na dílce: $2,7 : 0,7 = 3,8$ dc. Abychom ji mohli dále kvantitativně vyhodnotit, musíme ji převést na pravděpodobnou chybu s použitím poučky, kterou dává Gaussův zákon chyb:

$$u' = 0,845 \cdot 3,8 = 3,2 \text{ dc}.$$

čemž je počítáno se všemi chybami, které jsme výše superponovali. Křivka N_1 pak udává počet ran nutných k dosažení morální jistoty zásahu (je počítána jako inverzní hodnota pravděpodobnosti P , tedy pravděpodobností úhrnnou, což v praxi zcela dobře postačí).

Na první pohled vidíme, že počty nutných ran jsou příliš velké. Je to zřejmá výhoda pro útočníka, neboť kanon vystřelí brzy svou dotaci a musí zahájit palbu dříve, aby mu k ní vystačil čas. Jako vedlejší zisk tanku se tu objevuje zmenšení průraznosti vlivem úhlu sklonu, a to zisk veliký, jak jsem už ukázali výše. Při tom se však pro tank objevuje nevýhoda v tom, že dráha tanku a tedy možný počet ran protitankového kanonu bude $\sqrt{2} = 1,4$ krát větší, než by byl při přímé cestě tanku. Vidíme a prokážeme ještě dále, že výhod plynoucích z nájezdu v určitém optimálním úhlu je více než nevýhod; z toho plyne poučka, že pro tank bude výhodné *útočit vždy s určitým optimálním úhlem nájezdu*.

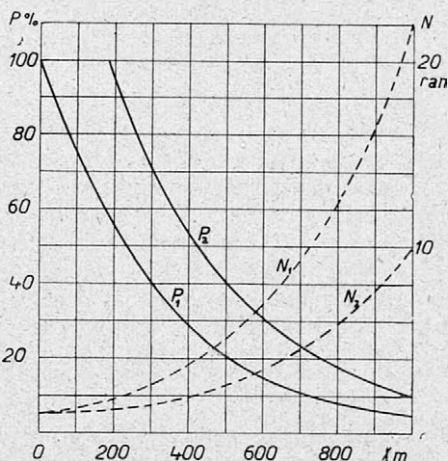
Jak může obránce zlepšit pravděpodobnost zásahu? Je jediná pomoc: kanony musí střílet tak, aby se *tečna dráhy střely shodovala co možná se stopou pohybu tanku* neboli, obecně řečeno, bude to palba zkřížená, máme-li na mysli větší počet kanonů a tanky najíždějící s určitým úhlem nájezdu. Kromě toho lze různými překážkami dosíci téhož efektu. Pak vypadnou ze vzorce 12 hlavní zdroje chyb dc a $d \sin \alpha$ a pravděpodobnost zásahu se zvětší, jak vidíme z obr. 3, kde křivka P_2 udává pravděpodobnost zásahu pro tyto případy a křivka N_2 příslušný počet ran. Srovnáme poměry na př. pro vzdálenost 600 m:

a) postřel tanku s úhlem nájezdu $\alpha = 45^\circ$. Pravděpodobnost zásahu $P_1 = 15\%$, počet ran $N_1 = 7$,

b) osný postřel tanku neboli úhel nájezdu $\alpha = 0$, tank jede přímo na kanon. Pravděpodobnost zásahu $P_2 = 30\%$, počet ran $N_2 = 3$.

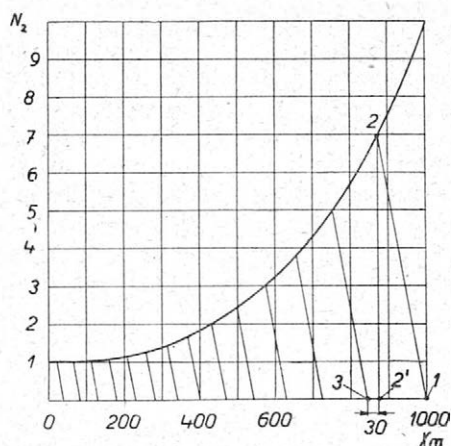
Srovnáním zjistíme zajímavou a velmi důležitou okolnost: dráha tanku v případě za a) je jen o 40% delší než v případě za b), avšak počet ran, který musí obránce vypálit, je *větší o plných 130%*. Převědeme-li si poměry na jednotku času, vidíme, že kanon by tu byl ve velké nevýhodě. Z toho plynou pro taktiku útočníka a obránce důsledky, které jsme řekli už výše; na tomto konkrétním příkladě jsme si je jen potvrdili.

Kolik tanků může vyřadit jeden kanon střílející na tank čelně, zahájí-li palbu na 1000 m? Tank se pohybuje rychlostí 16 km/hod.; t. j. 4,45 m/sek., a jede v úhlu nájezdu 45° , je tedy jeho přímá vzdálenost od obranného sledu $1000 : \sqrt{2} = 710$ m. Tank bude k dispozici kanonu, resp. kanonům (palba zkřížená vždy jedním kanonem) $1000 : 4,45 = 225$ vteřin s nutnými zdržením v zatáčkách nejméně 4 minuty.



Obr. 3.

Na první tank by kanon potřeboval 10 ran, kdyby tank byl stále 1000 m daleko; tank se však blíží a nutný počet ran se zmenšuje. Ježto chceme, aby náš výpočet byl co možná exaktní, vyhneme se různým snad-



Obr. 4.

něž ujede tank asi 30 m. Palba na druhý tank začíná v bodě 3 a tak se to opakuje. Když jsme ukončili grafický výpočet podél křivky N_2 , dostaneme tabulku 2. Vidíme z ní, že lze počítat s vyřazením 14 tanků 33 ranami. Z této tabulky pak čteme závislost: počet vyřazených tanků = funkce délky, která je výsledkem naší celé úvahy a která nám umožní učinit si úsudek o účinnosti palby protitankového kanonu. Jako vedlejší zisk pak dostaneme z tabulky specifickou hustotu zbraní, které musíme umístit, abychom odvrátili tanky při určité délce výstřelné.

Závěr.

Myslím, že se náš způsob výpočtu, který jsem úmyslně rozvedl do podrobnosti i s důvody, aby každý měl možnost kontroly, přibližuje dobře skutečnosti. Pomímám ovšem faktory, které mohou mít na kapacitu obrany palbou kanonů proti ÚV. rušivý vliv, jako umlčování kanonů. Podobné úvahy jsou však vždy velmi vratké, neboť při kvantitativním jich hodnocení jde vždy o shluk náhodných veličin a tak z nich obyčejně mizí prvek, který by jim dodal přesvědčivosti, t. j. ověřené číslo. Proto se jimi nezabývám. Můžeme však říci, že případ námi studovaný je *modus* všech případů, a proto může být měřítkem pro posouzení střední hodnoty účinnosti protitankových kanonů.

Vzpomeňme na historický příklad střelby německého protitankového kanonu 20. XI. 1917 u Flesquieres, který sám vyřadil při jednom útoku 16 anglických tanků; výsledek byl označován jako výjimečný proto, že tehdy byla aktivní obrana proti tankům v plenkách. Při dnešním stupni této obrany může však být takový výsledek průměrem protitankového děla, který docela dobře souhlasí s naším theoretickým odvozením. Studující i jiné příklady (na př. 17. X. u Thielt, 18.—23. VII. u Grand-Rozoy — najdeme je v knize: Taschenbuch der Tanks od Heigla), uvidíme, že jedno dělo dovedlo na dálku 150 až 200 m zničit celou četou tanků, což opět dobře souhlasí s našimi výpočty.

Tabulka 1.

Tabulka střelby

pro 4,7 cm italský protitankový kanon, ostrý pancéřový granát, vypočtená
pro balistický koeficient $10^4 c = 10,00$ methodou de Gavre.

Dálka m	Úhel výstřelu dílce	Úhel doletu dílce	Konečná rychlost m/sek.	Výška vrcholu m	Doba letu sek.	$\dot{u}_v = \dot{u}_s$ m	Průřaz- nost pan- cíře mm
0	—	—	630	—	—	—	50
100	1.2	1.9	605	0.2	0.15	0.05	48
200	2.5	4.0	584	0.4	0.30	0.10	46
300	4.0	6.5	563	0.6	0.46	0.15	44
400	5.6	9.0	544	0.8	0.64	0.20	42
500	7.2	12.0	525	1.0	0.80	0.25	40
600	9.2	15.0	508	1.5	1.00	0.30	38
700	11.0	18.4	492	2.0	1.20	0.35	36
800	13.0	22.0	476	2.8	1.40	0.40	35
900	15.0	25.5	460	3.6	1.60	0.45	33
1000	17.2	29.0	446	4.6	1.82	0.50	32
1200	21.6	37.6	420	7.0	2.28	—	29
1400	26.5	47.0	396	10.0	2.77	—	26
1600	32.0	57.0	374	14.0	3.31	—	24
1800	38.0	68.0	354	19.0	3.92	—	22
2000	45.0	80.0	336	25.6	4.55	—	21
2500	65.0	115.0	298	49.5	6.35	—	17
3000	97.0	168.0	270	90.0	9.05	—	15

Tabulka 2.

Pravděpodobnost zasažení útočícího tanku střelbou z protitankového
kanonu.

Dálka m	Počet ran	Součet ran	Součet zasažených tanků
25	1	1	1
70	1	2	2
112	1	3	3
160	1	4	4
210	1	5	5
260	1	6	6
312	2	8	7
370	2	10	8
430	2	12	9
500	2	14	10
575	3	17	11
668	4	21	12
752	5	26	13
875	7	33	14

T. j. byla-li palba zahájena na dálku 1000 m, je první tank zasažen
7. ranou, když se přiblížil na dálku 875 m.