

O účinnosti daleké čelní přehradné palby z těžkých kulometů.

(Dokončení.)

Je jisté, že nejpravděpodobnější hodnoty účinnosti přehradných paleb bychom našli pokusem, kdybychom měli k dispozici živé cíle a mohli pokus mnohokrát opakovat. To však nelze provést. Rovněž tak i náhrada živých figur figurami terčovými už nevystihuje všechny veličiny, které třeba mít na zřeteli při řešení problému, ať je to už struktura jejich pohybu, mechanika přískoků atd. Proto je zde třeba zdůraznit význam čisté theorie; ta — aplikujíc pravděpodobnosti a posteriori, t. j. pravděpodobnosti, před nimiž předcházela pokus (v našem případě nastřílení a vyhodnocení rozptylu) a pravděpodobnosti složené, podle okolností úhrnné — dá nám nakonec čísla, která se v svém průměru musí spolehlivě blížit k číslům skutečným.

Nyní seznámím čtenáře s nejvýznačnějšími způsoby řešení komplikovaného problému účinnosti dalekých přehradných paleb tak, jak se objevily v posledních letech v dostupných revuálních a knižních pramenech.

1. V lednovém a únorovém čísle ročníku 1933 francouzské Revue d'Infanterie provádí kvantitativní rozbor otázky účinnosti paleb na velké dálky major Paillé, známý svými spisy z nauky o střelbě, a to výhradně se zřením ke kulometu Hotchkiss. Srovnává nejdříve složky účinnosti; přesnost, zastřílení, účinek střel, rasanci a rychlost střelby a bez matematických důkazů, prostým srovnáváním těchto dat pro kulomet Hotchkiss formuje názor čtenáře tak, aby byl připraven na důležitou stať, kde přistupuje k vlastnímu numerickému rozboru.

V tomto pak major Paillé vychází z této úvahy: Na kolmou plochu cíle v dálce 1200 m s volenou plochou 80 m. $8 \text{ ú}_v = 600 \text{ m}^2$ dopadne za minutu 500 ran z jednoho kulometu. Je-li plocha běžící figury 0'6 m², je geometrická pravděpodobnost ohrožení figury 0'6 : 600 = 0'001. Při vypálených 500 ranách to znamená, že pro každou minutu, kterou se zdrží figura v postřelované ploše, je pravděpodobnost 0'5 = 50%, že bude zasažena. Je však jisté, že si figura zalehne a tím zmenší svou plochu vydanou ohrožení střelami, takže naděje na zásah klesne z 50% na 15%, kteréžto číslo stanoví mjr. Paillé prostým odhadem. Těchto 15% ztrát u nepřítele mu stačí a tvrdí, že tím budou vojska nepřítele demoralisována a bude jim zabráněno v střelbě. Z tohoto základu vychází a srovnává složky účinnosti palby lineárními poměry na základě principu stejné hustoty (nebo lépe říkajíc stejné účinnosti palby), odvozuje tabulku, v níž vyjadřuje, kolik metrů fronty lze postřelovat jedním kulometem. Vyjádříme-li jeho úvahu vzorcem, dostaneme:

$$\pi = \frac{N \cdot M}{8 \text{ ú}_v \cdot \bar{s}} \dots \dots \dots 6,$$

kde π je účinnost palby, rovná konstantě a vyjadřující výše odvozenou hodnotu, N je počet ran, M je metný prostor za figurou, jejíž výška je jakousi střední hodnotou mezi výškou figury běžící a figury krytě ležící, $\bar{s}$ je šířka úseku uzavřeného palbou.

V této rovnici zná pro každou dálku π , N , M , 8 ú_d a počítá $\bar{s}$. Major Paillé však nepoužívá matematického vzorce, kterým jsem pro názornost vyjádřil jeho způsob řešení, nýbrž vypočítává hledané šířky $\bar{s}$ na podkladě relativního srovnání, hledaje poměr:

$$\frac{M}{8 \text{ ú}_d} \dots \dots \dots 7.$$

Dostává tak tyto hodnoty podle rovnice 7:

dálka m	1200	1800	2400	3000	3500
M	42	17	9	5'2	3
8 ú_d	100	190	220	280	350

Odtud pak přijímá poměry pro dálku 1200 za jednotku (jakýsi etalon) a vypočítává, že pro dálky 1800, 2400, 3000, 3500 je hustota palby 2'3, 5, 11, 24krát menší a odtud dostává tabulku (rychlost střelby 500/min.):

Dálka m	8 ú_d m	šířka $\bar{s}$ v metrech			
		družstvo	četu	2 čety	rotu (16 kul.)
1200	14	80	160	320	640
1800	25	35	70	139	278
2400	40	—*)	—*)	64	127
3000	60	—*)	—*)	—*)	58

*) $\bar{s}$ je menší než 8 ú_d .

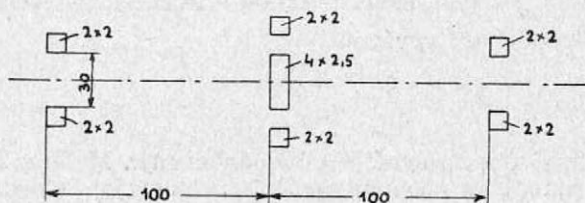
Tyto hodnoty platí pro umlčování, jehož účinnost definuje autor na 15% ztrát. Pro přehradu je třeba palby účinnější, na př. pro prapor na šířce 1000 m

na dálku	1.300	2.000	2.500,
počet rot	2	5	10,
ran za 2 minuty	16.000	40.000	80.000.

Pro palbu rušivou přijímá účinnost 15% ztrát za půl hodiny, takže dostane pro rotu při rychlosti střelby 25 ran/min.:

na dálku	2.500	3.000	3.500 m,
šířku Š	400	200	100 m.

Celé odvození mjr. Paillé je snadné, přístupné, je při něm použito mnoha předpokladů a intuice. Celé se zakládá na vypočteném etalonu pro dálku 1200 m. Nahrazuje si počet pravděpodobnosti a posteriori počtem pravděpodobnosti a priori, nepočítá s rychlostí pohybu cíle a vyhýbá se kombinovanějšímu matematickému vyjádření. Proto je velmi přibližné a v některých případech (zejména co se týče přehradné palby) nelze mluvit ani o přibližnosti. Na př. pro dálku 2400 m je hloubka metného prostoru 9 m. Figura běžící rychlostí 2 m/sek ji proběhne za 4/5 sek; aby však byla zasažena s pravděpodobností 50%, měla by setrvat v tomto metném prostoru 60 vteřin; vidíme, že pravděpodobnost zásahu zde klesá z 50% na necelé 4%!



Obr. 2.

V únorovém čísle téhož ročníku Revue d'Infanterie popisuje mjr. Paillé pokus, provedený v září 1932 v Camp de la Courtine, kterým snad chce ověřit výsledky svých úvah. Byl proveden takto: Bylo postaveno 5 stejných cílů tvaru podle obr. 2, a to na dálky: 1000, 1500, 2500 a 3000 m, a tyto cíle byly postřelovány: na dálku 1000 a 1500 m družstvem, na dálku 2000 m četou, na dálku 2500 dvěma četami a na dálku 3000 m rotou těžkých kulometů. Střelba byla dobře připravena. Byl vždy vypočten očekávaný počet zásahů použitím geometrické a úhrnné pravděpodobnosti. Výsledek pokusu byl tento:

dálka	1000	1500	2000	2500	3000 m
očekávaný výsledek	130	65	65	68	47 zásahů
počet ran	1152	1152	2304	4608	9216
skutečný výsledek	116	116	77	34	20

Střelba byla jen připravena, nebyly při ní prováděny žádné opravy nebo zastřílení, zato byly pečlivě vyloučeny denní a zvláštní vlivy. Z rozložení zásahů v terčích bylo lze dobře usuzovat na to, jak souhlasila příprava a provádění střelby. Tak na př. z výsledků, které mjr. Paillé publikuje, je vidět, že při střelbě na dálku 1500 m nebylo rozséváno, neboť střední terč měl 109 zásahů a ostatní jen po jednom; při střelbě na dálky 2500 a 3000 m nesouhlasil střední zásah se středem cíle, a proto výsledek je skreslen. Na tomto příkladě vidíme velmi dobře, že je velmi odvážené počítat prostě s rovnoměrným rozložením zásahů v celém postřelovaném pásmu. Při vyhodnocení pokusu však marně hledáme ověření výsledků, co se týká postřelu figur, takže celý pokus je vlastně jen potvrzením, že při pečlivě provedené přípravě a vyloučení všech perturbančních vlivů lze očekávat, že střední zásah bude blízko cíle; pokus byl totiž proveden za dosti nepříznivých povětrnostních podmínek.

2. V březnovém čísle téhož ročníku Revue d'Infanterie přispívá k studii účinku přehradných paleb mjr. Maffre. Řeší věc hlavně se stanoviska taktiky, pomíjí různé technické detaily, jako úvahy o složkách účinnosti atd., o nichž říká, že jejich rozbor patří důstojníkům kulometných rot. Na jeho matematickém řešení je zajímavé to, že užívá pravděpodobnosti doplňkové, t. j. počítá s pravděpodobností vyvážnutí. Poznáme to na příkladě, který uvádí:

Mějme na př. pravděpodobnost $1 : 20$, že cíl — běžící figura — bude zasažen, t. j., že *z 20 ran jej zasáhne aspoň jedna střela*. Pak pravděpodobnost vyvážnutí, t. j. doplňková pravděpodobnost, je $1 - 1/20 = 19/20$. Na tomto principu řeší mjr. Maffre matematicky celý problém ovšem po užití určitých předpokladů. Máme-li pravděpodobnost vyvážnutí pro jednu střelu $1 - \frac{1}{a}$, bude podle pravidla o pravděpodobnosti složené pro n střel pravděpodobnost vyvážnutí

$$P' = \left(1 - \frac{1}{a}\right)^n \dots\dots\dots 8.$$

Velmi zajímavé a správné je odůvodnění mjr. Maffre, že úplná, t. j. matematická jistota, že cíl bude zasažen, neexistuje; dokazuje to tím, že vzorec 8 píše ve formě

$$\left(\frac{a-1}{a}\right)^n \dots\dots\dots 9,$$

a hledá hodnotu pro $\lim n = \infty$, t. j. pro nekonečný počet ran. Teprve pro tento počet ran limituje pravděpodobnost vyvážnutí k nule. Nepřekročitelná přehrada — ovšem v theoretickém smyslu slova — tedy neexistuje. Jinak si mjr. Maffre řešení zjednodušuje tím, že přijímá z celého obrazce rozptylu *jen střední 4 úd.*, a počítá, že v nich jsou dopady střel rozmístěny stejnoměrně po celé ploše, neboli, že nahrazuje část Gaussovy křivky na obr. 3 označenou 2, 4, 6 obdélníkem 1, 3, 5, 7, v nichž očekává 82% zásahů. Se zbytkem (17%, 1% zbloudilé) nepočítá.

Za redukovanou šířku figury přijímá 0'26 m; výška figury je promítnuta drahou střely na vodorovnou rovinu (balistický stín), takže zaujímá plošku $f = 0'26 M$, kde M je délka balistického stínu. Pak je geometrická pravděpodobnost ohrožení figury (na rozdíl od pravděpodobnosti zásahu, s níž počítáme teprve tehdy, když známe počet střel):

$$O = \frac{f}{4 \dot{u}_d \dot{s}} = \frac{0'26 M}{4 \dot{u}_d \dot{s}} \dots\dots\dots 10.$$

Pišme podle rovnice 8 doplňkovou pravděpodobnost, tedy pravděpodobnost vyvážnutí:

$$P' = \left(1 - \frac{0'26 M}{4 \dot{u}_d \dot{s}}\right)^N \dots\dots\dots 11.$$

Do této rovnice dosazujeme volené hodnoty šířky fronty $\dot{s}$ a počítáme k nim pravděpodobnost vyvážnutí. Počet střel N vypočítává mjr. Maffre tak, že vypočte nejdříve dobu, za níž figura projde hloubku $8 \dot{u}_d$ určitou rychlostí. Pro rychlost 1'25 m/sek dostává pak tuto tabulku:

Tabulka 5.

Dálka m	Doba vteř.	Účinnost									Spotřeba střeliva při rychlosti střelby		
		60%			40%			20%					
		při rychlosti střelby											
		480	240	120	480	240	120	480	240	120	480	240	120
1200	152	500	250	125	900	450	225	2050	1025	513	9728	4868	2432
1800	160	200	100	50	360	180	90	825	415	207	10240	5120	2560
2400	184	100	50	—	170	85	42	400	200	100	11776	5888	2944
3000	224	60	—	—	100	50	—	250	125	62	14336	7168	3584
3500	280	—	—	—	—	—	—	125	60	—	17920	8960	4480

Toto řešení je proti řešení mjr. Paillé přesnější, neboť je v něm méně intuice a více racionalismu, je v něm počítáno s rychlostí pohybu figury. Užití pravděpodobnosti složené pro výpočet účinnosti dává exponenciální rovnici, která je sice matematicky zcela přesná, ale v praxi dá menší šířky δ nebo mnohem větší spotřebu střeliva než užití pravděpodobnosti úhrnné, které budeme užívat v jiných řešeních. K objasnění tohoto pojmu se ještě vrátíme při posuzování metody mjr. dr. Dänikera. Určitý nedostatek metody, zejména pro menší dálky, je v tom, že užívá geometrické pravděpodobnosti vyjádřené poměrem $f : 4 u_0$ δ k určení pravděpodobnosti ohrožení figury. Pro velké dálky tento způsob ovšem bohatě vyhovuje svou přesností.

Všimněme si zajímavé okolnosti v údajích pro dálku střelby 3000 m. Vidíme, že je zde třeba soustředit palbu celé roty, t. j. 8 střelejších kulometů na úsek $8 u_0 = 60$ m, tedy úplně bez šířkového rozsevu, abychom dosáhli účinnosti 60%. Doba, kterou figura probíhá hloubkou celého obrazce rozptylu, je 224 vteřin; při rychlosti střelby 480 ran/min. mohou dva kulomety Hotchkiss střilet nejvýše 3 minuty = 180 vteřin, takže by nemohly udržovat palbu po celou dobu pohybu cíle. Tabulka je počítána pro rychlost figury 125 m/sek; myslím, že běžící figura probíhá postřelované prostory rychlostí větší. Pokusy provedené v mírových poměrech daly střední rychlost běžící figury kolem 2 až 3 m/sek.

Autor v své práci správně uvádí, že je třeba dát přednost racionální úvaze před experimentem proto, že při provedení tohoto mohou mít velkou úlohu náhody. Skutečně, vzpomeneme-li na výsledky pokusů mjr. Paillé, o nichž píšeme výše, je třeba dát mjr. Maffre za pravdu.

3. V témž čísle Revue d'Infanterie uveřejňuje doplněk k úvaze mjr. Maffre pplk. Welvert a poukazuje na to, že si mjr. Maffre problém značně zjednodušil tím, že do výpočtu zavedl pravděpodobnost geometrickou a že uvažuje jen o hloubce $\frac{1}{4} u_0$. Sám předkládá řešení, v němž bere v počet rozdělení zásahů podle Gaussova zákona chyb podél dráhy cíle v obrazech rozptylu a počítá se všemi střelami. Vychází od pravděpodobnosti zásahu malé plošky cíle $dx \cdot dy$, která se pohybuje určitou rychlostí v obrazech rozptylu směrem na zdroj palby. Nebudu zde rozebírat podrobně všechny matematické operace, které provádí pplk. Welvert. Uvedu jen konečný výsledek, k němuž dospěl ve formě exponenciální rovnice:

$$P' = e - \frac{N}{4 \dot{u}_d \bar{s}} 0.26 M \dots\dots\dots 12,$$

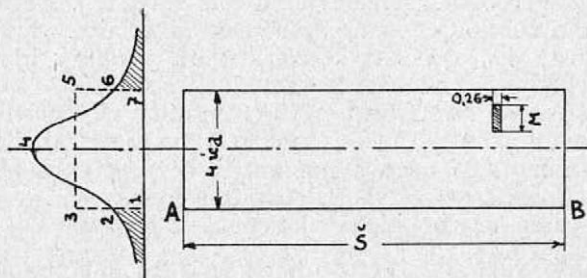
kde symboly jsou tytéž, jak jsme uvedli v úvaze za 2., a e je základ přirozených logaritmů. (Čtenáře originálu by mohlo mýlit, že se vzorec, který zde uvádím, liší od vzorce v originále, neboť tam je psán exponent jakožto menšitel. To je však tisková chyba; je jich tam více.)

Na příkladě pro dálku střelby 2400 dokazuje autor, že na 100 m fronty potřebuje mjr. Maffre 11.776 střel, kdežto pplk. Welvert jen 10.132. Ušetřený počet jsou právě ty střely, jichž se při svém předpokladu zřekl mjr. Maffre, počítaje jen se střelami ve středních $4 \dot{u}_d$.

Řešení pplk. Welterta je po stránce matematické velmi dobré, je v něm několik vtipných substitucí a dobře reprezentuje matematickou tradici francouzských důstojníků, která je, jak známo, silně pěstována. Exaktní však toto řešení není; k tomu by bylo třeba mnohem rozsáhlejšího užití infinitesimálního počtu a nedalo by se ani tehdy zcela exaktně provést už z toho jednoduchého důvodu, že nemůžeme vyjádřit obrys figury analytickou funkcí.

4. V zářijovém čísle Revue d'Infanterie, ročník 1934, přináší mjr. franc. dělostřelectva Trébous své řešení účinnosti přehradné palby z těžkých kulometů. To se však skoro neliší od řešení předchozího, aplikující stejný způsob výpočtu se stejnými přednostmi i nedostatky, takže není třeba se jím zabývat.

5. Znamý odborník ve střelbě z pěchotních zbraní mjr. švýc. gšt. dr. Däniker mně věnoval zvláštní otisk z Militärwissenschaftlichen Mitteilungen roč. 1934, čís. 7, v němž je uvedeno jeho řešení. Metoda jím použitá reprezentuje velice pěkně jeho specifický způsob vyjadřování a vyniká obvyklou u něho jednoduchostí, praktičností a názorností.



Obr. 3.

Mjr. dr. Däniker rozbírání nejprve obrazec rozptylu, a aby jeho další řešení bylo co nejsnadnější, činí si tento základní zjednodušující předpoklad: Rozsévám od bodu A do B (obr. 3); z celkové hloubky $8 \dot{u}_d$ беру však v úvahu jen $4 \dot{u}_d$, v nichž očekávám $(16 + 25) \cdot 2 = 82\%$ všech dopadů. O těchto dopadech pak předpokládám, že jsou rozděleny zcela stejnoměrně. V této ploše $4 \dot{u}_d \cdot \bar{s}$ se pohybuje figura, jejíž plocha je dána balistickým stínem

$$F = \frac{f}{\operatorname{tg} \omega} \dots\dots\dots 13,$$

kde f je vertikální plocha figury a ω je úhel doletu. Geometrická pravděpodobnost zásahu této figury je pak:

$$\pi = \frac{f}{4 \dot{u}_d \cdot \bar{s}} \frac{tg \omega}{0.82 \cdot N} \dots \dots \dots 14,$$

kde N je počet ran, který je dán součinem doby, po kterou probíhá figura hloubku $4 \dot{u}_d$, a rychlostí střelby. K výpočtu pravděpodobnosti zásahu je užito pravidla o pravděpodobnosti úhrnné.

Z rovnice 14 lze snadno vypočíst šířku úseku $\bar{s}$ pro žádané π , které autor nazývá účinností. Tuto účinnost volí pro přehradnou palbu tak, aby útočník měl 50% ztrát za dobu, v níž proběhne hloubku přehrady. Počítá-li pro německý kulomet Maxim praktickou rychlost střelby 4/4 rány za vteř. a plochu běžící figury 0'6 m², dostává tyto šířky úseků $\bar{s}$

dálka m	1000	1200	1400	1600	1800	2000,
šířka $\bar{s}$ m	63	42	29.5	22	16.5	13.

Je velmi zajímavé najít pro toto zmenšování šířky $\bar{s}$ ve funkci délky analytický výraz, jímž bychom bez pomoci tabulek střelby našli příslušnou šířku úseku $\bar{s}$. Provedl jsem to a dostal jsem výraz

$$\bar{s} = 106 \cdot 346 \cdot D^{-2.25} \dots \dots \dots 15,$$

který platí pro délky $D > 1000$ m.

Řešení Dänikerovo je velmi jednoduché a přehledné, neboť počítá výhradně s pravděpodobnostmi geometrickými a úhrnnými. Tato jednoduchost má ovšem na druhé straně nedostatky. Předně pravděpodobnost zásahu není stejná podél hloubky postřelovaného prostoru, je počítáno jen s 82% dopadů a je uvažováno o ploše figury 0'6 m² bez ohledu na její tvar. Dále je počítáno s balistickým stínem menším, než je ve skutečnosti, ale není počítáno s tím, že figura vybihající z postřelovaného prostoru je ještě částečně ohrožována na dráze dlouhé jako metný prostor. Další potíž je v tom, že vzhledem k užití úhrnné pravděpodobnosti při výpočtu účinnosti může vyjít ve vzorci 14 účinnost π větší než 100%, což neodpovídá theorii počtu pravděpodobnosti složené, jak plyne z této úvahy:

Je-li P pravděpodobnost ohrožení figury jednou střelou, v tomto případě

$$P = \frac{f}{4 \dot{u}_d \cdot \bar{s}} \frac{tg \omega}{0.82 \cdot N} \dots \dots \dots 16,$$

tedy pravděpodobnost vyvážnutí, t. j. doplňková pravděpodobnost, je $P' = 1 - P$. Pro n střel (v našem případě $n = 0.82 N$) je pravděpodobnost vyvážnutí rovna P'^n a pravděpodobnost, lépe říkajíc jistota zásahu

$$\pi = 1 - P'^n \dots \dots \dots 17.$$

Chceme-li zasáhnout figuru se 100% jistotou, t. j. aby $\pi = 1$, musíme vypálit nekonečný počet ran, neboť pak dosazením bude $1 - P'^n = 1$ neboli $P'^n = 0$ a logaritmováním $n \log P' = \log 0$, odtud:

$$n = \frac{\infty}{\log P'} = \infty \dots \dots \dots 18.$$

To říká ovšem nejčistší theorie. Ve skutečnosti je jisté, že bychom dosáhli 100% zásahů s konečným počtem ran, a tato jistota, daná praxí, bude tím větší, čím bude větší P a čím bude menší π . V praxi tedy můžeme přejít z pravděpodobnosti složené na pravděpodobnost úhrnnou, takže můžeme i připustit, že dostaneme účinnost $\pi > 1$, t. j. větší než

100%. Prává praktická hodnota bude vždy mezi hodnotou vypočtenou s použitím pravděpodobnosti složené a hodnotou vypočtenou s použitím pravděpodobnosti úhrnné.

Řešení mjr. dr. Dänikera by se mohlo velmi dobře aplikovat na německý způsob střelby s prohlubováním rozsevu, kdy dopady střel jsou rozloženy po celé ploše téměř stejnoměrně. Pěkný příklad tohoto rozmístění zásahů najdeme v německém předpise H. Dv. 73. Pro náš a francouzský způsob střelby (bez prohlubování rozsevu) může dát výsledky poněkud méně přesné. Tato přesnost bude menší zejména pro dálky menší než 1000 m; pro dálky, pro něž je vrchol dráhy nižší než výška běžící figury, t. j. pro dálky asi 600 m vzorec 14 nevyhovuje vůbec, zato pro dálky větší než 1000 m lze ho velmi dobře užít.

K zajímavým výsledkům dojdeme, když ve vzorci 14 vyjádříme počet ran hloubkou postřelované plochy podle této úvahy:

$$N = \frac{4 \dot{u}_d}{R} K_p \dots\dots\dots 19,$$

kde R je rychlost pohybu běžící figury, pro kterou můžeme v praxi přijmout 3 m/sek, a K_p je praktická rychlost střelby, která je asi 6 ran za vteřinu. Pak dosazením dostaneme, že

$$N = 8 \dot{u}_d.$$

Hledejme nyní šířku $\bar{s}$ pomocí vzorce 14, v němž jsme ji učinili neznámou, a to pro účinnost $\pi = 0.5 = 50\%$ při ploše figury 0.47 m^2 . Dostaneme velmi jednoduchý a praktický vzorec:

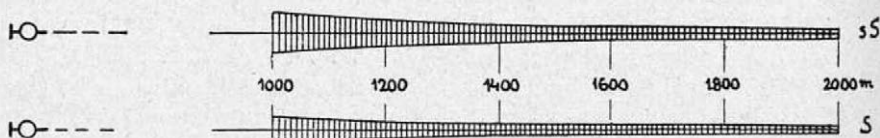
$$\bar{s} = \frac{1.54}{\text{tg } \omega} = 1.54 \cotg \omega = \frac{1540}{\omega_{\text{de}}} \dots\dots\dots 20.$$

Podle tohoto vzorce lze zcela dobře v praxi počítat pro dálky větší než 1000 m. Vypočetl jsem zde hodnoty $\bar{s}$ pro německý kulomet Maxim, střela sS:

dálka v hektometrech	10	12	14	16	18	20
$\bar{s}$ v metrech	70	45	31	23	17	13

Šířka vypočtená pro dálku 2000 m $\bar{s}$ už však neodpovídá, neboť pro ni je $8 \dot{u}_s = 17.7 \text{ m}$, tedy více než je vypočtená šířka $\bar{s}$.

Pro větší názornost jsem vykreslil tento velmi poučný průběh šířky úseku pro 50% účinnost v závislosti na dálce a současně pro srovnání průběh téže závislosti pro lehčí střelu S (obr. 4). Vidíme převahu těžké střely nad lehkou.



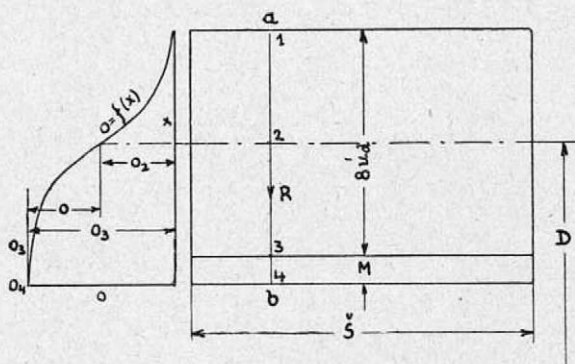
Obr. 4.

6. Nyní uvedu svůj návrh na theoretické řešení otázky účinnosti přehradné palby. Tento návrh vznikl zcela nezávisle na teoriích, o nichž zde píš, a to dříve, než mně byly dostupné prameny, z nichž jsem je poznal.

V mém řešení jsem se snažil co nejvíce přiblížit skutečnosti jednak tím, že je využito celé hloubky ohroženého, resp. postřelovaného pásma,

t. j. hloubky $8 u_d + M$, kde M je metný prostor za figurou $1'45$ m vysokou, dále tím, že je počítáno s proměnnou pravděpodobností zásahu během přískoku. Řešení pamatuje na to, aby bylo lze kombinovat přískoky libovolně, t. j. snaží se diferencovat postup figury v palbě na přískoky a zastávky. Konečně při použití graficko-početního způsobu určení procent ohrožení lze počítat s libovolným obrysem figury nebo terče.

Princip metody (obr. 5): Figura se pohybuje na dráze ab rychlostí R ; dráha je postřelována, neboť leží v postřelovaném pásmu širokém δ , v němž rozsévá jeden kulomet, zastrílený na dálku D .



Obr. 5.

Určíme nejdříve pravděpodobnost zásahu figury během jejího postupu. Figura vkročí v bodě 1 do postřelovaného pásma. V bodě 2 ušla dráhu 1—2 a pravděpodobnost, že byla ohrožena na této dráze, je O_2 . Vyneseme si ji jako pořadnici v souřadném systému, který je kreslen na obr. 5 vlevo. Podobně zjistíme pravděpodobnost ohrožení v bodě 3 a 4 a příslušné body spojíme křivkou $O = f(x)$. Pomocí této křivky můžeme nyní snadno vypočítat procento zásahů pro libovolnou část postupu figury v postřelovaném pásmu. Na př. chceme vědět, kolik procent zásahů připadá na figuru během jejího postupu na dráze 2—3. Z křivky $O = f(x)$ čteme pravděpodobnost v bodě 2 $= O_2$ a v bodě 3 $= O_3$. Rozdíl $O = O_3 - O_2$ udává pak pravděpodobnost ohrožení na dráze 2—3. Délku dráhy 2—3 známe, buď na př. d ; figura se pohybuje rychlostí R , takže je postřelována dobu

$$t = \frac{d}{R} \dots \dots \dots 21.$$

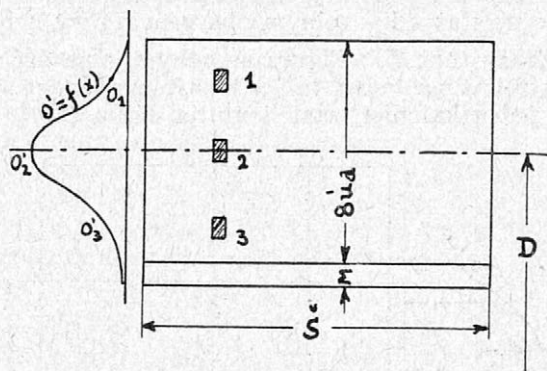
Za tuto dobu vypálil kulomet $N = t \cdot K_p$ ran, kde K_p je praktická rychlost střelby. Potom při aplikaci úhrnné pravděpodobnosti (jsme si vědomi, že to není theoreticky zcela správné, v praxi se jí však spokojujeme), je pravděpodobnost zásahu figury

$$\pi = N \cdot O \dots \dots \dots 22.$$

Tak můžeme najít pravděpodobnost zásahu pro libovolnou délku postupu figury.

Poněkud jinak se mají poměry u figur ležících. Zde vystavuje figura svou plochu po celou dobu t , po níž leží v postřelovaném prostoru (obr. 6). Je třeba ovšem počítat s figurou trojrozměrnou, zejména pro

větší dálky D , kdy střely dopadají pod velkými úhly doletu ω . Pravděpodobnost zásahu bude jiná, bude-li figura ležet v místě 1 než v místě 2 atd. atd. Vypočteme proto pravděpodobnosti ohrožení pro různé polohy $O'_1, O'_2, \dots, O'_n$ a vyneseme v souřadném systému jako křivku $O' = f(x)$,



Obr. 6.

z níž pak můžeme číst pravděpodobnost zásahu figury pro libovolné místo postřelované plochy. Zůstala-li figura ležet v místě x po dobu t sek., bude pravděpodobnost jejího zásahu

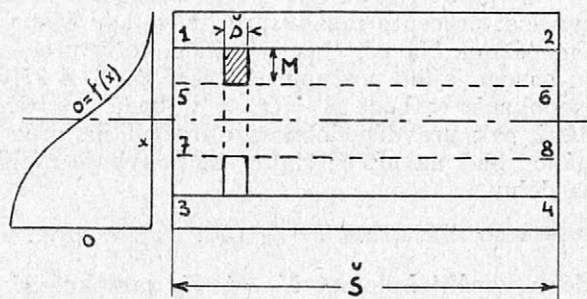
$$\pi = O'_x \cdot t \cdot K_p \dots \dots \dots 23.$$

Z pravděpodobností vypočtených vzorci 22 a 23 můžeme kombinovat libovolné druhy přískoků a přiblížit se co nejvíce skutečnosti.

Jak vypočteme pravděpodobnost ohrožení O ?

I. Figura běžící.

a) Methoda čistě početní (obr. 7).



Obr. 7.

Zredukujeme plochu figury na rovnoběžník o šířce $\bar{s}$ a o výšce $M = h \cdot \cotg \omega$, kde h je výška skutečné figury. S použitím udavatelů pravděpodobnosti vypočteme nejprve pravděpodobnost ohrožení pásu $1234 = O'$ a pak pravděpodobnost ohrožení pásu $5678 = O''$. Potom pravděpodobnost ohrožení pásu $1256 = O'''$ dostaneme z rovnice:

$$O''' = \frac{O' - O''}{2} \dots \dots \dots 24.$$

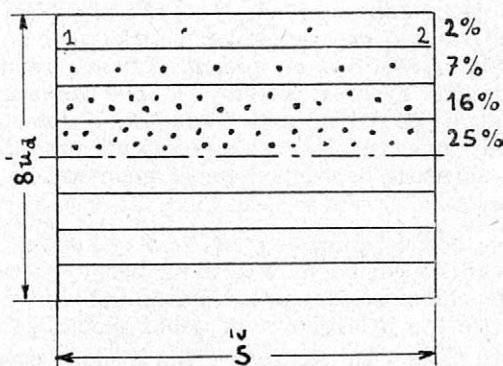
Hledaná pravděpodobnost ohrožení plošky $\bar{s}$. M je pak dána vzorcem:

$$O_1 = O''' \frac{\bar{s}}{s} \dots \dots \dots 25,$$

ježto kulomet rozšívá do stran stejnoměrně. Vzorec 25 platí tím přesněji, čím je větší $\bar{s}$ a menší stranový rozptyl neboli čím je větší poměr $\bar{s} : 8 \bar{u}_d$. Vypočtenou pravděpodobnost ohrožení O_1 nanese jako pořadnici v souřadném systému os x, o (viz obr. 7) vlevo. Tak vypočteme bod za bodem celou křivku $O = f(x)$.

b) Metoda kombinovaná.

Při metodě a) jsme nahradili nepravidelný obrys figury pravidelným geometrickým obrazem. V praxi to postačí zejména pro větší dálky; kde by však šlo o přesnější výpočet, v němž musí být respektovány i obrysy figury, můžeme použít metody kombinované (obráz. 8).



Obr. 8.

Nakreslíme pás o šířce $8 \bar{u}_d$ a rozdělíme jej na př. na 16 pásů, v nichž budou dopady rozděleny na 2krát 1, 2, 5, 4, 5, 7, 9, 12, 13% (nebo 8 pásů s počtem zásahů jako na obr. 8) a podle tohoto rozdělení zakreslíme do pásů na př. celkem 200 dopadů (čím více, tím lépe), při čemž délka pásu je libovolně zvolena a je rovna $\bar{s}$. Potom nakreslíme na kousek průsvítky řadu figur o výšce M a přiložíme ji spodním okrajem k dělicí přímce 1—2. Sečteme počet zasažených figur = q . Je-li Q počet všech figur v řadě o délce $\bar{s}$, je pravděpodobnost ohrožení dána poměrem

$$O'_1 = \frac{q}{Q \cdot c} \dots \dots \dots 26,$$

kde c je počet stovek zakreslených dopadů, na př. 2. Poté posuneme průsvítku s figurami o malou část, na př. o pětinu figury vlevo nebo vpravo, a provedeme opět výpočet pravděpodobnosti ohrožení O'_2 . Tak to opakujeme několikrát (n -krát) a pak vypočteme aritmetický průměr z vypočtených pravděpodobností ohrožení:

$$O = \frac{O'_1 + O'_2 + \dots + O'_n}{n} \dots \dots \dots 27.$$

Stejně provedeme výpočet v ostatních pásích a získané výsledky nanese do souřadného systému O, x , a to tak, že pravděpodobnost bodu předcházejícího připočteme vždy k pravděpodobnosti bodu následujícího. Dostaneme tak křivku $O = f(x)$ podobně jako u metody a).

Výpočet tímto způsobem je velmi pracný, ale přibližuje se co nejvíce skutečnosti.

II. Figury ležící.

Výpočet lze provést zcela obdobně jako u figury běžící buď methodou čistě početní nebo methodou kombinovanou. Jediný rozdíl (kromě obrysu figur) je v tom, že při kreslení křivky $O' = f(x)$ nanášíme ne úhrnnou pravděpodobnost ohrožení, nýbrž pravděpodobnost, vypočtenou pro každou hloubku figury v postřelovaném pásmu, takže křivka má tvar kreslený na obr. 6 vlevo.

Příklad:

Německý kulomet Maxim postřeluje na dálku 2000 m střelou sS figuru, která provádí v úplné rovině přískoky tak, že vždy asi 6 vteřin běží rychlostí 3 m/sek. a 45 vteřin leží jako nekryté ležící figura. Data potřebná k výpočtu jsou: $8 u_d = 147$ m, $M = 12.5$ m, výška běžící figury = 1.45 m, plocha $f = 0.47$ m², redukováná šířka 0.32 m. Výška nekryté ležící figury = 0.54, šířka 0.55 m, plocha 0.19 m², redukováná šířka = 0.35 m. Theoretická rychlost střelby je 600 ran/min., ale počítejme s praktickou rychlostí poloviční, t. j. 5 ran/sek. Kulomet rozsévá v šířce 30 m (zvoleno). Při výpočtu účinnosti aplikujeme pravděpodobnost úhrnnou, při výpočtu ohrožení pravděpodobnost geometrickou.

1. Figura běžící.

Balistický stín běžící figury je $0.32 \cdot 12.5 = 4.00$ m². Rozdělíme celou hloubku postřelovaného pásma na $8 u_d$ a na pásmo metného prostoru M a počítáme pravděpodobnost zásahu pro každé úchylkové pásmo, které je hluboké $147 : 8 = 18.4$ m a široké 30 m, jehož plocha je tedy 552 m².

Protože poměr plochy balistického stínu k ploše postřelovaného pásma je velmi malý, můžeme zcela dobře užít k výpočtu pravděpodobnosti ohrožení pravděpodobnosti geometrické, aniž tím mnoho utrpí přesnost výpočtu. Tato geometrická pravděpodobnost ohrožení v úchylkovém pásmu je

$$O = 4 : 552 = 0.00725.$$

Figura probíhá úchylkové pásmo hluboké 18.4 m rychlostí 3 m/sek. celkem $18.4 : 3 = 6.12$ sek.; za tuto dobu vypálí kulomet $6.12 \cdot 5 = 30.6$ ran.

V nejvzdálenějším pásmu padne do něho 2% střel neboli počet očekávaných dopadů v tomto pásmu bude $0.306 \cdot 2 = 0.612$ a pravděpodobnost zásahu $p_1 = 0.00725 \cdot 0.612 = 0.00444$. Zcela obdobně vypočteme pravděpodobnosti zásahu pro ostatní úchylková pásma a dostaneme:

$$p_2 = 0.01553,$$

$$p_3 = 0.03555,$$

$$p_4 = 0.05550.$$

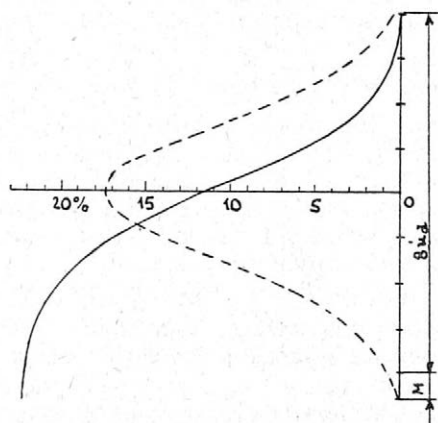
Pro další úchylková pásma platí symetrie a pro pásmo poslední o hloubce $M = 12.5$ m přijmeme p_9 v poloviční hodnotě p_1 , t. j. 0.00222.

Abychom mohli sestavit křivku $p = f(x)$, vypočteme součet pravděpodobností zásahu na konci každého pásma, takže dostaneme tyto hodnoty:

úchylkové pásmo	I	II	III	IV	V
pravděpodobnost p	0.00444	0.01997	0.05552	0.11702	0.16652
úchylkové pásmo	VI	VII	VIII	IX	
pravděpodobnost p	0.20207	0.21760	0.22204	0.22426	

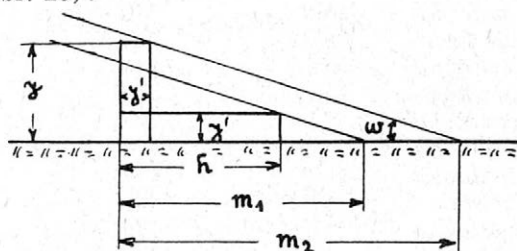
Na obr. 9 je tato křivka vykreslena plně.

2. Figura ležící.



Obr. 9.

Abychom správně určili balistický stín ležící figury, je třeba učinit malou úvahu (obr. 10):



Obr. 10.

Ležící figura o tloušťce y' vrhá balistický stín

$$m_1 = h + \frac{y'}{\operatorname{tg} \omega} \dots \dots \dots 28,$$

který může být větší nebo menší než balistický stín

$$m_2 = \frac{y}{\operatorname{tg} \omega} \dots \dots \dots 29.$$

Pak přijmeme pro výpočet za správnou hodnotu stínu tu, která je větší. Je-li tloušťka figury 0'3 m, je v našem případě

$$m_2 = \frac{0'54}{0'114} = 4'75 \text{ m} \text{ (zanedbáváme } y' \text{ vzhledem k } m_2),$$

$$m_1 = 1'45 + 2'63 = 4'08 \text{ m}.$$

Přijmeme tedy hodnotu 4'75 m při redukované šířce 0'35 m. Pak bude pravděpodobnost ohrožení figury v úchylkovém pásmu:

$$O' = \frac{0'35 \cdot 4'75}{552} = 0'003.$$

Abychom vypočetli pravděpodobnost zásahu v každém úchylkovém pásmu, násobíme pravděpodobnost ohrožení počtem dopadů, které za dobu zastávky figury do něho dopadly. Za předpokladu, že figura leží vždy 45 vteřin, můžeme sestavit křivku $p' = f(x)$ a dostaneme:

úchylkové pásmo	I	II	III	IV
pravděpodobnost p'	0'01350	0'04730	0'10800	0'16880

V druhé polovině dálkového rozptylu je křivka symetrická (obr. 9 tečkovaně).

A nyní, majíce všechny potřebné hodnoty, můžeme učinit syntézu celého pohybu figury v postřelovaném pásmu. Pro jednoduchost budeme počítat s tím, že figura začne s 1. přískokem na vzdálenější hranici rozptylu a poběží vždy celé úchylkové pásmo, t. j. 18'4 m, potom zalehne a tato mechanika se bude opakovat v celé hloubce 8 $u_1 + M$.

Součet pravděpodobností zásahu čtených z křivek obr. 9, spotřeba střeliva a přehled doby na koncích jednotlivých úchylkových pásem jsou pak tyto:

	Uplynulá doba sek.	Pravděpodobnost p %	Počet střel
I. přískok	6'12	0'44	30'6
zastávka	45'0	2'80	225'0
II. přískok	6'12	1'55	30'6
zastávka	45'0	7'00	225'0
III. přískok	6'12	3'55	30'6
zastávka	45'0	14'60	225'0
IV. přískok	6'12	5'55	30'6
zastávka	45'0	17'50	225'0
V. přískok	6'12	5'55	30'6
zastávka	45'0	14'60	225'0
VI. přískok	6'12	3'55	30'6
zastávka	45'0	7'00	225'0
VII. přískok	6'12	1'55	30'6
zastávka	45'0	2'80	225'0
VIII. přískok	6'12	0'44	30'6
zastávka	45'0	0'20	225'0
IX. přískok	4'16	0'20	20'8
součet	413'12	88'88	2065'6

Ač náš příklad je více méně školní a má tedy cenu jen relativní, jsou čísla, která jsme jeho řešením dostali, neobyčejně poučná. Podívejme se na specifické procento střel (t. j. připadající na 1% zásahů) za přískoku a za odpočinku. Dostaneme tuto zajímavou tabulku:

úchylkové pásmo:	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
počet ran na 1% zásahů pro:								
přískok	69'5	19'7	8'6	5'5	5'5	8'6	19'7	69'5
zastávku	80'5	32'2	15'4	12'8	12'8	15'4	32'2	80'5

Z této tabulky je na první pohled vidět, že účinnost přehradné palby ve středních čtyřech úchylkových pásmech je 4krát až 10krát větší než v ostatních úchylkových pásmech. Je z ní rovněž vidět, že účinnost palby na běžící figury je průměrně dvakrát tak velká jako na figury ležící.

Je zřejmé, že je ekonomické střílet jen na pásmo o hloubce středních čtyř úchylek dálkových. Bereme-li v úvahu jen figuru stále běžící (bez odpočinků) hloubkou $4 \text{ } \dot{u}_d$ a na této dráze postřelovanou, dostáváme v našem příkladě účinnost $18'20\%$ (totéž dostaneme i podle řešení mjr. dr. Dänikera vzorcem 14 při počtu vypálených ran 122). Jestliže necháme probíhat figuru hloubkou $8 \text{ } \dot{u}_d$ a postřelujeme jí celou dráhu, bude účinnost $22'38\%$, ale počet vypálených ran bude 244. Vidíme, že se účinnost zvýšila proti účinnosti pro hloubku $4 \text{ } \dot{u}_d$ o 23% , ale spotřeba střeliva o plných 100%. Podobný poměr dostaneme, započítáme-li odpočinky. Z toho musíme přijít k závěru, že je správné postřelovat postupující figury jen v hloubce středních $4 \text{ } \dot{u}_d$. Jde-li to provést takticky, na př. při opakovaných průbězích figur nebo při jejich uclenění do hloubky, je ovšem jiná otázka.

Z celé studie tohoto konkrétního příkladu bychom mohli odvodit tato pravidla pro přehradné palby kulometů na střední a velké dálky: I. Pravidla společná pro obránce i útočníka:

Účinnost přehradné palby z těžkých kulometů klesá velmi rychle s dálkou. Tato účinnost závisí silně na metném prostoru a na velikosti rozptylu.

II. Pravidla pro obránce:

Přehradná palba bez rozsevu do hloubky je nejúčinnější:

1. jestliže ji spustíme v okamžiku, když útočník lineárně rozvinutý proběhl $\frac{1}{4}$ rozptylu, a zastavíme ji, když proběhl hloubku $4 \text{ } \dot{u}_d$. Je-li možné, přeložíme ji tak, abychom ji postavili útočníku znovu do cesty. Abychom mohli palbu spustit v správném okamžiku, je třeba, abychom byli přesně zastříleni nebo aspoň měli pečlivě vyloučeny vlivy (provedení úplnou přípravu střelby) a proměřeny dálky;

2. jestliže se snažíme postřelovat jen figury běžící;

3. jestliže kulometry umístíme tak, aby úhly nárazu byly co nejmenší.

III. Pravidla pro útočníka:

1. Snažíme se vždy členit do hloubky větší než $4 \text{ } \dot{u}_d$, abychom nutili obránce dlouho střílet a znemožnili mu překládání jádra svazku střel.

2. První a poslední dvě dálkové úchyly (snažme se je přibližně znát) jsou málo nebezpečné. V prvních dvou si proto řádně oddychneme, abychom střední čtyři mohli proběhnout jedním přískokem, anebo od úkrytu k úkrytu maximální rychlostí; přískoky musí být nepravidelné, abychom neukazovali v lineárním rozvinutí na jedinou běžící figuru. V posledních 2 dálkových úchylnách zalehneme a zahájíme energickou a dobře mířenou palbu, ježto nebezpečí pro nás je malé.

3. Účinnost přehradné palby se rychle zmenšuje se vzrůstajícími úhly nárazu.

Závěr.

Na problému, který jsme právě studovali, bylo vidět, jakými otázkami se musí dnes zabývat kulometníci a vlastně velitelé vůbec. Vojna se stává vědecktější, a kdo v ní dovede lépe uplatnit exaktní vědy, je ve výhodě. A proto jsou zcela případná slova, která uvádí francouzská instrukce o dalekých střelbách z 9/III 1932:

„le véritable tireur devient le chef qui commande la ou les sections; ainsi dans les unités de mitrailleuses le rôle des officiers et des sous-officiers (chef de section) s'amplifie. Il n'est plus seulement tactique; il prend un caractère technique beaucoup plus accusé. Leur instruction est donc à développer dans ce sens.“

Podplukovník gšt. Frant. P o h u n e k:

Organisace pěších jednotek ve světle francouzských názorů.

V srpnovém čísle „Revue d'Infanterie“ z r. 1935 uveřejnil generál Barrard významný článek „Ůvahy o našem (franc.) Cvičebním řádu pro pěchotu; pěší družstvo a četa“. Dubnové číslo téže revue z letošního roku přináší osm krátkých článků na totéž téma, v nichž různí autoři jednak polemizují s gen. Barrardem, jednak dávají nové podněty k reorganizaci základních malých jednotek pěchoty. Považujeme tuto diskusi za zajímavou i pro nás, neboť osvětlí i ustanovení našeho nového předpisu P-I-2.

Zavedení spolehlivé a výkonné samočinné zbraně (t. j. nového franc. lehkého kulometu F. M. 24) mělo za následek, že se tato zbraň stala téměř jediným palebným prostředkem pěchoty a že se drobná taktika soustředila kolem ní. Vyplynula z toho organisace čety o 3 družstvech, v kterých základním prvkem byl střelecký roj.*) Byl to důsledek logický s hlediska theorie palby, členění a pohybu. Byl též jednoduchým řešením problému velení čety (trojný systém, zavedený důsledně za války), přenášel však celou tíhu velení na velitele družstva. V tomto smyslu byl od r. 1919 prováděn výcvik důstojníků a poddůstojníků aktivních i záložních.

Gen. Barrard se přiznává, že se tento výcvik nepovedl z mnohých příčin (zkracování presenční služby, nejasnost, přeplněnost a nestravitelnost předpisů), ale přes to nelze jimi prý zcela vysvětlit fakt, že záložní velitelé, ba i velitelé aktivní dovedou jen nedostatečně zacházet s družstvem a četou v terénu. Hlavní příčinu shledává v tom, že se žádá příliš mnoho od velitelů družstev a že dosavadní pojetí úlohy velitele čety musí být revidováno na základě tvrdých skutečností bojiště a morálních potřeb boje.

Inteligence průměrného velitele družstva nestačí na to, aby strávila všechno, co se jí předkládá. Chceme-li z něho mít velitele, který by si dovedl poradit na skutečném bojišti, jsme nuceni žádat na něm při krátké presenční službě jen nejnutnější reflexy bojové. Naproti tomu však družstvo je jakožto základní buňka příliš složitá, má 3 prvky, zcela odlišných vlastností (střelce, úderníky, granátníky), které pracují společně jen v některých krajních případech boje. S hlediska pohybu je to celek těžkopádný; s hlediska použití jednotlivých prvků vyžaduje kombinování, tedy schopnost volně usuzovat a se rozhodovat, kterou má v palbě jenom rozený velitel.

Bylo by tedy lepší, kdyby tato kombinace jednotlivých základních prvků pěchoty (střelec, úderník, granátník) byla přenesena na stupeň čety, jejímž velitelem je důstojník, a ponechat poddůstojníkům odpovědnost jen za jeden prvek.

*) Vzhledem k tomu, že studie je značně retrospektivní, používá staršího pojmu „roj“, rozuměj „hlouček“.