

PĚCHOTNÍ ROZHLEDY

Redaktor: Plukovník pěch. Adolf Hálka.

PROSINEC 1937.

Major pěch. Ing. Jan Valníček:

O pancířích a protipancířových střelách.

(Dokončení.)

Pro stejnou rychlost V_r a stejnou tloušťku t závisí tedy konstanta k na poměru $p^{0.5} : a^{0.75}$. Zvětšujeme-li ráži, roste p s třetí mocninou, kdežto a jen s první mocninou zvětšení ráže; z toho plyne, že pro velké ráže je konstanta k relativně větší. Potvrzuje to též údaj plk. v. v. Ing. Wagenknechta v 13. čís. letošních Důstojnických listů údajem hodnoty $k = 2450$ pro ráži 30.5 cm. Kdybychom tuto hodnotu aplikovali pro kanon ráže 3.7 cm, mající obvyklou váhu střely kolem 850 g, dostali bychom, že na vzdálenost 1000 m, kdy tato střela má rychlost ještě $V_r = 500$ m/sek., prorazí kvalitní pancíř jen 10 mm tlustý, ač vidíme z obr. 8, že musí prorazit pancíř nejméně 30 mm tlustý. Tento příklad velmi lapidárně potvrzuje to, co jsem naznačil výše, že totiž nelze všeobecného údaje o koeficientu k užít k primárnímu výpočtu nutné nárazové energie v konečném přiblížení. Lze ho užít jen k orientačnímu výpočtu; teprve koeficient, získaný pokusem s určitou střelou a určitým pancířem, dovolí postulovat z jedné tloušťky t na druhou při stejné střele a v malých mezích změny t . K takovému výpočtu můžeme v praxi užít vzorce, získaného diferencováním rovnice 6 podle t . Dostaneme:

$$dV_r = 0.7 k \frac{a^{0.75}}{p^{0.5} t^{0.3}} dt \dots\dots\dots 8,$$

kde diferencálům přisuzujeme v prvním přiblížení hodnotu skutečných změn.

A ještě jeden poznatek lze získat z faktu, že konstanta k pro velké ráže je větší než pro ráže menší. Umocníme rovnici 6. Dostaneme

$$V_r^2 = k^2 \frac{a^{1.5}}{p} t^{1.4}$$

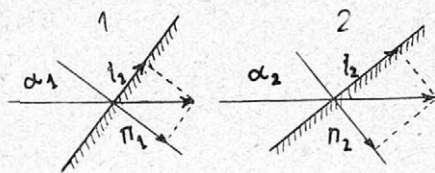
a odtud hledejme t

$$t^{1.4} = \frac{p V_r^2}{a^{1.5}} \cdot \frac{1}{k^2} \dots\dots\dots 9.$$

Analysujíc tento vzorec, vidíme, že tloušťka pancíře, kterou střela prorazí, bude tím větší, čím bude větší váha střely a její rychlost a čím bude menší ráže a . Jinými slovy: Bude-li dána váha střely p a její rychlost V_r , prorazí tato střela tím tlustší pancíř, čím bude její ráže menší. Tento nesmírně důležitý poznatek si dobře uvědomme, neboť v něm je náznak možného řešení obrany palebných sledů pěchoty proti pancířům zbraní malé ráže. Povíme si o něm v druhé části tohoto pojednání.

Zbývá pojednat o střelách dopadajících na pancíř pod ostrým úhlem nárazu, neboť všechno to, o čem jsme dosud uvažovali, platilo pro poměry, kdy střela dopadne ve směru normály k ploše pancíře. Svírá-li dráha

střely v bodě nárazu s touto normálou úhel α , je její průbojnost tím menší, čím je α větší. Na obr. 11 jsou nakresleny 2 případy: případ 1, kde střela, dopadá pod úhlem sklonu α_1 a případ 2 s úhlem α_2 .



Obr. 11.

Konečnou rychlost si rozložíme na dvě složky: normální n a tangenciální t . V obou případech je normální složka rychlosti stejná $n_1 = n_2$. Přes to se může stát, že střela 1 vnikne do pancíře, kdežto střela 2 nikoliv, a to proto, že nerozhoduje velikost normální složky rychlosti, ale její poměr k složce tangenciální. Ježto je tento poměr v případě 2 nepříznivější, střela se smekne. Jinak rozhoduje ještě poměr prostředí, v němž se střela pohybovala před nárazem a po něm. Pro střely dopadající na pancíř ze vzduchu musí být úhel sklonu α menší než 30° , ježto jinak nastává nepříznivý poměr mezi složkou tangenciální a normální. Příznivý vliv Makarovovy čepičky můžeme vidět též v tom, že se dopadající střela vlastně pohybuje ne ve vzduchu, nýbrž v prostředí daném materiálem čepičky.

V prvním přiblížení lze říci, že průbojnost klesá se čtvercem kosinu úhlu sklonu. Cranz uvádí v svém klasickém díle „Lehrbuch der Ballistik“ vzorec:

$$t' = t \left(\cos \frac{3}{2} \alpha \right)^{1.43} \dots \dots \dots 10,$$

kde t je tloušťka proraženého pancíře při úhlu sklonu $\alpha = 0$. Vypočetl jsem tabulku, která je velmi poučná pro postřel pancířů pod různými úhly sklonu α . Je-li t tloušťka proraženého pancíře limitní rychlostí t při úhlu $\alpha = 0$ rovna jedné, je pro ostatní úhly:

Tabulka 2

úhel	$\alpha = 0$	5	10	20	30	40	50	60	stupňů
tloušťka t'	1	0'98	0'96	0'81	0'61	0'37	0'15	0	

Studium průraznosti pancířů při různých úhlech sklonu α může vést k zajímavému a poučnému řešení blindáží proti pěchotním střelám. Úhel sklonu blindáže má být tak zvolen, aby normální složka nárazové rychlosti střely byla tak velká, aby se sice střela rozplácla a ne odrazila, ale zase tak malá, aby pancíř nebyl porušen několika zásahy, řízenými na jedno místo.

Než ukončíme první část našeho pojednání, považujeme za vhodné upozornit na nesnadnost počtářského řešení rovnice 6. Toto řešení vyžaduje velmi dobrých znalostí počítání s logaritmy. Pro ty čtenáře, jimž by výpočet činil potíže, sestavil jsem nomogram (viz přílohu 1), který umožňuje pohodlné čtení kterékoli neznámé z ostatních čtyř známých. Tento nomogram vyjadřuje rovnici 6 ve vztahu:

$$p^{0.5} V_r = k a^{0.75} t^{0.7},$$

transformovanou do logaritmické anamorfozy, tedy závislost:

$$0.5 \log p + \log V_r = \log k + 0.75 \log a + 0.7 \log t.$$

Pro ty pak, kdož dávají přednost počítání číselnému, sestavil jsem tabulku exponenciálních hodnot, v níž lze interpolací nalézt všechny běžné hodnoty p , a , t , takže při řešení rovnice 6 není třeba užívat logaritmů. Hodnoty jsou v tabulce 3.

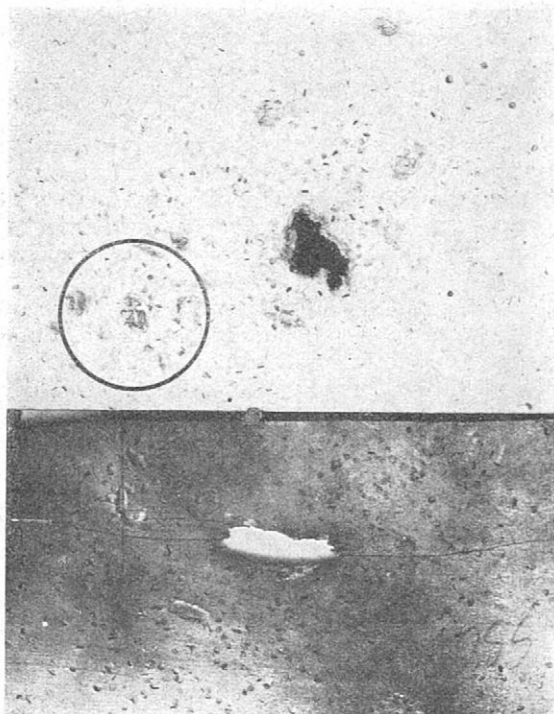
A nyní se budeme snažit využít toho, co jsme dosud uvedli, k posouzení možnosti aktivní obrany pěchoty proti pancířovým vozidlům.

Víme, že dnešní pancíře, s nimiž se setká pěchota na bojišti, mají tloušťku nejvýše do 30 mm. Proti nim disponuje pěchota na stupni praporu protitankovými děly nejmenší ráže 37 mm o váze střely asi 0,8 kg a počáteční rychlosti 600 až 700 m/sek. Z grafikonu obr. 9 čteme, že střela tohoto děla prorazí pancíř 30 mm tlustý do dále asi 600 m. Takové dělo však váží nejméně 250 kg, a nemůže tedy být vždy zbraní palebného sledu. Víme však, že tanky vyhledávají překvapení stůj co stůj. Proto pěchota musí mít zbraň, již se bude bránit její palebný sled v každém případě. Bude to musit být zbraň o váze do 15 kg — připustíme nejvýše 20 kg — aby ji unesl jediný muž. To je základní podmínka. Tato zbraň bude ovšem působit na nejmenší dálky, snad nejvýše do 300 m, neboť tato mez dovoli udržet náležitou průbojnost pro zbraň limitní váhy výše uvedené.

Ze vzorce 5 vidíme, že — abychom dosáhli co největší průbojnosti střely — musíme zvýšit kinetickou energii střely, a to buď zvýšením váhy nebo rychlosti. Zvyšování rychlosti je výhodnější, ježto kinetické energie přibývá s dvojnásobkem rychlosti, t. j. střela dvakrát rychlejší bude mít čtyřikrát více kinetické energie. Zároveň si všimněme, že při stejné jinak váze střely prorazí tato střela silnější pancíř, bude-li její ráže menší. A tu jsme u věci, o níž je třeba učinit podrobnější zmínku.

Starí dělostřelci byli vždy přesvědčeni o tom a tvrdili, že střela může prorazit pancíř nejvýše tak tlustý, jakou má ráži. Toto pravidlo má svůj původ pravděpodobně v technologických poznatcích při zpracování kovů, kde platívalo pravidlo, že lze lisovat otvor v materiálu nejvýše tak tlustém, jaký je průměr otvoru, a lze je i početně dokázat pro staré nástrojové ocele. Ale věc má jeden háček. Důkaz lze provést jen pro poměry čistě statické, resp. pro malé rychlosti průboje nebo střely. Dokazují to touto zkušeností: Při bojích, které jsme sváděli o mosty, byla velmi často mostní příhradová konstrukce o tloušťce 10 i 12 mm provrtána obyčejnými střelami z pušek a kulometů. Průstřel byl pěkně hladký při ráži 7,62 mm a váze střely 10 g a počáteční rychlosti kolem 800 m/sek. Průstřely byly tak dokonalé, že mně to uvedlo dokonce na myšlenku připravit kulomet Lewis k přefezání mostních nosníků střelbou pro případ, že bychom musili ustupovat, ježto nebylo trhavin k ničení objektů. Tento zjev je potvrzen i v knížce Filatovové: *Kratkije svěděníja ob osnovanijach strelby iz ružej i pulemetov*, Moskva 1930, na str. 184, kde je napsáno, že obyčejná střela armádní pušky prorazí z 50 m dálky železnou desku do 12 mm tloušťky. Je samozřejmé, že kdybychom vzali 7,62 mm olověnou plášťovou střelu a snažili se jí prolisovat v dílenském lisu otvor v železnou desku 12 mm tlusté, nikdy by se to nepodařilo — střela by se rozmáčkla. Z toho plyne, že rychlost střely má z podstatných vlivů. V příkladech mnou uvedeném šlo ovšem o desky z železa, resp. z měkké oceli příhradových nosníků a nikoliv o kvalitní pancíř. Vím však z výsledku jednoho pokusu, kdy průstřel pancíře nebyl vlastním účelem, že byl náhodou prostřelen kvalitní pancíř 17 mm tlustý v dálce několika metrů před ústím francouzskou měděnou střelou ráže 8 mm, vystřelenou s rychlostí 1100 m/sek. Považuji tedy oba důkazy za tak přesvědčující, že neobstojí už

tvrzení, že střela neprorazí tlustší pancíř, než je její ráže. Proč tedy podobné tvrzení tak dlouho existovalo? Domnívám se, že klíč k správné odpovědi leží právě v první části pravé strany rovnice 8 a že tyto zjevy nastávají jen při malých rážích a vysokých rychlostech a počínají u určité prahové hodnoty poměru $V_r^2 : a^{1.5}$. Není-li jí dosaženo, platí



Obr. 12 a).

Přední strana.

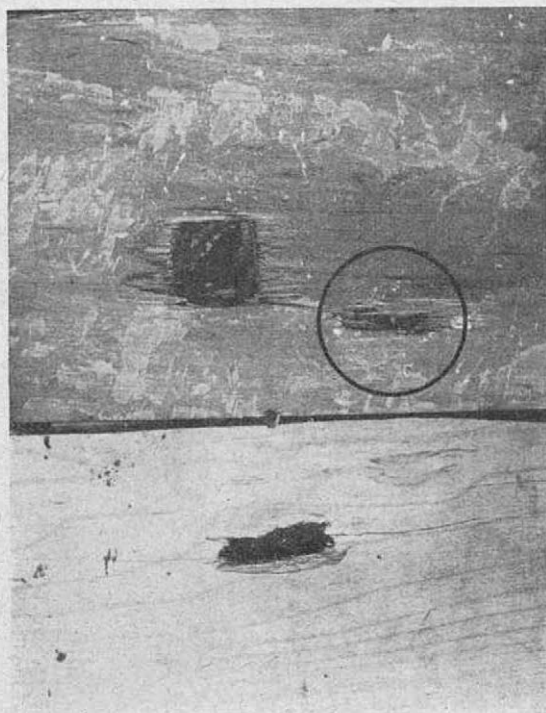
Nahore: dubová překližka 8 mm tlustá, prostřelena z Manlicherovy pušky na dálku 3 m stearinovou střelou. V kroužku je průraz, způsobený zlomkem stearinu vážícím několik desetin gramu. Četné tečky jsou důlky od nespálených zrneček prachu, hluboké asi 0.2 mm. — Dole: totéž s prkénkem z lipového dřeva.

Měřítko 1:1.

stará dělostřelecká zásada o poměru ráže a tloušťky pancíře; dosažení této prahové hodnoty je pak nesnadné pro ráži větší než 8 mm; jinak by tento zjev byl zjištěn též u nich, a to tím dříve, že zkoušky průbojnosti malých ráží jsou mnohem mladšího data než zkoušky ráží větších. Ostatně nelze tvrdit, že by tento zjev byl zcela neznám; najdeme o něm zmínku, třebaže jaksí nesmělou, v různých pramenech.

Každého ze čtenářů jistě napadla při poukaze na průstřel železných a ocelových pancířů měkkými střelami otázka: Proč se tedy má užívat průbojných legovaných a drahých střel, když postačí obyčejná měkká plášťová střela? Odpověď je zase v poukaze na vliv rychlosti střely. Je jisté, že vystřelíme-li měděnou střelu proti pancíři z kvalitní oceli, tlou-

stému 10 mm, rychlostí 800 m/sek., že mu vůbec neublíží; proto užíváme střely průbojné, která jej může prorazit. Víme-li však, že s rychlostí 1100 m/sek. jsme prorazili pancíř 17 mm tlustý měděnou střelou, je jisté, že by táž střela se stejnou rychlostí probila pancíř 10 mm tlustý. Poměrně lehká střela z mědi má špatný balistický koeficient, a proto rychle ztrácí



Obr. 12 b).

Zadní strana.

svou rychlost; i kdyby na průraz s rychlostí 1100 m/sek. stačila, nepostačí s rychlostí menší, které nabude po ulétnutí poměrně krátké vzdálenosti, a tak je na místě používat průbojného střeliva.

Z toho všeho, co uvádím, lze tušit, že máme co činit s novými zjevy: pro určitou rychlost střely je možné, aby byla z měkkého materiálu. Jednoduché vysvětlení by mohlo být v tom, že při takové ultrarychlosti nemá střela čas deformovat se a musí tedy jít skrze pancíř. Takové vysvětlení najdeme skutečně i v tak seriosní a důkladné knize, jako je pplk. gšt. dr. Dänikera: *Schiesslehre der Infanterie in Grundzügen*, na str. 117. K potvrzení tohoto zjevu si může každý učinit tento zajímavý pokus: Vezmeme obyčejnou armádní pušku a ostrý náboj. Vyjmeme z něho střelu a nahradíme ji střelou z obyčejného vosku. Vystřelíme ji nyní proti desce z tvrdého dřeva, tlusté 1'5 cm a více. Vosková střela hladce prolétne skrz. Na obr. 12 je fotografie dubové překližky a lipového prkénka, které byly prostřeleny voskovou střelou z pušky Manlicher. Kolečkem označená část

dubové překližky byla dokonce proražena úločkem vosku, vážícím zlo-
mek gramu. (Pokus jsem vykonal soukromě předloni o dovolené; věc
není nová, píše o ní Cranz v svém klasickém díle: Lehrbuch der Ballistik.)

Budeme-li snižovat rychlost voskové střely zmenšením prachové ná-
plně nebo vystřelíme-li voskovou kuličku z praku, zjev nenastane, kulička
se rozplácne. Je to zase přímý
důkaz, že rychlost má rozhodu-
jící roli v tom, aby nastal úkaz,
kdy měkká střela prorazí tvrdý
materiál. Nemenší úloha pak
přísluší ráži; domnívám se, že
zde musí býti zase dosaženo
určité prahové hodnoty poměru
 $V_r^2 : a^{1.5}$ ve vzorci 8, aby zjev
nastal. Nejsem povolán k tomu,
abych tyto zjevy vysvětloval
nějakými složitými teoriemi,
konstatuji jen suché výsledky
pokusů; je však třeba říci, že
studium těchto zjevů by bylo
velmi záslužným a důležitým
dílem pro každého fysika.

A nyní přichází otázka:
Jak zvýšit kinetickou energii
střely, abychom zvýšili průraz-
nost ve vzorci 5?

Cesty k tomuto zvýšení
energie jsou různé. Lze tak
učinít zvětšením ráže, ale to
vede rychle k dosažení limitní
váhy 20 kg, neboť váha zbraně
roste s třetí mocninou ráže. Ně-
mecko ve světové válce volilo
tuto cestu při zavedení t. zv.
„Tuffgewehru“ (název je zkrat-
ka z Tank und Fliegergewehr);
zbraň je na obr. 13. Byla to
puška, jejíž konstrukce byla
kopii Mauserovy armádní puš-
ky, jenže se nabíjely jednotli-
vé náboje. Měla ráži 13'25 mm a vážila 16 kg při celkové délce 167 cm.
Při střelbě byla podepřena zvláštní podporou. Balistická data jsou zřej-
má z tabulky 1 a průraznost pancíře z uvedené tabulky průraznosti prů-
bojného pěchotního střeliva. Kromě střely s ocelovým jádrem bylo uží-
váno též střel svítících a zápalných s 1 g—2 g fosforovou náplní, urče-
ných k zapálení par uvnitř tanku.

Německý Tuffgewehr byl konstruován v době tří měsíců ve světové
válce jako nouzová zbraň palného sledu proti tankům. Při volbě ráže
byla rozhodující váha zbraně a zpětný ráz při výstřelu, který měl být
právě jen takový, aby jej střelec ještě vydržel.



Obr. 13.

Německá protitanková puška ráže 13'25 mm.
konstruovaná narychlo ve světové válce.
Váží 16 kg a střílí průbojné střely těžké
51 g počáteční rychlostí 785 m/sek., které
prorazí na dálku 100 m pancíř tlustý 26 mm.
(Údaje o kvalitě pancíře chybí.)

Po světové válce se objevují tu a tam podobné konstrukce protitankových zbraní 1. sledu. Na př. v *Militär Wochenblattu* z 25. XI. 1932 je popsána automatická protitanková puška Oerlikon se zásobníkem na 5, 10 a 15 ran ráže 20 mm celkové váhy 33 (?) kg, při čemž se dá rozložit na 3 jednotky po 11 kg. Počáteční rychlost střely je 555 m/sek., váha střely 128 až 142 g. Střelivo je průbojné, trhací, trasovací a zápalné. Je udána tato průbojnost:

dálka v m	500	400	250	180	130,
panciř mm	15	16	18	19	20.

Ježto není uvedena kvalita pancíře, je těžké činit závěry nebo srovnání s údaji o průraznosti německého Tuffgewehru, u něhož ostatně chybí tyto údaje také.

Pokud se lze dočíst v různých zprávách, je sledována podobná zbraň v několika státech jakožto zbraň 1. sledu proti ÚV.

Z obou příkladů zbraní 1. sledu, které jsou zde popsány, je vidět, že jejich váha je co do pohyblivosti dosti velká, ačkoli váha automatické velkorážové pušky Oerlikon se zdá vzhledem k ráži ještě malá. Není proto divu, že jsou hledány cesty, jak zvýšit kinetickou energii zvýšením V_0 . Toto zvýšení se dá realizovat dvěma způsoby: zvýšením váhy náplně (nabíjecího poměru) a snížením váhy střely.

Prostým zvětšením nabíjecího poměru se dá u novějších prachů theoreticky zvýšit V_0 až na 1600 m/sek. (Viz Ottenheimer: *Balistique intérieure*, str. 183, Paris 1926.) Touž počáteční rychlost měly též střely německého děla, které postřelovalo Paříž a kde byl nabíjecí poměr — prý — 2:1, t. j. váha prachu byla dvakrát větší než váha střely. Takovýto veliký nabíjecí poměr však rychle opotřebuje hlaveň. Proto na př. střely onoho byly číslovány a průměr střel byl už přizpůsoben zvětšení nábojní komory. Po 60 ranách bylo třeba hlaveň vyměnit.

Zvětšujeme-li náplň, je třeba prodloužit hlaveň, aby náplň měla čas shořet. Ottenheimer píše (cit. knížka, str. 65), že ke zdvojnásobení V_0 je třeba zdvojnásobit váhu náplně a tloušťku prachu, ale čtyřnásobit délku hlavně. O německém děle se říká, že mělo hlaveň 18 až 36 m dlouhou. Lze to lehce pochopit. Při velké náplni by neměl v normální hlavní prach s normálními rozměry zrníček dosti času k úplnému shoření. Kdybychom pak volili drobnější prach s velkým povrchem, bylo by zase nebezpečí velikých maximálních tlaků, jichž by hlaveň nevydržela, a kromě toho by se asi zvětšil rozptyl. Připomínám zde vtipné řešení americké pistole k vyrazení nýtových otvorů do tlustých plechů, o níž mně vyprávěl jeden přítel, velmi dobrý odborník. Střely pistole byly připojeny ke dnu nábojnice tyčinkou z tažného materiálu, která měla za účel poněkud zadržet střelu dříve, než se tyčinka přetrhla, aby přírůstek objemu plynů byl stejný s přírůstkem objemu spalovacího prostoru. Tak bylo možno užít větší náplně a byla získána větší plocha pracovního diagramu a tím i větší rychlost střely. Tento princip byl jistě vhodný pro krátkou hlaveň takové „vrtací“ pistole.

Viděl jsem pokusně vyrábět „ultra“ náboje tak, že do nábojnice Mannlicherovy pušky bylo nasypáno prachu, co se tam vešlo, a pak na měkko připájkována střela. (Nedoporučuji nikomu napodobovat!) U tohoto „systému“ šlo zase o zvýšení maximálního tlaku a tím i o zvětšení plochy pracovního diagramu.

Jak se zvětší rychlosti zmenšením váhy střely? Mějme lehčí střelu váhy p , která je vystřelena počáteční rychlostí V_0 , a srovnávejme ji s těžší střelou váhy P , kterou vystřelíme počáteční rychlostí v_0 . Hledejme počáteční rychlost lehké střely za předpokladu, že výkon v ústí je stejný pro obě střely neboli že platí:

$$\frac{P v_0^2}{2g} = \frac{p V_0^2}{2g},$$

odtud

$$p V_0^2 = P v_0^2$$

a z této rovnice pak

$$V_0 = v_0 \sqrt{\frac{P}{p}} = v_0 \sqrt{n} \dots \dots \dots 10'$$

neboli počáteční rychlost lehké střely se rovná počáteční rychlosti těžké střely, násobené odmocninou z poměru vah obou střel. Má-li na př. lehká střela polovinu váhy střely těžké, tedy $n=2$, bude její rychlost

$$V_0 = v_0 \sqrt{\frac{P}{p}} = v_0 \sqrt{2} = 1.42 v_0.$$

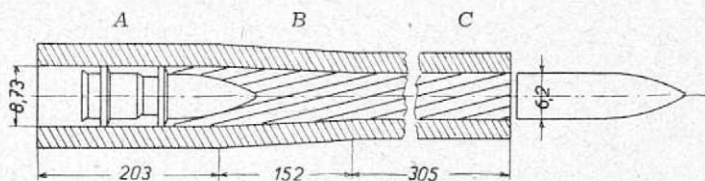
Byla-li $v_0 = 1000 \text{ m/sek.}$, bude $V_0 = 1420 \text{ m/sek.}$

Výpočet je hodně přibližný; poněkud přesnější je výpočet s pomocí t. zv. balistické podobnosti. Těchto podobností existuje velmi mnoho. Přidržíme se vzorců, které udává Heydenreich v knize „Die Lehre vom Schuss“ vzhledem k tomu, že Heydenreichovy empirie bylo u nás už užito k znázornění poměrů v pušce, a to v I. ročníku Vojenských technických zpráv čís. 5. Heydenreich udává tento vzorec pro kanony, houfnice a pušky při velké náplni:

$$V_0 = v_0 \sqrt[2.4]{\frac{P}{p}}.$$

Je tedy podle něho přírůstek rychlosti o něco menší, než jsme odvodili ve vzorci 10, a to zřejmě vlivem pasivních odporů, které jsou v jeho empirii už započteny.

Tohoto principu užil zesnulý německý inženýr Gerlich při realizaci své ultrastřely. Popis Gerlichova principu najde čtenář v Pěchotních roz-



Obr. 14.

hledech z listopadu 1933 v mém článku: „Puška s velikou počáteční rychlostí střely“.

Opakuji zde stručně princip: Puška se skládá ze tří částí: z cylindrické většího průměru A, z konické B a opět cylindrické C. Poměry průměrů a délek jednotlivých částí hlavně jsou nakresleny schematicky na obr. 14, který je kreslen podle údajů v časopise Army Ordnance březen-duben

1933. Střela je opatřena jakýmsi talířky, které se při postupu střely v hlavní sklopí, takže z původní ráže P vznikne konečná ráže p . Čtenář se maně táže, kde je změna váhy. Musíme si představit, že nábojní komora je řešena pro ráži P (náplň je pravděpodobně ještě více zvětšena, než by normálně připadlo na ráži P), již by odpovídala plná střela určité váhy. Ježto však střela ráže P není plná, mluvíme o střele lehké, která je hnána větší rychlostí, než by byla střela téže ráže, ale plná, tedy těžší. Ovšem kdyby střela ráže P tak, jak je kreslena, opustila hlaveň, bylo by to se stanoviska vnější balistiky velmi nevýhodné, ježto by měla poměrně malou váhu rozdělenou na velkou plochu, tedy malé specifické zatížení a špatný balistický koeficient, a rychle by ztratila svou rychlost. Sklopí-li se talířky tak, že střela opustí hlaveň úplně hladká, jest její balistický koeficient zcela normální jako u kterékoliv jiné střely. Je možné, že při tom sklápění talířků má tu podobný význam jako tyčinka u výše připomenuté vrtací pistole. Pěkně charakterisuje tento princip americký major Wilhelm v citovaném časopise *Army Ordnance*: Se stanoviska vnitřní balistiky je výhodné, má-li střela velký průměr a je lehká; nejlépe, kdyby měla tvar a váhu korkové zátky. Se stanoviska vnější balistiky je tomu naopak: střela by měla mít tvar pletacího drátu nebo jehly. Major Wilhelm tomu říká princip korek-jehla. A skutečně tento princip je uplatněn právě ve vynálezu Gerlichově. Podle vynálezových údajů, potvrzených německým ústavem pro zkoušení zbraní ve Wansee, bylo dosaženo se střelou těžkou 8'15 g počáteční rychlosti 1358 m/sec., s lehčími střelami 1500 m/sec. i více. Při tom nebyla prý zbraň těžší než armádní puška Mauser. Autor tvrdí, že prý v pancíři ze 40 mm tlusté speciální oceli, používaném jakožto kontaktní desky pro přístroj Boulengé k měření V_0 , pro který garantovala firma nejméně 2000 zásahů obyčejných střel, způsobila Gerlichova střela těžká 6'5 g, vystřelená s $V_0 = 1500$ m/sec. prohlubeň v průměru 25 mm a hloubce asi 12 mm.

V časopise *Army Ordnance* z ledna-února 1933 je fotografie pancířů z chromoniklové oceli tloušťky 10, 7'5 a 12 mm, za sebou umístěných se vzdálenostmi 10 cm, z nichž druhý je skloněn v úhlu 20°. Prostřeleny jsou první dva prý z dálky 60 m Gerlichovou střelou. V témž čísle je též tabulka střelby Gerlichovy střely, z níž jsem otiskl výtah v uvedené své práci.

Závěry, které bychom mohli činit v tom případě, kdyby vše bylo skutečně tak, jak popisuje Ing. Gerlich, resp. redakce časopisu *Army Ordnance*, by byly velmi zajímavé a ukázaly by cestu, již se musí brát budoucí vývoj protitankové zbraně palebného sledu. Věc však má několik sporných bodů, i když theorie a praxe nám říkají, že je zcela dobře možné dosáhnout tak velikých počátečních rychlostí i znamenitého zvýšení průbojnosti. Je totiž otázka: 1. kolik ran vydrží taková puška, 2. zda její výroba nebude příliš nákladná, 3. jaký bude úbytek rychlosti poměrně lehké střely letící velikou rychlostí.

K otázce 1 a 2 lze zaujmout stanovisko teprve po vykonání pokusů. Co se týče otázky 3, víme, že úbytek rychlosti závisí na rychlosti střely a na jejích balistickém koeficientu. Zpoždění střely je dáno výrazem:

$$R = \frac{i a^2 \Delta}{p} f(v) \dots\dots\dots 11,$$

kde R je zpoždění, i je koeficient tvaru střely, a je ráže střely, Δ je specifická váha vzduchu, p je váha střely v kg a $f(v)$ je funkce odporu vzduchu, získaná pokusem a daná tabulkami.

Ze vzorce je zřejmé, že střela udrží tím lépe svou rychlost, t. j. zpoždění R bude tím menší, čím bude poměr $a^2 : p$ menší a čím bude menší koeficient tvaru i . Tento koeficient závisí na tvaru střely, který je dnes už tak probádán, že sotva jej zlepšíme. Co se týče zmenšení poměru $a^2 : p$, šlo by to jediné prodloužením střely. Víme však, že i tu jsme omezeni určitým číslem, ježto se střela, je-li delší než 6 až 7 ráží, nesnadno stabilisuje, t. j. převrací se. Kromě toho jsme si už řekli, že se dlouhá střela může ohnout při průrazu pancíře.

K rychlému posouzení vhodnosti střely slouží t. zv. hodnota průřezového zatížení střely. Čím je toto zatížení větší, tím lépe střela podržuje svou rychlost. Vidíme to velmi názorně na tabulce 1 na př. srovnáním konečné rychlosti u střely T s průřezovým zatížením 36.8 g/cm^2 a střely S, která má průřezové zatížení 20.4 g/cm^2 ; v dále 500 m ztratila střela S 43% počáteční rychlosti, kdežto střela T jen 20%.

Jak zvětšuje úbytek rychlosti vlivem funkce rychlosti $f(v)$, snadno si představíme z toho, že do rychlosti asi 240 m/sek. roste odpor vzduchu se čtvercem rychlosti, ale pak skoro se čtvrtou mocninou, a kdybychom stupňovali rychlost střely dále, při dosažení rychlosti 5000 m/sek. a více by tvořil vzduch skoro neprostupnou stěnu. Čtenář najde vyjádření této funkce v I. díle Gebauerovy Aplikované matematiky. Funkce odporu vzduchu je tedy velmi nepříznivá řešení průraznosti pancířů zvyšováním rychlosti střel při zmenšování jejich ráže.

Abychom získali představu o číslech, propočteme konkrétní případ, týkající se střely ráže 7 mm, těžké 8.15 g, pro kterou udává ing. Gerlich tabulku střelby, kterou jsem otiskl v cit. čísle Pěchotních rozhledů. Podle této tabulky je

v dále	100	300	500	800	1000 m
konečná rychlost	1260	1115	989	822	726 m/sek.

Průraznost vypočteme podle vzorce 6:

$$t^{0.7} = \frac{p^{0.5} V_r}{k a^{0.75}}$$

Řekli jsme už dříve, že tento vzorec s konstantou k kolem 2000 platí tam, kde $a = t$; pro menší dálky však žádáme $t > a$, a proto bude třeba upravit konstantu k . Jakou hodnotu máme za tuto konstantu dosadit, vypočteme z případu, který připomínám výše, kdy střela 8 mm prorazila pancíř 17 mm tlustý při rychlosti 1100 m/sek. Odtud vypočteme $k = 2860$ a s touto konstantou vypočteme t pro dálku 100 m:

$$t^{0.7} = \frac{0.00812^{0.5} \cdot 1260}{2860 \cdot 0.07^{0.75}} = 0.292.$$

Odtud $t = 17.2 \text{ mm}$. Podobně se stejnou konstantou k bychom vypočetli pro dálku 300 m průraznost na 14.4 mm .

Z tohoto příkladu lze usuzovat, že by podobná ruční zbraň mohla s dobrou nadějí na úspěch postřelovat bočné pancíře tanku, které dosahují jen u málo modelů tloušťky 15 mm. Jestliže by zbraň při tom nevážila více, než jsme si vytkli v podmínkách na začátku pojednání, byl by to docela dobrý úspěch a palebným sledům pěchoty by se značně ulehčilo.

Je nasnadě, že by se podobná zbraň s ultrarychlou střelou dobře uplatnila i při střelbě proti letadlům.

Tabulka 1.

Dálka <i>m</i>	Konečná rychlost <i>V_r</i>				Kinetická energie <i>kgm</i>				Úhel výstřelu				Úhel doletu <i>dc</i>				Doba letu vteřin				
	<i>S</i>	<i>sS</i>	<i>SmK</i>	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>sS</i>	<i>SmK</i>	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>sS</i>	<i>SmK</i>	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>sS</i>	<i>SmK</i>	<i>T</i>	<i>S</i>	<i>sS</i>	<i>SmK</i>	<i>T</i>	
0	895	785	815	785	408	402	332	1633	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
300	649	642	633	690	215	269	238	1262	2.2	2.7	2.5	2.5	3.1	3.0	3.2	2.8	0.4	0.42	0.41	0.41	
500	511	558	532	630	133	203	167	1052	4.5	4.8	5.0	4.7	6.7	5.7	6.7	5.3	0.74	0.75	0.76		
700	394	481	440		79	151	114		7.6	7.5	7.9	7.5	13.2	9.9	12.3	8.9	1.19	1.14	1.17		
1000	299	385	339	496	46	97	68	652	15	13.4	14.6	11.2	31.1	21.4	26.4	15.2	2.1	1.86	1.96	1.62	
váha střely <i>gr</i>	10	12.8	11.55	51.5	Poznámka: <i>S</i> = (Spitzgeschoss, lehká střela), <i>sS</i> = (schweres Spitzgeschoss, těžká střela), <i>SmK</i> = (Spitzgeschoss mit Kern, průbojná střela) <i>T</i> = (Tank- und Fliegergewehrsgeschoss, proti- tanková střela).																
váha náplně <i>gr</i>	3.2	2.85	2.9	13.00																	
ráže <i>mm</i>	7.9	7.9	7.9	13.25																	
průřez zatižení <i>gr/cm²</i>	20.4	26.2	23.6	36.8																	
nabíjecí poměr 1:	3.1	4.5	4	4																	

Tabulka 2.

Pomocné hodnoty pro řešení Marreevy rovnice.

<i>p</i>	<i>p</i> ^{0.5}	<i>a</i>	<i>a</i> ^{0.75}	<i>t</i>	<i>t</i> ^{0.7}
0.005	0.071	0.050	0.106	0.050	0.123
0.010	0.100	0.100	0.178	0.100	0.199
0.020	0.141	0.200	0.298	0.200	0.330
0.030	0.173	0.300	0.405	0.300	0.435
0.040	0.200	0.400	0.503	0.400	0.527
0.050	0.224	0.500	0.595	0.500	0.616
0.060	0.245	0.600	0.681	0.600	0.698
0.070	0.265	0.700	0.765	0.700	0.779
0.080	0.283	0.800	0.894	0.800	0.856
0.090	0.300	0.900	0.923	0.900	0.930
0.100	0.316	1.000	1.000	1.000	1.000

<i>p</i>	<i>p</i> ^{0.5}	<i>p</i>	<i>p</i> ^{0.5}	<i>p</i>	<i>p</i> ^{0.5}
0.200	0.447	0.900	0.949	1.600	1.265
0.300	0.548	1.000	1.000	1.700	1.304
0.400	0.632	1.100	1.049	1.800	1.342
0.500	0.707	1.200	1.095	1.900	1.378
0.600	0.775	1.300	1.140	2.000	1.414
0.700	0.836	1.400	1.183		
0.800	0.894	1.500	1.225		