

Podplukovník gšt. Karel K r e p l:

Studie o požadavcích na dělostřelecký materiál.

Důstojník generálního štábu, který řeší často problémy dotýkající se techniky zbraní, musí mít aspoň povšechný pojem o tom, jaké požadavky lze technikům klást, aby zhruba odpovídaly možnému řešení.

Ne všichni důstojníci obírající se těmito otázkami mají požadované nezbytné vědomosti. Z toho vyplývají velmi často nedorozumění, ba i spory, jimž by bylo lze se vyhnout, kdyby se při požadavcích nových zbraní a jejich vlastností dovedli důstojníci štábu držet v mezích logických možností současné techniky.

Každá palebná zbraň je zdrojem energie, úměrné výkonnosti, kterou od zbraně vyžadujeme. Tuto výkonnost nám prakticky vyjadřuje ráže a tím i váha střely a dostřel. Čím výkonnější je materiál, tím větší energie bude třeba. K výrobě větší energie bude třeba mohutnějšího a tím — logicky — i těžšího materiálu.

Výkonnost a váha materiálu jsou však v zcela určitém, daném vztahu, jehož zákony třeba povšechně znát, abychom po technicích nežádali nemožnosti.

V následujících řádcích je celý problém vyličen názorně tak, aby i důstojník znalý jen základních pojmů balistiky a konstrukce materiálu byl s to učinit si ucelený obraz.

Pojednáme nejdříve o základních otázkách problému a pak přejdeme k praktické aplikaci. V ní uvedeme theoretický návrh konstrukce materiálu divisního dělostřelectva.

A. Činitelé výkonnosti materiálu.

I. Ráže a váha střely.

Máme-li studovat nějaké dělo, začínáme docela logicky studiem střely.

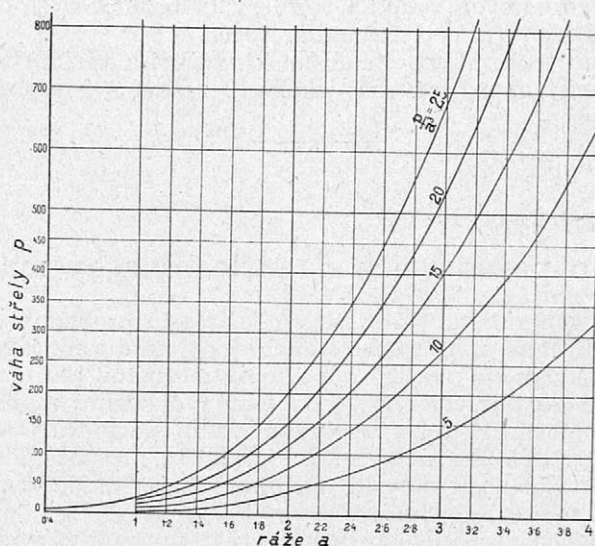
Střela je definována, je-li stanovena její ráže a a váha p . Tyto hodnoty jsou ve vzájemném vztahu $\frac{p}{a^3}$, který nazýváme udavatelem hutnoty střely, a v němž p je váha střely vyjádřená v kilogramech a a^3 krychle ráže vyjádřená v decimetrech.

Grafikon 1.

Váha střely p v závislosti na ráži a

a na hutnotě $\frac{p}{a^3}$

ráži v cm odpovídá váha v g
" v dm " " " kg



Řečený vztah má průměrnou hodnotu 8 až 16 podle toho, o jaký materiál jde. Výjimečně dosahuje až hodnoty 20 a u stříel nejběžnějších typů se pohybuje okolo 12.

Je-li $\frac{p}{a^3}$ roven nebo menší než 12, nazýváme střelu lehkou, či-
ní-li 14 nebo více, jde o střely těžké.

Grafikon 1 a 1a uvádí váhu střely p v závislosti na ráži a a na hut-
notě $\frac{p}{a^3}$.

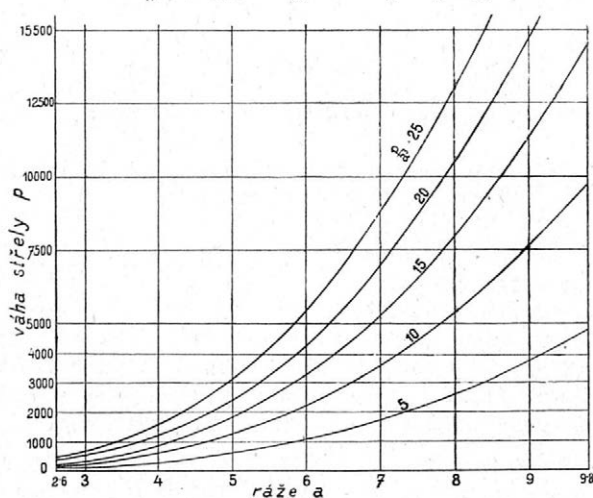
Váha střely je velmi závislá na hodnotě materiálu, na dostřelu a ob-
zvláště pak na množství vnitřní náplně trhaviny. Může však být a priori
omezena zvláštními požadavky.

Grafikon 1a.

Váha střely p v závislosti na ráži a

a na hutnotě $\frac{p}{a^3}$

ráži v cm odpovídá váha v g
" v dm " " " kg



Tak na př. materiál pro přímou podporu, který střílí rychle a má
proto velkou spotřebu střeliva, bude sotva moci mít střelu těžší než 8 kg,
jinak by bylo zásobování střelivem obtížné.

Jde-li o materiál hrubé ráže, jako je na př. 15 cm houfnice, ukázala
zkušenost, že nemá-li být obsluha příliš unavována, nesmí váha střely
překročit 45 kg.

Je tedy, s hlediska čistě balistického, výhodnější střela lehká
($\frac{p}{a^3} < 12$), nebo střela těžká ($\frac{p}{a^3} > 14$)?

Těžká střela je přirozeně na své dráze ve vzduchu stabilnější. V da-
ném děle však má každé zvětšení váhy střely za následek zmenšení po-
čáteční rychlosti. Lze tedy o tom, co bylo řečeno, pochybovat.

Lze však směle předpokládat, že u malých ráží získáme použitím
těžké střely zvětšení dostřelu. U velkých ráží je tomu opačně, změna váhy
střely pak u ráží okolo 15 cm nemá v celku na dostřel vlivu. Možno říci
jinak, že změna váhy střely má vliv jednak na počáteční rychlost V_0 , a to

vliv záporný (t. j. vzrůstající vahou, V_0 klesá), jednak na balistický koeficient c , a to vliv kladný (t. j. se vzrůstající vahou se c zmenšuje a dostřel roste). Oba vlivy jsou protichůdné a podle toho, který má větší hodnotu, taková je celková změna dostřelu.

Příklady:

$$\begin{array}{llll} 8 \text{ cm čas. granát vz. 19:} & \frac{p}{a^3} = \frac{8}{0'765^3} = 18, \\ 10 \text{ cm „ „ vz. 21:} & \frac{p}{a^3} = \frac{16}{1^3} = 16, \\ 15 \text{ cm „ „ vz. 25:} & \frac{p}{a^3} = \frac{42'39}{1'491^3} = 13 (12'8), \\ 24 \text{ cm „ „ vz. 21:} & \frac{p}{a^3} = \frac{185}{2'4^3} = 13'4, \\ 30'5 \text{ cm min. „ vz. 15/28:} & \frac{p}{a^3} = \frac{287}{3'053^3} = 10'1. \end{array}$$

II. Vnitřní náplň.

Výkonnost střely závisí přímo na povaze a na váze její vnitřní náplně trhaviny p' .

Aby bylo dosaženo větší váhy vnitřní náplně, konstruuji se střely s tenkými stěnami, a proto poměrně lehké.

Vztahy $\frac{p'}{a^3}$ v tomto případě jsou:

$$\begin{array}{ll} 1'6 \div 13 & \text{pro minomety,} \\ 0'94 \div 1'3 & \text{pro hrubé houfnice,} \\ 1'09 \div 1'1 & \text{pro těžké houfnice a moždíře,} \\ 1 \div 1'57 & \text{pro kanony a houfnice středních a malých ráží.} \end{array}$$

Obsah vnitřní náplně je značně různý podle ráže, neboť stěny střel malých ráží jsou poměrně silnější než u střel velkých ráží.

Jako příklad lze uvést:

$$\begin{array}{llll} 8 \text{ cm čas. granát vz. 19:} & \frac{p'}{a^3} = \frac{0'59}{0'765^3} = 1'32, \\ 15 \text{ cm „ „ vz. 25:} & \frac{p'}{a^3} = \frac{3'65}{1'49^3} = 1'1, \\ 30 \text{ cm „ „ vz. 15/28:} & \frac{p'}{a^3} = \frac{30'6}{3'05^3} = 1'1. \end{array}$$

Z těchto několika uvedených údajů lze stanovit váhu a ráži střely, známe-li váhu požadované vnitřní náplně.

Mějme za to, že požadujeme střelu, která má mít vnitřní náplň trhaviny, vážící 1 kg. Předpokládáme-li, že váha trhaviny je 15% celkové váhy střely, bude se její váha rovnat $\frac{1 \times 100}{15} = 6'5$ kg.

Z grafikonu 1a zjišťujeme pro $\frac{p}{a^3} = 12$ a pro váhu 6'5 kg ráži asi 80 mm.

Je třeba poznamenat, že snaha o zvětšení dostřelu vedla ke konstrukci střel s prodlouženým ogiválem a často i zúženým dnem, tím však byl snížen obsah vnitřní náplně. Toto prodloužení střely je však též omezeno, neboť vzrůstá vliv rušivé dvojice sil (která se snaží porušit stabilitu střely) a nemůžeme dát střele z konstruktivních důvodů tak velikou rotaci kolem podélné její osy.

III. Dostřel.

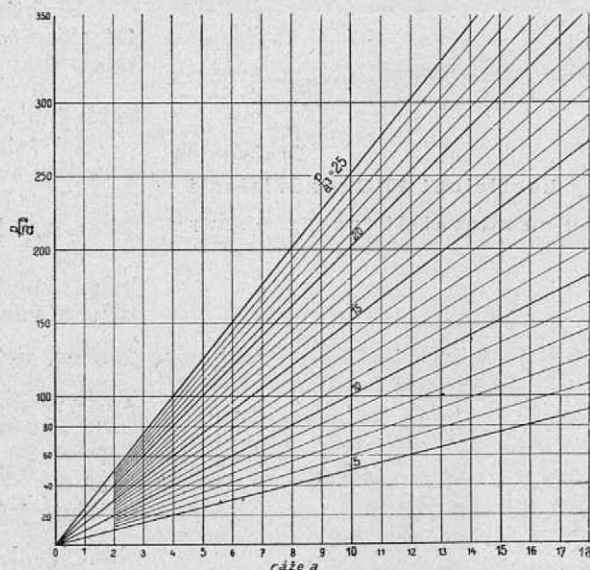
Dostřel je závislý na střele a na počáteční rychlosti.

1. Vliv střely. Balistický koeficient.

Na dostřel mají vliv: ráže, váha a tvar střely. Vlastnosti střely s tohoto hlediska se vyjadřují číslem zvaným balistický koeficient c ,¹⁾

Grafikon 2.

$\frac{p}{a^2}$ v závislosti na ráži a (dm) a na hutnotě střely charakterisované koeficientem $\frac{p}{a^4}$



jehož hodnota je dána vzorcem $c = i \Delta \frac{a^2}{p}$, v němž a^2 je čtverec ráže, p váha střely, Δ váha krychlového metru vzduchu ($1,211 \text{ kg/m}^3$), i pak udavatelem střely.²⁾

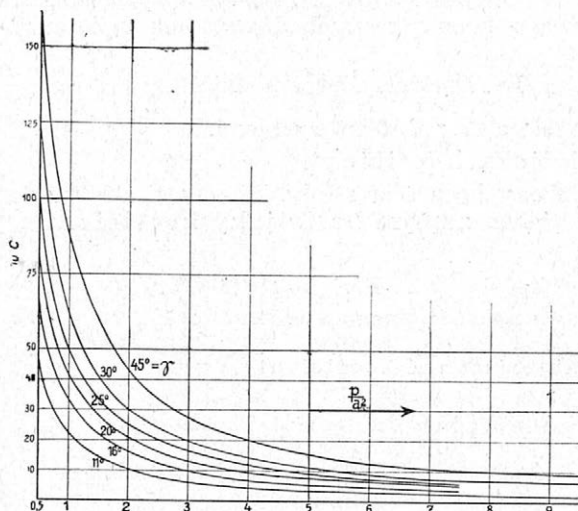
Čím menší je hodnota balistického koeficientu, tím lepší je střela.

¹⁾ Ve vnější balistice vyjadřujeme při výpočtech balistického koeficientu c : ráži v metrech a váhu v kilogramech, čímž dospíváme k číslům velmi malým. Pro praktické použití násobíme získaná čísla 10.000 a počítáme vždy s $10^4 c$.

²⁾ Toto vyjádření balistického koeficientu je čistě theoretické a pro praktickou potřebu nutno jeho skutečnou hodnotu získat pro každý druh střely balistickou střelbou.

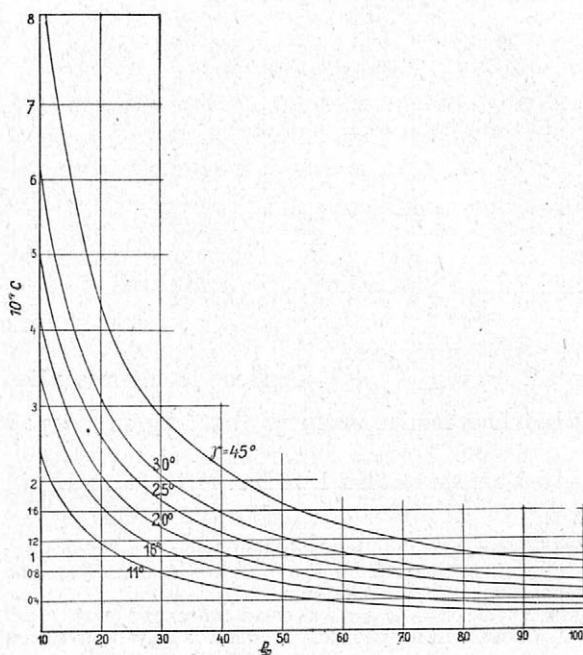
Grafikon 3.

Balistický koeficient $10^4 C$ v závislosti
na $\frac{p}{a^2}$ a udavateli tvaru = úhlu γ



Grafikon 3a.

Balistický koeficient $10^4 C$ v závislosti
na $\frac{p}{a^2}$ a na udavateli tvaru = úhlu γ



Udavitel střely je koeficient, který se určí pokusně. Vyjadřuje se pro hrubé posouzení dvou podobných střel zpravidla $i = \sin \gamma$.

Jsou-li stabilní, mají všeobecně střely dlouhé a zúžené malý γ , kdežto střely krátké a tupé mají veliký γ .

Hodnota γ se nyní pohybuje u průrazových střel malých ráží okolo 45° , u určitých střel dalekonosných okolo 15° (ba i pod 15° u některých střel pokusných).

Prakticky lze počítat asi s těmito hodnotami úhlu γ :

$\sim 40^\circ$ u střel průrazových (bez čepice),

$20 \div 33^\circ$ u střel s velkou vnitřní náplní,

$11 \div 18^\circ$ u střel dalekonosných.

Ve vzorci balistického koeficientu jsou ráže a váha střely vyjádřeny vztahem $\frac{a^2}{p}$.

To je důležité pro velké ráže. Pro určitou střelu

($\frac{p}{a^3}$ konstantní) se

zvětšuje její váha s kry-

chlí ráže, hodnota $\frac{a^2}{p}$,

při nezměněných jinak podmínkách, se zmenšuje, zvětšuje-li se ráže, a tím se balistický koeficient zlepšuje.

Jak uvidíme později, nelze počáteční rychlost zvyšovat neomezeně, z čehož lze vyvodit, že pro velké dostřely je třeba poměrně velkých ráží.

K určení hodnoty balistického koeficientu nám poslouží grafikony 2 a 3 (3a).

Příklad:

8 cm granát vz. 19, $\frac{p}{a^3} = 18$, $\gamma = 11^\circ$.

V grafikonu 2 a 3 (nebo početně) vyčíslíme pro ráži 8 cm:

$$c = \frac{i a^2}{p} \triangle = \frac{\sin \gamma \triangle}{a} \frac{a^3}{p} = \frac{0'1908 \times 1'211}{0'08 \cdot 18 \cdot 10^3} = 1'84 \times 10^{-4}.$$

2. Vliv počáteční rychlosti.

Počáteční rychlost je přítěží problému. Uvidíme, že na ni závisí váha materiálu.

Mimo to má její vzrůst vždy vliv na urychlené opotřebení materiálu.

Proto také pro běžně užívaný materiál zřídka kdy překročíme:

600 m/sec. u rychlopalných děl malých ráží,

800 m/sec. u nepoužívanějších dalekonosných kanonů.

Tabulka 1 udává dostřely pro:

záměrné úhly 5, 15, 30, 40°,

balistické koeficienty $10^4 C$ od 0'5 do 20,

počáteční rychlosti od 150 do 1000 m/sec.

Příklad:

Chceme-li s 8 cm granátem, jak o něm byla řeč za III/1, dosáhnout se záměrným úhlem 40° dostřelu 10.000 m, musíme mu udělit počáteční rychlost 339'5 m/sec.

IV. Průraznost.

Studium problému průraznosti je dnes, kdy se všeobecně a hojně používá u všech armád útočné vozby, důležitější než kdy jindy.

Maximální průraznosti dosáhneme normálním nárazem střely na pancíř. Je to případ, o němž tu jediné bude řeč. Tato průraznost je závislá na použité ráži, na váze střely a konečně na rychlosti v bodě nárazu.

Grafikon 4 udává v závislosti na udavateli hutnoty střely konečnou rychlost, kterou musí mít střela, aby prorazila pancíř tlustý n (krát) ráží.

Udavatel hutnoty průrazových střel současně užívaných se pohybuje okolo 20 (i 22) u plných střel velmi malých ráží (13, 20, 25 mm). Moderní průrazové střely delší (průměrně 3'5 ráží) mají zpravidla vztah $\frac{p}{a^3}$ asi 17 ÷ 18.

Příklady:

protitanková střela 37 mm

vz. 1927, $p = 0'825$ kg, $\frac{p}{a^3} = 18$,

vz. 1934, $p = 0'85$ kg, $\frac{p}{a^3} = 16'8$.

Tabulka 1.

Dostřely získané se záměrnými úhly 5°–15°–40° pro různé počáteční rychlosti a různé balistické koeficienty.

Záměrný úhel	V_0 10 ⁴ c	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
5°	0,5	301*)	653*)	1580	2800	4120	5830	7760	9930	12280	14890
	1	296	648	1530	2620	3920	5450	7130	8960	10920	13030
	2	290	641	1490	2480	3610	4860	6210	7640	9080	10590
	4	280	625	1460	2270	3120	4030	4970	5930	6850	7770
	8	267	598	1370	1980	2560	3120	3680	4240	4790	5270
	20	250	558	1190	1560	1840	2130	2370	2610	2820	2060
15°	0,5	1145*)	2040*)	4410	7360	10890	14960	19710	24540	29940	35790
	1	1136	2010	4310	6860	9710	12860	16290	19900	23680	27570
	2	1225	1970	4120	6180	8240	10370	12550	14770	16990	19270
	4	1097	1890	3830	5370	6630	7920	9190	10410	11610	12740
	8	1050	1762	3380	4450	5190	5870	6560	7230	7830	8440
	20	960	1530	2620	3160	3520	3820	4090	4350	4620	4830
30°	0,5	2020*)	3520*)	7570	12490	17870	24160	31270	39670	48190	57280
	1	1985	3445	7310	11360	15360	19670	24370	29600	35140	41120
	2	1940	3355	6860	9910	12610	15190	18020	20780	23670	26540
	4	1860	3160	6140	8240	9780	11330	12810	14270	15720	17090
	8	1760	2870	5160	6420	7360	8150	8870	9620	10340	10960
	20	1508	2300	3620	4240	4610	4930	5210	5460	5710	59400
40°	0,5	2260*)	3990*)	8590	14220	20260	27240	35190	44640	55820	66650
	1	2215	3875	8260	12930	17830	22130	27340	33030	39690	46900
	2	2170	3750	7680	11170	14050	16990	20020	27070	26360	29760
	4	2090	3485	6790	9120	10800	12450	14040	15630	17220	18670
	8	1955	3150	5640	6990	7910	8720	9490	10220	10940	11630
	20	1645	2455	3870	4410	4740	5080	5350	5580	5820	6070

*) Hodnoty získané extrapolací.

Tabulka 2.

Dostřely, konečné rychlosti a úhly doletu pro záměrné úhly 2° a 5°.

V_0 α 10 ⁴ C	400				600				800				1000			
	dostřel m	konečná rychlost m/sec.	úhel doletu		dostřel m	konečná rychlost m/sec.	úhel doletu		dostřel m	konečná rychlost m/sec.	úhel doletu		dostřel m	konečná rychlost m/sec.	úhel doletu	
Úhel záměrný = 2°.																
4	1150	351	2°10'		2310	412	2°20'		3520	484	2°58'		4960	572	2°31'	
6	1060	335	14'		1950	368	39'		2890	424	3°10'		3910	453	39'	
8	990	321	19'		1680	332	48'		2410	362	19'		3220	374	48'	
10	910	307	27'		1490	312	59'		2090	326	28'		2760	336	56'	
15	810	288	31'		1280	294	3°08'		1680	299	36'		2110	298	4°02'	
20	790	271	33'		1160	276	12'		1490	272	44'		1840	278	12'	
25	640	235	36'		1070	268	14'		1350	258	50'		1710	252	19'	
30	560	225	38'		910	248	16'		1210	241	55'		1620	241	26'	
35	480	194	41'		800	233	17'		1100	228	4°02'		1510	226	35'	
40	410	182	43'		710	222	18'		990	213	06'		1410	212	50'	
Úhel záměrný = 5°.																
4	2270	309,6	5°54'		4030	336,6	7°23'		5930	344,7	8°52'		7770	344,5	10°10'	
6	2120	287,7	6°07'		3480	301,9	49'		4920	303,3	9°38'		6240	301,2	11°10'	
8	1980	272,3	16'		3120	281,1	8°02'		4240	279,5	55'		5270	276,6	26'	
10	1860	259,8	26'		2820	265,7	11'		3770	263,2	10°01'		4620	259,7	31'	
15	1690	237,7	44'		2380	239,3	27'		3040	235,7	11'		3580	231,6	37'	
20	1560	222,2	59'		2130	228	40'		2610	216,6	17'		3060	212,8	40'	
25	1420	207	7°09'		1940	209	51'		2410	205	23'		2770	198	44'	
30	1300	193	16'		1810	194	56'		2230	198	31'		2520	194	49'	
35	1120	178	20'		1620	183	9°02'		2010	184	37'		2220	188	55'	
40	1010	156	24'		1510	169	09'		1890	178	48'		2010	182	12°03'	

Lze zjistit, že střely, jejichž $\frac{p}{a^3} = 17$, musí mít konečné rychlosti

335 m/sec.,	aby prorazily pancíř o síle	$\frac{1}{2}$ ráže,
530 " "	" "	1 " "
700 " "	" "	$1\frac{1}{2}$ " "

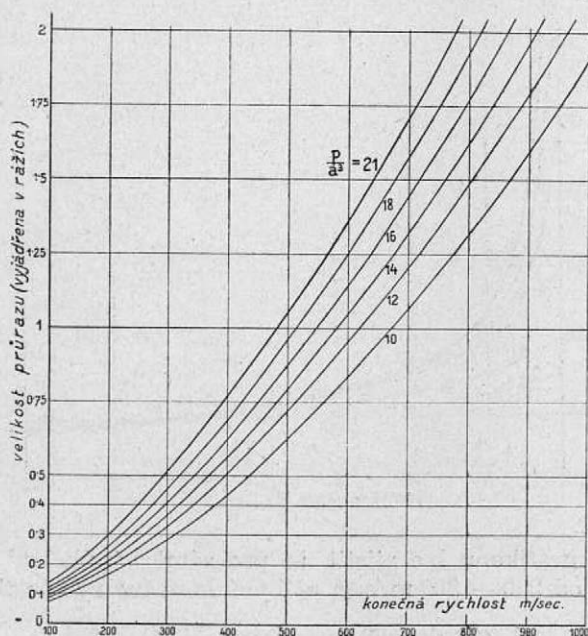
Je-li $\frac{p}{a^3} =$ jen 10, nabývají tyto konečné rychlosti, při požadavku stejných průrazových výsledků, hodnot 435—670—870 m/sec.

Výhoda těžkých střel je tím tedy zjevná.

Konečná rychlost střely je závislá na počáteční rychlosti, na dostřelu a na balistickém koeficientu.

Grafikon 4.

Průraz (v rážích) pancéřovou ocelí v závislosti na konečné rychlosti a na hutnotě střely $\frac{p}{a^3}$



Protože jde prakticky o malé ráže, nelze komplikovat problém užitím střel s čepicí a zúženým dnem. Bude tedy třeba, aby průrazové střely byly tupé, čímž nebude jejich udavatel tvaru ovšem valný.

Lze se přesvědčit na grafikonech, v balistických tabulkách, ba i v tabulkách střelby, že s dostřelem ubývá konečné rychlosti, s počátku rychle, později však spíše konečná rychlost k určité hranici, která je téměř nezávislá na počáteční rychlosti a vztahu $\frac{a^2}{p}$.

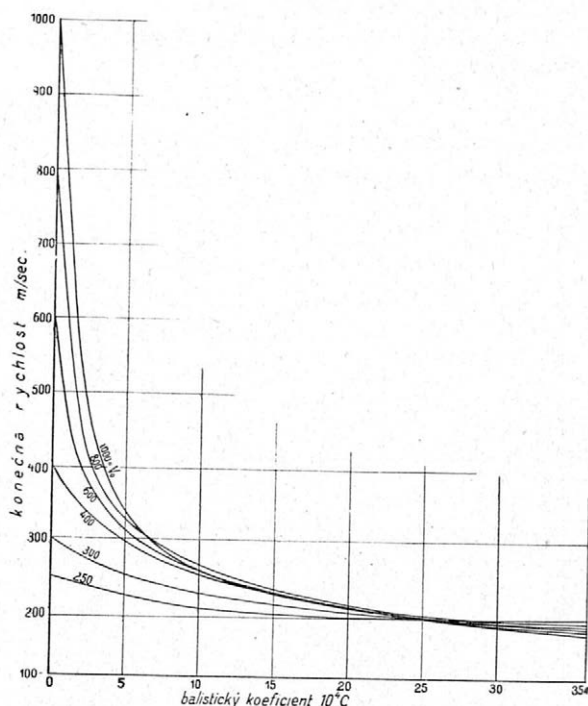
Úbytek konečné rychlosti je obzvláště rychlý u střel malých ráží (velký balistický koeficient).

Grafikon 6, výtah z tabulek střelby, uvádí úbytek konečných rychlostí v závislosti na dostřelu a počáteční rychlosti.

Grafikon 5 uvádí konečné rychlosti střely při úhlu výstřelu 5° v závislosti na počáteční rychlosti a balistickém koeficientu.

Grafikon 5.

Konečná rychlost střely při úhlu výstřelu 5°
v závislosti na počáteční rychlosti a na
balistickém koeficientu.



Na tomto grafikonu lze zjistit, že pro záměrný úhel 5° a pro počáteční rychlost od 250—1000 m/sec. přibývá konečné rychlosti.

od 244 do 520 m/sec. pro $10^4 C = 2$,

od 204 „ 244 „ „ „ $10^4 C = 14$.

K důkladnému objasnění problému udává tabulka 2 konečné rychlosti a úhly doletu při střelbě se záměrným úhlem 2° a 5° , pro několik hodnot balistického koeficientu a počáteční rychlosti.

Z grafikonů 5 a 6 a z tabulky 2 lze zjistit, že u ráží, které můžeme brát v úvahu, získané konečné rychlosti pro záměrný úhel 5° jsou blízké krajním konečným rychlostem, o nichž byla řeč.

Uvedené tabulky a grafikony nám umožňují zjistit průraznost, již je s to ten neb onen daný materiál dosáhnout.

Vezměme jako příklad 3·7 cm kanon vz. 34 (P. J. M).

Panc. střela $\frac{p}{a^3} = 16\cdot8$, čímž podle grafikonu 1 $p = 850$ g,

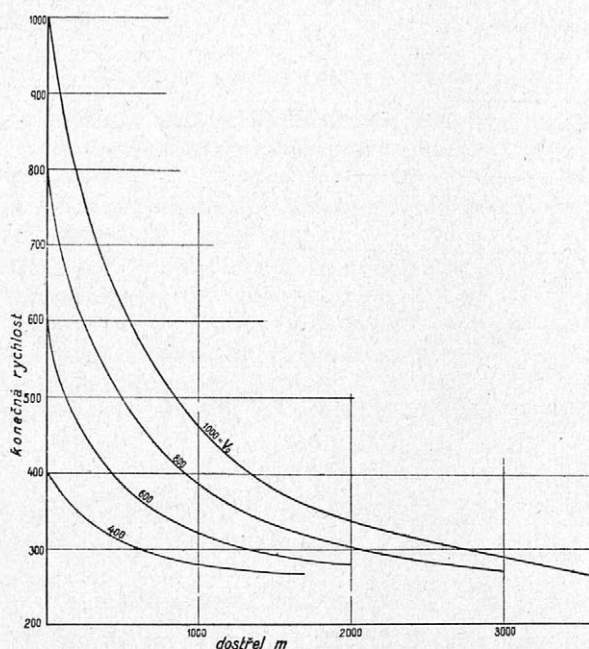
$$\frac{p}{a^2} = 6\cdot2 \text{ (grafikon 2 pro 3·7 cm),}$$

$$10^4 C = 12 \text{ (grafikon 3 pro } \frac{p}{a^2} = 6\cdot2 \text{ a } i = 45^\circ).$$

Grafikon 6.

Konečná rychlost v závislosti na dostřelu
a na počáteční rychlosti.

Střela 3·7 cm, $\frac{p}{a^3} = 15$, $p = 0\cdot745$ kg, $10^4 C = 15$.



Z tabulky 2 zjišťujeme:

úhel záměrný 2°:

pro $V_o =$	400 m/sec.	a dostřel $X =$	870 m	$V_r =$	299 m/sec.
	600	"	"	1406 m	304 "
	800	"	"	1926 m	315 "
	1000	"	"	2500 m	321 "

úhel záměrný 5°:

pro $V_o =$	100 m/sec.	a dostřel $X =$	1792 m	$V_r =$	251·0 m/sec.
	600	"	"	2644 m	255·1 "
	800	"	"	3478 m	252·2 "
	1000	"	"	4204 m	248·5 "

Pro dostřel O se rovná konečná rychlost rychlosti počáteční.

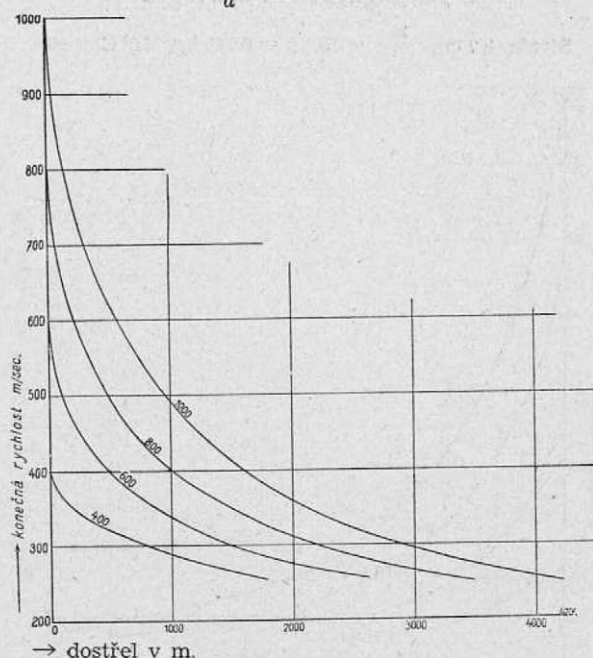
Na čtverečkovaný papír (viz grafikon 7) nanese na ose X dostřely, na ose y konečné rychlosti.

Vyneseme-li nyní pro každou počáteční rychlost body stanovené dostřelem a konečnou rychlost, můžeme narýsovat přibližné křivky udávající pro každou počáteční rychlost, konečnou rychlost v závislosti na dostřelu.

Grafikon 7.

Konečná rychlost v závislosti na dostřelu
a na počáteční rychlosti.

Střela 37 cm, $\frac{p}{a^3} = 16'8$, $p = 0'850$, $10^4 C = 12$.



Protneme-li tento svazek křivek vodorovnými čarami 700—532—335,³⁾ získáme dostřely, pro které můžeme počítat s maximální průrazností:

55 mm = 1'5 ráže,

37 mm = 1 „ „

18'5 mm = 1/2 „ „

To nám umožní sestavit tuto tabulku:

Průraznost	Počáteční rychlost V_0 v m/sec.			
	400	600	800	1000
18'5 mm = 0'5 ráže	325	1030	1650	2275
37 mm = 1 ráže		50	375	800
55 mm = 1 1/2 ráže			50	300

³⁾ Čísla odvozená z grafikonu 4.

K srovnání uveďme, že 8 cm granát vz. 19 n $\left(\frac{p}{a^3} = 18\right)$ by musil mít konečnou rychlost 415 m/sec., aby prorazil pancíř tlustý 55 mm (viz grafikon 4). Z číselných tabulek nebo z grafikonu, který bychom sestrojili stejně jako grafikon 6, ale pro 8 cm gr. vz. 19 n, pak lze zjistit, že této průraznosti dosáhneme náplní 3 ($V_0 = 500$ m/sec.) na vzdálenost 600 m.

Z těchto dvou příkladů již vidíme, že výhodnější je užívat středních a velkých ráží, byť i s malou počáteční rychlostí.

V. Vedlejší činitelé výkonnosti.

Střela, dostřel a průraznost jsou hlavními činiteli výkonnosti.

Podle nich se stanoví ráže, váha střely a počáteční rychlost.

Je třeba uvažovat i o jiných prvcích, snad méně podstatných, přece však velmi důležitých.

1. Svazek počátečních rychlostí.

Houfnice a moždíře mají několik náplní a mohou střílet různými počátečními rychlostmi. Vyhovují zvláštním požadavkům a lze jich použít k nejrůznějším úkolům.

Pro řešení děl s několika náplněmi musí býti udán nový prvek, který umožní stanovit nejmenší náplň svazku.

Je však třeba postupovat opatrně, neboť přepjaté požadavky mohou přinutit technika k vytvoření většího počtu náplní různých prachů, což ovšem znamená značné zkomplikování obsluhy a zásobování.

Zhruba lze říci, že počáteční rychlost nejmenší náplně kanonu je asi $\frac{7}{10}$ počáteční rychlosti největší náplně. U hrubých houfnic a moždířů je vztah mezi nejmenší a největší počáteční rychlostí asi $\frac{1}{2}$.

2. Opotřebení.

Zmínil jsem se již o tom, že zvětšení počáteční rychlosti urychluje opotřebení hlavně, a uvedl jsem hranice, které tu nemají být normálně překročeny.

Pro určité druhy děl ovšem, jako na př. protiletadlové kanony, bude lze i tyto hranice překročit, s tou podmínkou, že se učiní zvláštní opatření.

Bude lze se uchýlit k hlavním s košili. Je však třeba podotknout, že tyto košile jsou proto, že jsou přesně opracovány, snad nákladnější, ale s hlediska balistického jsou úplně rovnocenné hlavním skládajícím se z duše a pláště. Hlavně s košili mají mimo to výhodu, že opotřebovanou košili lze snadno a rychle vyměnit.

3. Rychlost palby.

Zvětšení rychlosti palby je stále žádoucí. Má umožnit vypálení většího počtu ran, aniž je třeba zvyšovat počet hlavní.

Nynější konstrukce záklužové brzdy nás však v tom omezuje.

U kanonů ráže okolo 8 cm, které střelí jedním střílivem, lze uvažovat o rychlosti 15 ran za minutu. I toto číslo bude lze rychle překročit podle toho, jaké pokroky budou získány v konstrukci záklužových brzd.

4. Rozsah náměrového řídidla.

Všeobecně je třeba, aby materiál mohl využít celého svého dostřelu. Proto vyžadujeme úhel výstřelu $+40^\circ$ až $+45^\circ$ přes to, že z toho vyplývají určité potíže při konstrukci.

Náměr -10° pod úrovní ústí je velmi přijatelnou hranicí pro kanony lehkého dělostřelectva. U těžkých kanonů není vhodné požadovat střelbu pod úrovní ústí (0°).

Moždiře, které střílejí strmými drahami, dosahují úhlu výstřelu $+60^\circ$ a přesahují jej.

Konečně u nynějších protiletadlových kanonů požadujeme, aby mohly střílet téměř kolmo vzhůru.

Je třeba požadovat, aby lehké kanony mohly střílet přes $+45^\circ$? Mnozí se domnívají, že ano, obzvláště proto, aby jich bylo lze použít ke střelbě na letadla.

Tento způsob střelby vyžaduje jednak speciálních přístrojů, složitých a drahých, jednak zařízení k rychlému udílení náměru a odměru.

V celku lze říci, že soustavná úprava polního kanonu pro střelbu na letadla by jej velmi zkomplikovala a zatížila. To jsou služebnosti, o nichž třeba dobře uvažovat, než se v tom smyslu rozhodneme.

5. Rozsah odměrového řídidla.

Materiál polního dělostřelectva měl roku 1914 všeobecně rozsah odměrového řídidla asi 100 dílců.

Změny cílů, pro které je třeba přemisťovat chobot, jsou snadné u děl lehkých, obtížnější však u hrubých děl a mnohdy nemožné u těžkého materiálu.

Proto je dnes snaha získat velký rozsah odměrového řídidla.

Rozvírací dvouchobotové lafety jsou vyhovujícím řešením problému. Zpravidla lze v daném programu požadovat rozsah odměrového řídidla přes 45° , ba až do 60° .

Protiletadlový materiál musí mít ovšem rozsah odměrového řídidla 360° .

B. Vztah mezi výkonností a vahou dělostřeleckého materiálu.

Studium činitelů výkonnosti nám ukázalo, že hledané vlastnosti materiálu nám vnucují více nebo méně: ráži, váhu střely, počáteční rychlost.

Střela ve váze p , které jsme udělili počáteční rychlost V_0 , má u ústí hlavně určitou energii,

$$\frac{1}{2} \frac{p}{g} V_0^2.$$

Tato energie, vzbuzená při každém vypálení, je vlastně výkonností děla.

Je ohromná: asi 100.000 mkg pro 8 cm lehký kanon vz. 17 a asi 2,960.000 mkg pro 30,5 cm moždíř vz. 16.

Tento údaj je velmi příbuzný údaj o výkonnosti jakéhokoli stroje. Jen podmínky činnosti děla nás vedou k tomu, že vyjadřujeme tuto energii pro vypálenou ránu, místo abychom ji spjali s jednotkami času.

(Přístě dále.)