

FOTOGRAMMETRICKÉ ZABEZPEČENÍ RVD

V článku chci zdůvodnit nezbytnost fotogrammetrického zabezpečení raketového vojska a dělostřelectva z hlediska raketových úderů a palby.

Účinnost raketových úderů a palby raketového vojska a dělostřelectva je závislá především na pravděpodobné chybě palby E , kterou v praxi považujeme za kruhovou a dostáváme ji jako výslednici dálkové pravděpodobné chyby palby a šířkové pravděpodobné chyby palby.

Chyba palby při střelbě systémy raketového vojska a dělostřelectva (dále nazývanými stručně dělostřelecké systémy) vzniká – jak je známo z teorie střelby – působením dvou skupin chyb. Chyby první skupiny nazýváme chybami přípravy prvků střelby E_I , chyby druhé skupiny pak chybami rozptylu E_{II} .

Podle velikosti koeficientu

$$K = \frac{E_I}{E_{II}} \quad (1)$$

dělíme pro teoretické účely dělostřelecké systémy na dvě kategorie. Jako mezní hodnotu klademe $K = 1$, takže v kategorii A jsou dělostřelecké systémy, pro něž platí $K > 1$, v kategorii B systémy, u nichž je $K \leq 1$, což jsou systémy R – 300, R – 170, R – 60 a R – 30. Chyby rozptylu jsou každému konkrétnímu dělostřeleckému systému vlastní a jsou dány především jeho konstrukcí a nemění se po celou dobu jeho zavedení do výzbroje raketového vojska a dělostřelectva. Chyby přípravy prvků střelby jsou naproti tomu značně proměnné, neboť odrážejí vždy současný stav jak technického vybavení, tak i všech opatření v oblasti přípravy palby.

Jestliže raketové údery a palba raketového vojska a dělostřelectva a jejich účinnost jsou jedním ze základních předpokladů rozhodujícího úspěchu ve vševojskovém boji a operaci, pak ani **otázky přípravy palby nemohou zůstat mimo okruh zájmu vševojskových velitelů**. Jejich kvalitní řešení nemůže být jen záležitostí raketového vojska a dělostřelectva samého; ostatně také ne proto, že na přípravě palby se přímo či nepřímo podílí celá řada druhů vojsk, speciálních vojsk i služeb. Jak ukáží dále např. letectvo, topografická služba aj.

Celkovou pravděpodobnou chybu přípravy dělíme na dílčí chyby. Dělíme ji zpravidla tak, aby byla v souladu s metodickým postupem při přípravě prvků střelby. Jednou z dílčích chyb při takovém dělení je chyba přípravy topograficko-geodetických prvků střelby E_T .¹⁾ Do této chyby počítáme jak chyby **topograficko-geodetického připojení prvků bojové sestavy** E_S , tak i **chyby určení souřadnic cílů** E_C . Topograficko-geodetické připojení prvků bojové sestavy raketového vojska a dělostřelectva i určování souřadnic cílů je právě oblastí přípravy

palby, na níž se velkou měrou podílí celá řada činitelů i mimo raketové vojsko a dělostřelectvo.

Aby váha chyb přípravy topograficko-geodetických prvků střelby byla v prakticky přijatelných mezích, musí platit:

$$E_T \leq 0,3 E_I, \quad (2)$$

kde E_I ... celková pravděpodobná chyba přípravy;

E_T ... celková pravděpodobná chyba přípravy topograficko-geodetických prvků střelby.

Dálková pravděpodobná chyba přípravy topograficko-geodetických prvků střelby E_{Td} je způsobena především pravděpodobnou chybou určení souřadnic palebného stanoviště E_B a pravděpodobnou chybou určení souřadnic cíle E_C . Jestliže se souřadnice palebného stanoviště i cíle určují stejnými prostředky či způsoby nesmí tyto dílčí chyby převyšovat hodnotu

$$E_B = E_C \leq \frac{E_{Td}}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

Vzhledem k tomu však, že souřadnice palebného stanoviště můžeme většinou určit značně přesněji než souřadnice cíle, můžeme požadovat, aby pravděpodobná chyba E_B nepřevyšovala hodnotu

$$E_B \leq 0,3 E_{Td} \quad (4)$$

Budeme-li požadovanou přesnost určení souřadnic palebného stanoviště počítat podle vzorce (4), může být přípustná pravděpodobná chyba určení souřadnic cíle E_C v tomto případě značně zvětšena a to podle vzorce

$$E_C \leq 0,95 E_{Td}^2 \quad (5)$$

Šířková pravděpodobná chyba přípravy topograficko-geodetických prvků E_{Ti} je způsobena především pravděpodobnou chybou určení souřadnic palebného stanoviště E_B , pravděpodobnou chybou souřadnic cíle E_C a pravděpodobnou chybou určení orientačního směru E_θ .

Pomocí vzorců (3), nebo (4) a (5) a dalších vztahů z teorie střelby můžeme stanovit přípustnou pravděpodobnou chybu určení orientačního směru E_θ .

Na základě takto vytyčeného postupu můžeme vypočítat přípustné pravděpodobné chyby jak topograficko-geodetického připojení (tj. určení souřadnic palebného stanoviště a určení orientačního směru), tak i určení souřadnic cílů pro libovolný dělostřelecký systém z kategorie B. Hodnoty těchto chyb např. pro dělostřelecké systémy R - 300 a R - 170 uvádím v tabulce 1.

Na základě údajů z tabulky 1 můžeme charakterizovat požadovanou **přesnost topograficko-geodetického připojení** pro oba dělostřelecké systémy (R - 300 a R - 170) **pravděpodobnou chybou určení souřadnic palebného stanoviště $E_B = 20$ až 25 m a určení orientačního směru $E_\theta = 0,5'$ až $0,75'$** , požadovanou přesnost **určení souřadnic cíle pravděpodobnou chybou $E_C = 65$ až**

¹⁾ Topografickými prvky střelby rozumíme prvky v rovině, geodetickými prvky střelby na elipsoidu, v obou případech v souřadnicovém systému S - 1942.

²⁾ Správnost potvrzuje identita: $E_{Td} = \sqrt{E_B^2 + E_C^2} = \sqrt{(0,3 E_{Td})^2 + (0,95 E_{Td})^2} = E_{Td}$.
 $\sqrt{0,10 + 0,90} = E_{Td}$.

Tabulka 1

**PŘÍPUSTNÉ PRAVDĚPODOBNÉ CHYBY TOPOGRAFICKO-GEODETICKÉHO
PŘIPOJENÍ A URČENÍ SOUŘADNIC CÍLE**

(Pro dělostřelecké systémy R-300 a R-170)

Poř. čís.	Pravděpodobná chyba	Dělostřelecký systém	
		R-300	R-170
1	Určení souřadnic palebného stanoviště E_B	22 m	22 m
2	Určení orientačního směru E_δ	31"	42"
3	Určení souřadnic cíle E_C	73 m	67 m
4	Určení souřadnic palebného stanoviště i cíle*) $E_B = E_C$	55 m	50 m

*) Jestliže souřadnice palebného stanoviště i cíle určujeme stejnými prostředky či způsoby.

Tabulka 2

**PŘÍPUSTNÉ PRAVDĚPODOBNÉ CHYBY TOPOGRAFICKO-GEODETICKÉHO
PŘIPOJENÍ A URČENÍ SOUŘADNIC CÍLE**

(pro rýhovaná děla a minomety)

Poř. čís.	Pravděpodobná chyba	Příprava	
		úplná	zkrácená
1	Určení souřadnic palebného stanoviště E_B	15 m	20 m
2	Určení výšky palebného stanoviště E_{h_B}	2 m	3 m
3	Určení orientačního směru E_δ	1 dc	2 dc
4	Určení souřadnic cíle E_C	20 m	
5	Určení výšky cíle E_{h_C}	3 m	

75 m. Jestliže souřadnice palebného stanoviště i cíle určujeme stejnými prostředky či způsoby, je **pravděpodobná chyba** $E_B = E_C = 50$ až **55 m.**

Pro dělostřelecké systémy kategorie A je tato otázka řešena obvykle zjištěním pravděpodobných chyb přípravy prvků na základě zpracování výsledků pokusných a bojových ostrých střel. Hodnoty pravděpodobných chyb topograficko-geodetického připojení a určení souřadnic cíle v závislosti na různých druzích přípravy např. pro rýhovaná děla a minomety jsou uvedeny v **tabulce 2.**

Podívejme se nyní jaké jsou možnosti topograficko-geodetického připojení v závislosti na druhu výchozích podkladů pro připojení, na disponibilním čase a na situaci. Zaměřím se na určování souřadnic palebného stanoviště, poněvadž určování orientačních směrů by si vyžádalo samostatné zpracování a není ani pro záměr tohoto článku podstatné.

Tabulka 3

**PRAVDĚPODOBNÉ CHYBY URČENÍ SOUŘADNIC PŘI TOPOGRAFICKO-GEODETICKÉM PŘIPOJENÍ V ZÁVISLOSTI
NA DRUHU VÝCHOZÍCH PODKLADŮ (v metrech)**

Druh připojení, způsob a podmínky určení souřadnic			Pravděpodobná chyba metody	Výchozí podklad															
				geodetické sítě				fotogram- metrické sítě	topografické mapy						fotografické dokumenty				
									1:50 000			1:100 000			1:20 000	1:25 000			
				Pravděpodobná chyba výchozího podkladu															
				až 2 m	10 m	15 m	20 m	5 m	10 m	15m ¹⁾	25m ²⁾	35m ³⁾	30m ⁴⁾	50m ⁵⁾	70m ⁶⁾	6 m ⁴⁾	7,5 m ⁴⁾		
1			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Geodetické připojení	pomocí theodolitu		2 až 4 m	3 až 5				5 až 6											
	pomocí busoly		8 až 10 m	8 až 10	—	—	—	10 až 11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Topografické připojení	pomocí topografického připojovače	vhodný terén	do 3 km	10 m	10	14	18	22	11	14	18	27	36	32	51	71	12	12	
			3 až 5 km	15 m	15	18	21	25	16	18	21	29	38	34	52	72	17	17	
			5 až 7 km	20 m	20	22	25	28	21	22	25	32	40	36	54	73	21	21	
			více než 7 km	25 m	25	27	29	32	25	27	29	35	43	39	56	74	26	26	
	pomocí topografického připojovače	nehodný terén	do 3 km	20 m	20	22	25	28	21	22	25	32	40	36	54	73	21	21	
			3 až 5 km	30 m	30	32	34	36	30	32	34	39	46	42	58	76	31	31	
			5 až 7 km	40 m	40	41	43	45	40	41	43	47	53	50	64	81	40	41	
			více než 7 km	50 m	50	51	52	54	50	51	52	56	61	58	71	86	50	51	
	pomocí přístrojů	podle mapy	1:50 000	20 m	—	—	—	—	—	—	25	32	40	—	—	—	—	—	
			1:100 000	40 m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	50	64	81	—	—	
		podle let. snímku	1:20 000	8 m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	—	
			1:25 000	10 m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12,5

Poznámky: ¹⁾ 0,3 mm měřítka mapy, tj. čs. topografické mapy na čs. státním území.

²⁾ 0,5 mm měřítka mapy, tj. čs. topografické mapy, 2. vydání, mimo čs. státní území.

³⁾ 0,7 mm měřítka mapy, tj. čs. topografické mapy, 1. vydání, mimo čs. státní území.

⁴⁾ 0,3 mm měřítka, tj. za předpokladu, že pro překreslení snímků bylo použito geodetického nebo dostatečně přesného fotogrammetrického podkladu.

Pravděpodobné chyby určení souřadnic při topograficko-geodetickém připojení v závislosti na druhu výchozích podkladů pro jednotlivé druhy připojení a pro způsoby a podmínky určení souřadnic uvádím v **tabulce 3**.

Srovnáme-li např. pro dělostřelecké systémy R – 300 a R – 170 přípustné pravděpodobné chyby, uvedené v tabulce 1, poř. čís. 1 s údaji v tabulce 3, je zřejmé, že vyhovující druh připojení je bez jakéhokoli omezení jen geodetické připojení. I při topografickém připojení jsou jako výchozí podklad nezbytné ve většině případů geodetické nebo fotogrammetrické sítě (sloupec 3 až 8), s topografických podkladů pak až na výjimku (sloupec 9) fotografické dokumenty (sloupec 15 a 16). Případy, které vyhovují požadované přesnosti, jsem v tabulce 3 zvýraznil.

Možnosti geodetického připojení a do značné míry i topografického připojení v závislosti na disponibilním čase a na situaci jsou v soudobém boji a operaci, charakterizované zkracováním lhůt přípravy a rychlým tempem, velmi omezené. K tomu přistupuje mimo čs. státní území i nerovnoměrná kvalita a zejména kvantita výchozího geodetického podkladu, zpracovaného v míru v rámci přípravy válčiště. Hustota geodetických sítí je značně nehomogenní a pohybuje se od hustoty 1 bod/1 km² do hustoty 1 bod/300 až 500 km². Uvědomíme-li si navíc, že jde o prostor v míru i ve válce až do jeho obsazení vlastními vojsky pro topograficko-geodetické jednotky nepřijatelný, je jen zákonité, že historickou úlohu geodeta v oblasti topograficko-geodetického zabezpečení, resp. topograficko-geodetické přípravy bude stále více – ruku v ruce s trvalým technickým rozvojem fotogrammetrie a výpočetní techniky – přejímat právě fotogrammetr.

Z tabulky 3 a z uvedených skutečností vyplývá, že při topografickém připojení, jsou jako výchozí podklady **fotogrammetrické sítě** nebo **fotografické dokumenty** optimální a téměř nezbytné.

V dalším posudně, jaké jsou možnosti určování souřadnic cílů. Souřadnice cílů pro potřebu raketového vojska a dělostřelectva určujeme mnoha prostředky a způsoby, které jsou pro různé dělostřelecké systémy často dosti rozdílné, především v závislosti na charakteru cíle a na jeho vzdálenosti od předního okraje vojsk.

Pokud působí průzkumné prostředky ze sestavy vlastních vojsk, pak topograficko-geodetické zabezpečení jejich činnosti spočívá především v topograficko-geodetickém připojení prvků jejich bojové sestavy, tj. postavení a stanovišť. Požadavky na přesnost jejich topograficko-geodetického připojení jsou samozřejmě ještě přísnější, než na přesnost topograficko-geodetického připojení prvků bojové sestavy palebných jednotek.

Topograficko-geodetické zabezpečení prostředků a způsobů určení souřadnic cílů v ostatních případech (zejména pro vzdušný průzkum, hloubkové průzkumné skupiny aj.) pak zahrnuje hlavně přípravu podkladů pro určování souřadnic cílů, tj. topografických map a fotografických dokumentů, případně leteckých snímků. Právě tyto prostředky a způsoby určování souřadnic cílů jsou typické pro dělostřelecké systémy kategorie B, zejména R – 300 a R – 170. Uvádím je v **tabulce 4** i s hodnotami pravděpodobných chyb, které charakterizují jejich přesnost.

Prostředky a způsoby určování souřadnic cílů, uvedené v tabulce 4 patří vesměs do vzdušného průzkumu, nebo bezprostředně využívají jeho výsledků (např. průzkumu fotografováním u způsobu poř. čís. 2). Je to zcela přirozené, neboť neustálé zvětšování dostřelu s postupným zaváděním a obměňováním dělostřeleckých systémů kategorie B zvyšuje význam právě vzdušného průzkumu a průzkumné prostředky, které působí ze sestavy vlastních vojsk, svým dosahem již nestačí. Růst významu vzdušného průzkumu v souvislosti se zavedením raketových jaderných zbraní do výzbroje armád obou světových soustav nestačí však jen v řádech a před-

PRAVDĚPODOBNÉ CHYBY URČENÍ SOUŘADNIC CÍLŮ
(pro dělostřelecké systémy R-300 a R-170)

Poř. čís.	Prostředek a způsob		Pravděpodobná chyba	
			dálková	šifková
1	fotoplán nebo překreslený letecký snímek se souřadnicovou sítí z mapy 1:50 000		20 až 25 m	
2	letecký snímek s použitím mapy 1:50 000		40 až 60 m	
3	porovnání z letounu s použitím	svislého leteckého snímku 1:20 000	20 až 40 m	
4		mapy 1:50 000	100 až 150 m	
5		mapy 1:100 000 nebo 1:200 000*)	400 až 600 m	200 až 400 m

*) Jde o rychlý letoun, chyby jsou označeny jako orientační; pravděpodobná kruhová chyba 300 až 500 m.

pisem proklamovat, nýbrž společným úsilím všech zúčastněných složek přijmout veškerá opatření k tomu, aby bojová technika, organizace a vše potřebné dovolovalo v praxi tuto výsadu adekvátně realizovat.

Srovnáme-li např. přípustné pravděpodobné chyby z tabulky 1, poř. čís. 3 s údaji v tabulce 4, je zřejmé, že vyhovující prostředky a způsoby jsou pouze ty, které jsou uvedeny pod poř. čís. 1 až 3. Všechny tyto tři prostředky a způsoby potřebují jako nezbytný podklad pro určování souřadnic cílů **fotografické dokumenty, popř. letecké snímky**.

Na základě dílčích závěrů můžeme konstatovat, že

1. fotogrammetrické sítě nebo fotografické dokumenty, popř. letecké snímky jsou **optimálním a téměř nezbytným** výchozím podkladem pro topograficko-geodetické připojení prvků bojové sestavy RVD zejména mimo čs. státní území v prostorech s nízkou hustotou geodetické sítě;

2. fotografické dokumenty, popř. letecké snímky jsou **nezbytným** podkladem pro určování souřadnic cílů pro dělostřelecké systémy kategorie B, zejména R - 300 a R - 170.

Pokud tyto podklady pro raketové vojsko a dělostřelectvo nemáme, musíme topograficko-geodetické připojení i určování souřadnic cílů zabezpečit prostředky a způsoby, které nezaručují požadovanou přesnost. V důsledku toho překročí chyby přípravy topograficko-geodetických prvků střelby mezní hodnoty uvedené např. v tabulce 1, což bude mít za následek zvětšení chyby přípravy prvků střelby E_I a tím i pravděpodobné chyby palby E . Zvětšení pravděpodobné chyby palby má za následek pokles účinnosti palby, který může být u dělostřeleckých systémů kategorie B eliminován jen za cenu zvětšení mohutnosti jaderné náplně a u dělostřeleckých systémů kategorie A jen za cenu zvýšení spotřeby střeliva.

Propočty ukazují, že např. zvětšení chyby přípravy topograficko-geodetických prvků střelby na hodnotu 150 m má za následek nutné zvětšení mohutnosti jaderné náplně $1\frac{1}{4}$ krát na hodnotu 300 m asi **dvojnásobné** a zvětšení na hodnotu 500 m dokonce **čtyřnásobné**. Přitom samozřejmě může potřebná mohutnost dosáhnout hodnot, které nejsou u konkrétního dělostřeleckého systému či v dané situaci

DRUHY FOTOGRAFICKÝCH DOKUMENTŮ A JEJICH ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY

Poř. čís.	Druh dokumentu		Měřítko	Zpracovává		Použití			Poznámka
				TS	RVD	¹⁾	²⁾	³⁾	
1	měřické	jednotlivé překreslené snímky	1:20 000 nebo 1:25 000		/	/	/		formát 30 × 30 cm nebo 50 × 50 cm
2		fotoplán	1:25 000	/	/	/	/		
3		fotomapa		/		/	/		
4	průzkumové	jednotlivé snímky	1:3 000 a menší		/	/		/	určování souřadnic cílů se provádí po přenesení cíle do mapy
5		fotoschéma	přibližně 1:10 000 až 1:20 000	/	/	/		/	
6		fotopanoráma (vzdušné, pozemní)	přibližně 1:3 000 až 1:5 000 na hlavní horizontále		/	/		/	

Vysvětlivky: ¹⁾ jako podklad pro určení souřadnic cílů²⁾ jako výchozí podklad pro fotograficko-geodetické připojení prvků bojové sestavy³⁾ jako podklad k orientaci v terénu a k udávání cílů

k dispozici, takže by se muselo použít pro splnění palebného úkolu více jaderných úderů. Nezbytnost fotogrammetrického zabezpečení RVD je tedy nasnadě.

Na fotogrammetrické zabezpečení raketového vojska a dělostřelectva se podílí především topografická služba a raketové vojsko a dělostřelectvo svými jednotkami dělostřelecké fotogrammetrické služby (fotogrammetrickými jednotkami). Neméně důležitá je účast a podíl letectva, tj. jeho vzdušného průzkumu, neboť připravuje fotografováním veškerý snímkový podklad pro fotogrammetrické zabezpečení. Nebude jistě proto na škodu formulovat stručně a přehledně požadavky raketového vojska a dělostřelectva na fotogrammetrické zabezpečení.

Požadavky raketového vojska a dělostřelectva na fotogrammetrické zabezpečení můžeme shrnout do dvou skupin:

1. zpracování fotografických dokumentů;
2. vytváření fotogrammetrických sítí.

Fotografické dokumenty slouží jako podklad pro určování souřadnic cílů, jako výchozí podklad pro topograficko-geodetické připojení prvků bojové sestavy a konečně i jako podklad k orientaci v terénu a k udávání cílů. První dva požadavky na fotogrammetrické dokumenty mají samozřejmě prioritní postavení a jsou nezbytné.

Druhy fotografických dokumentů a jejich základní charakteristiky uvádím v **tabulce 5**.

Pokud jde o přesnost, považujeme u měřických dokumentů za optimální přesnost, charakterizovanou střední chybou $\pm 0,5$ mm měřítka fotografického dokumentu. Dosažení této přesnosti je samozřejmě po technické stránce podmíněno především skutečností, že snímky budeme překreslovat na základě geodetického nebo fotogrammetrického podkladu.

Z hlediska efektivní centralizace prací bude účelné, aby většinu fotografických dokumentů zpracovávala topografická služba, snad s výjimkou dokumentů poř. čís. 4 a 6.

Fotogrammetrické sítě slouží jako výchozí podklad pro překreslování leteckých snímků a jako výchozí podklad pro topograficko-geodetické připojení prvků bojové sestavy. Oba požadavky jsou stejně důležité, při čemž první z nich je mimo čs. státní území základním předpokladem pro zpracování fotografických dokumentů vůbec. Druhý požadavek vystupuje do popředí taktéž především v prostorech bojového rozmístění raketového vojska a dělostřelectva s nízkou hustotou geodetické sítě mimo čs. státní území. Je nezbytný zejména tehdy, nemůžeme-li včas zpracovat z těchto prostorů fotografické dokumenty jako výchozí podklad pro topograficko-geodetické připojení prvků bojové sestavy.

Požadavky na přesnost fotogrammetrických sítí, určených jako výchozí podklad pro překreslování můžeme charakterizovat střední chybou ± 10 m, podle možnosti – v závislosti na dalším technickém rozvoji fotogrammetrie – i menší. Požadavek na hustotu sítí pak hodnotou 1 bod/4 až 5 km², což odpovídá počtu 7 až 9 bodů na jednom snímku formátu 30 × 30 cm v měřítku 1:20 000.

Požadavky na přesnost fotogrammetrických sítí, určených jen jako výchozí podklad pro topograficko-geodetické připojení jsou přibližně dvakrát nižší.

V materiální oblasti budeme fotogrammetrickou jednotku RVD na stupni vševojskové divize vybavovat tak, aby mohla plnit úspěšně všechny své úkoly, včetně zpracování dokumentů poř. čís. 4 a 6. Dělostřelecké štáby bude výhodné vybavit malými fotogrammetrickými soupravami pro vyhodnocování a vyměřování leteckých snímků, včetně sestrojování souřadnicové sítě na ně.