

# K ÚČINNOSTI A HOSPODÁRNOSTI RAKETOVÝCH ÚDERŮ

Základní požadavek bojového použití raketového vojska jsou včasné údery s vysokou **účinností** a **hospodárností**. Ke splnění tohoto požadavku musíme v celém procesu řízení dovedně vytvářet nutné předpoklady. Jedním z rozhodujících z nich je zabezpečení nezbytné **přesnosti přípravy a uskutečnění raketového úderu**. Protože tento problém nezhrnuje jenom úzce odbornou záležitost práce příslušníků raketového vojska a dělostřelectva, ale bezprostředně se promítá i do účinnosti vševojskových velitelů a štábů, považují za užitečné některé základní skutečnosti osvětlit.

## Účinnost a hospodárnost úderu

Raketový úder je doprovázen celou soustavou jevů, jejichž průběh i výsledek není předem jednoznačně determinován a kterým proto říkáme jevy **náhodné**. Proto také výsledek každého jednotlivého úderu, tj. dosažený účinek představuje zvláštní neopakovatelnou hodnotu určité náhodné proměnné. Tuto náhodou proměnnou nazýváme **účinností úderu** a její jednotlivé zvláštní hodnoty představují **účinky úderu**. Ke kvantitativnímu posouzení účinnosti úderu používáme určitých parametrů, které v souladu s obecnou teorií náhodných proměnných nesou označení **charakteristiky účinnosti** nebo také **míry účinnosti**.

Při úderu na **jednotlivý cíl** (u něhož připouštíme pouze dvojí možný výsledek, tj. buď bude, nebo nebude zničen) považujeme za základní charakteristiku účinnosti **pravděpodobnost zničení  $P$** . Vzhledem k tomu, že jde o cíle vysoké důležitosti, požadujeme při plánování úderů, aby tato pravděpodobnost byla co největší. Za teoreticky i prakticky postačující hodnotu pokládáme  $p = 0,9$  čili 90 %.

**Skupinový cíl** můžeme úderem vyřadit celý nebo pouze jeho určitou část, nebo vůbec ne. Za základní míru účinnosti považujeme **spolehlivě zničenou část cíle  $s_0$** , která udává dolní hranici vyřazené části cíle, u níž je spolehlivost vyřazení 90%. Pro zničení skupinového cíle požadujeme, aby platilo  $s_0 \geq 0,40$

[tj. 40 % z celkového plošného obsahu cíle]. V tomto případě můžeme s 90% pravděpodobností očekávat, že bude zničeno alespoň 40 % daného skupinového cíle.

Výpočetnímu procesu, v němž zjišťujeme charakteristiky účinnosti, říkáme **hodnocení účinnosti**. Tvoří důležitou součást operačního i palebného plánování. K tomu máme ve štábech na příslušných stupních zpracovány a využíváme vhodné metodiky i výpočetní pomůcky.

Druhou nezbytnou složkou plánování je určení **nutné mohutnosti jaderné náplně**  $Q$ . Tuto mohutnost volíme tak, abychom v daných podmínkách (druh cíle a jeho velikost, druh použitého prostředku, výška výbuchu, dálka střelby) zaručili dosažení požadované velikosti míry účinnosti. Při úderu na jednotlivý cíl má zvolená mohutnost jaderné náplně zaručit dosažení  $P \geq 0,9$  a při úderu na skupinový cíl dosažení  $s_0 \geq 0,4$ . Můžeme-li úder na daný cíl vést různými palebnými prostředky a různými mohutnostmi náplně (z nichž ovšem všechny splňují předchozí podmínku dosažení předepsané hodnoty míry účinnosti), je jistě účelné zvolit ten prostředek, u něhož je nutná mohutnost jaderné náplně nejmenší. Tím umožníme splnit s danou sumou mohutností jaderných náplní větší objem palebných úkolů, tj. hospodárněji využít přidělených prostředků. Tak vlastně slouží nutná mohutnost náplně  $Q$  k hodnocení **hospodárnosti úderu** a považujeme ji proto za kvantitativní charakteristiku hospodárnosti.

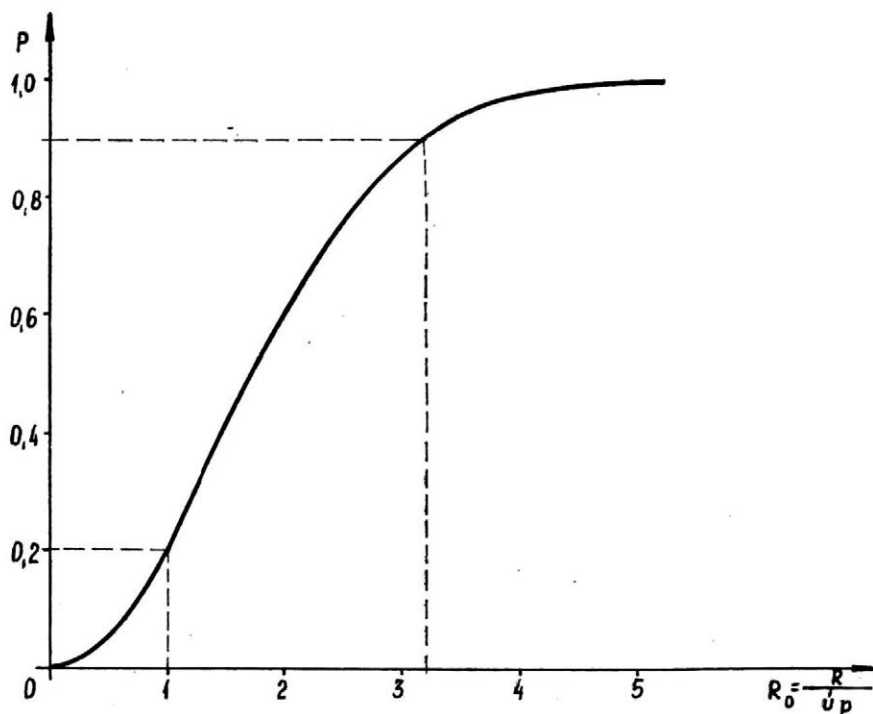
### Vliv přesnosti úderu na jeho účinnost a hospodárnost

Přesnost úderu závisí na velkém počtu náhodných chyb při přípravě prvků, na různých malých (v rámci přípustných tolerancí) náhodných nepřesnostech při výrobě rakety a pohonných hmot a konečně i na náhodném kolísání podmínek letu rakety. Všechny tyto vlivy způsobují náhodnou odchylku epicentra od stanoveného záměrného bodu, čímž ovlivňují přesnost úderu. Pro zjednodušení dalších úvah předpokládáme, že možnost výskytu chyb je ve všech směrech stejná, tj. že jde o chyby kruhové. Jako kvantitativní charakteristiky přesnosti používáme kruhové **pravděpodobné úchyly úderu**, kterou označujeme symbolem  $\bar{U}_p$ . Pravděpodobnostní rozložení chyb úderu je rozložením normálním (Gaussovým). Pravděpodobnost, že epicentrum padne působením chyb úderu do kruhu o poloměru  $R_0$  se středem v záměrném bodě, znázorňuje **obr. 1**. Říkáme jim stručně pravděpodobnosti zásahu kruhu epicentrem. Poloměr tohoto kruhu  $R_0$ , vynesení na vodorovné ose je vyjádřen v pravděpodobných úchylných úderu  $\bar{U}_p$ .

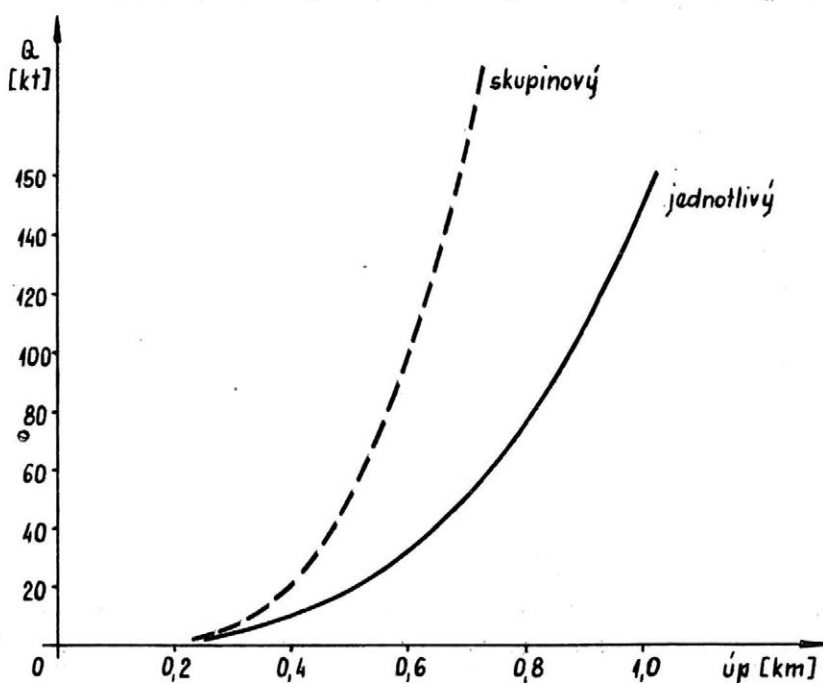
Údajů **obr. 1** můžeme také využít k vyslovení definice pravděpodobné úchylny úderu:

**Pravděpodobná úchylna úderu**  $\bar{U}_p$  představuje poloměr takového kruhu se středem v záměrném bodě, u něhož je pravděpodobnost zásahu epicentrem  $P = 0,2034$ .

Z **obr. 1** můžeme též získat odpověď na důležitou otázku: jak velký poloměr, u něhož je pravděpodobnost zásahu epicentrem  $P = 0,9$ ? Z grafu zjistíme, že tento poloměr je  $R_0 = 3,2 \bar{U}_p$ . Při úderu na jednotlivý cíl požadujeme, aby pravděpodobnost jeho zničení byla  $P = 0,9$ . Zanedbáme-li relativně malé rozměry takového cíle, můžeme konstatovat, že k jeho zničení dojde právě tehdy, bude-li poloměr účinku jaderné náplně  $R_z$  alespoň tak veliký, jako poloměr kruhu, u něhož je pravděpodobnost zásahu epicentrem  $P = 0,9$ . Tento



Obr. 1. Pravděpodobnost, že epicentrum padne do kruhu o poloměru  $R_0$ .

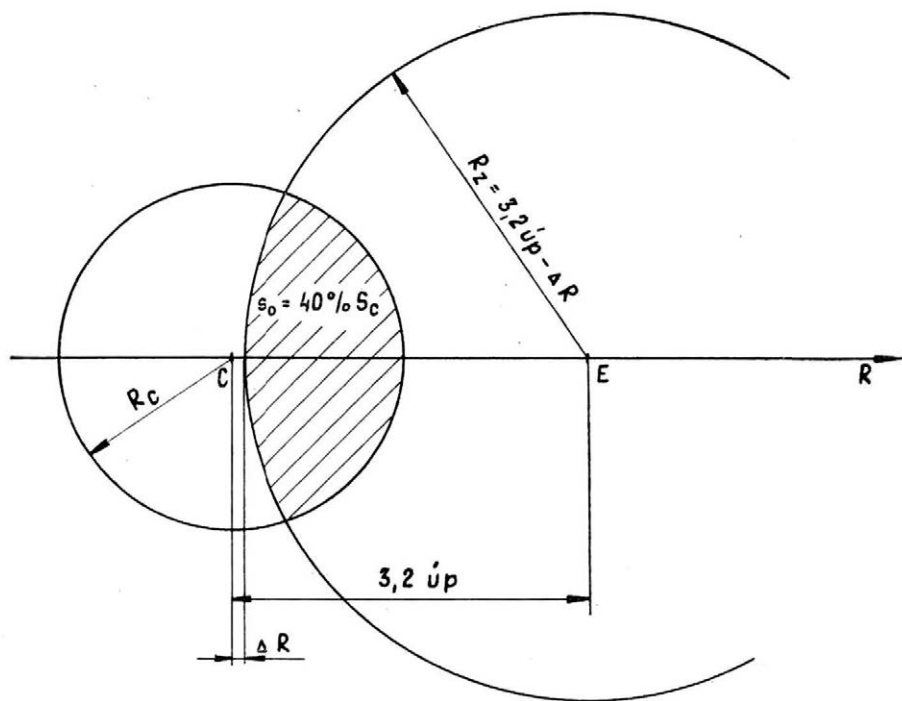


Obr. 2. Nutná mohutnost jaderné náplně  $Q$  pro zničení cíle v závislosti na velikosti pravděpodobné úchyly úderu  $\bar{u}_p$ .

poloměr je však roven  $3,2 \bar{U}p$ . Bude-li tedy platit  $R_z = 3,2 \bar{U}p$ , bude splněna požadovaná podmínka účinnosti a cíl bude s 90% pravděpodobností zničen. Je tedy patrné, že **hospodárnost úderu na jednotlivý cíl**, charakterizovaná nutnou mohutností jaderné náplně  $Q$ , **závisí na přesnosti úderu**, charakterizované velikostí pravděpodobné úchyly úderu  $\bar{U}p$ . Tuto závislost graficky znázorňuje **obr. 2**.

Na jeho vodorovné ose jsou vyneseny velikosti pravděpodobné úchyly  $\bar{U}p$  (v km) a na svislé mohutnosti jaderné náplně  $Q$  (v kt) nutné pro zničení cíle. Zakreslená plná křivka zobrazuje závislosti obou hodnot při úderu na jednotlivý cíl typu řízená střela na odpalovacím zařízení.

Ke zničení skupinového cíle je nutné, aby  $S_o \geq 0,4$ . Z **obr. 3** je patrné, že nutný poloměr účinku střely  $R_z$  je v tomto případě roven předchozí hodnotě  $3,2 \bar{U}p$ , upravené o určitou hodnotu  $\Delta R$ , jejíž velikost závisí na poloměru skupinového cíle. Je tedy i při **úderu na skupinový cíl jeho hospodárnost závislá na přesnosti**. Graficky je tato závislost znázorněna na **obr. 2** čárkovaně. Vypočítané hodnoty platí pro živou sílu v obrněných transportérech rozmístěnou na kruhu o poloměru 1 km.



Obr. 3. Nutný poloměr účinku střely  $R_z$  při úderu na skupinový cíl o poloměru  $R_c$ .

## Podmínky pro přesnost úderu

Ukázal jsem již, že hospodárnost úderů podstatně závisí na přesnosti. Dále sledujeme, jaké podmínky ovlivňují přesnost úderu.

Chyby, kterými je doprovázena příprava a sám raketový úder, můžeme dělit do těchto skupin:

- určení souřadnic cíle,
- topograficko-geodetické připojení a orientace,
- povětrnostní přípravy,
- balistické a technické přípravy,
- tabulek střelby,
- technického rozptylu.

Chyby jednotlivých skupin působí navzájem nezávisle a způsobují ve svém výsledku celkovou náhodnou chybu úderu, charakterizovanou pravděpodobnou úchylkou úderu  $\bar{U}_p$ . Z tohoto výčtu dílčích chyb je patrné, že na **výsledné přesnosti úderu se svou prací podílejí** — kromě příslušníků raketového vojska — **i zástupci dalších odborností**. Jsou to především zpravodajské orgány a příslušníci různých průzkumných útvarů a jednotek, kteří dodávají nezbytné údaje o cíli. Dále to jsou orgány, útvary a jednotky, které se podílejí na topograficko-geodetickém zabezpečení činnosti raketového vojska a orgány a jednotky, které se zúčastní na povětrnostním zabezpečení. Rozbor otázek přesnosti je proto zaměřen především na tyto oblasti, v nichž raketové vojsko využívá podkladů jiných odborností a na ně ve své další práci navazuje.

Pro dosažení vysoké přesnosti úderu má velký význam **přesnost určení souřadnic cíle**, která je charakterizována kruhovou pravděpodobnou chybou  $r_c$ . Její velikost závisí na způsobu určení souřadnic cíle a na použitých prostředcích. Pro ilustraci v **tabulce 1** uvádím přehled přesnosti nejčastěji používaných způsobů a prostředků.

Z orientačních údajů je patrné, že přesnost kolísá u nejčastěji používaných způsobů ve značně širokém intervalu (od 12 m při využití svislého leteckého snímku až po 600 m při pozorování z letounu). Všeobecně nejpřesnější podklady poskytuje **svislý letecký snímek**. Má další výhodu, že zachycuje věrně fotografovaný prostor se všemi podrobnostmi. Objektivně reprodukuje informace o situaci a snižuje na minimum subjektivní vlivy. Nevýhodou, která v současné době snižuje možnosti širokého využití, je poměrně dlouhá doba mezi pořízením snímku a získáním výsledků. Návrat letounu z prostoru cíle a technické zpracování snímkových materiálů trvá okolo 8 hodin.

Cenné údaje mohou poskytnout **skupiny hloubkového průzkumu**. Pro dosažení dostatečné přesnosti je však nutné vybavit je mapami měřítka 50 000 a při jejich výcviku vypěstovat potřebné návyky v orientaci, identifikaci objektů, odhadu dálek a určování souřadnic cílů podle mapy. Nevýhodou hloubkového průzkumu je jeho poměrně omezená pohyblivost v terénu.

Souřadnice cílů získané **pozorováním prostředky vzdušného průzkumu** mají všeobecně nižší přesnost. Pozorování z vrtulníku je přitom omezeno dálkově (dálka pozorovací kolem 10 km), pozorování z letounu zase hustotou nepřátelské protivzdušné obrany.

Tabulka 1

## Přesnost některých způsobů určení souřadnic cíle

| Druh průzkumu                | Způsob použití                    | Druh podkladu                                                                      | Pravděpodobná kruhová chyba $r_c$ (m) |
|------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| skupina hloubkového průzkumu | pozorování ze stanoviště mimo cíl | mapa 50 000<br>mapa 100 000                                                        | 75 m<br>200—300 m                     |
| fotografický vzdušný         | svislý letecký snímek             | mapa 25 000<br>mapa 50 000<br>mapa 100 000                                         | 12—20 m<br>20—30 m<br>60—70 m         |
| pozorování z vrtulníku       | dálka pozorovací 10 km            | mapa 50 000<br>letecký snímek 20 000<br>skloněný letecký snímek<br>mapa a přístroj | 180 m<br>130 m<br>120 m<br>90 m       |
| pozorování z letounu         | v prostoru cíle                   | mapa 50 000<br>mapa 100 000<br>mapa 200 000                                        | 100—150 m<br>200—400 m<br>400—600 m   |

V závislosti na bojové situaci, na době a na druhu a úplnosti podkladů připojují a orientují se palebná postavení **geodetickým nebo topografickým způsobem**. Přesnost polohových souřadnic je charakterizována kruhovou pravděpodobnou chybou  $r_{lg}$ , přesnost orientace pravděpodobnou úhlovou chybou  $\delta_{or}$ . Velikosti těchto pravděpodobných chyb se pohybují u geodetického způsobu v rozmezí  $3 \text{ m} \leq r_{lg} \leq 10 \text{ m}$ ,  $1,2' \leq \delta_{or} \leq 5,4'$  a u topografického  $25 \text{ m} \leq r_{lg} \leq 50 \text{ m}$ ,  $3,0' \leq \delta_{or} \leq 15,0'$  (při použití mapy měřítka 1 : 50 000). Jak je patrné, požadavky vysoké přesnosti splňuje především geodetický způsob. Jeho použití je však časově značně náročné. Při hustotě výchozího podkladu 1 bod na 5 km<sup>2</sup> potřebuje jedno topograficko-geodetické družstvo na připojení jednoho palebného postavení u taktických prostředků 2 až 3 h a u operačně taktických prostředků 3 až 4 h. S klesající hustotou výchozího podkladu potřeba času narůstá. Mimo čs. státní území — v prostorech s nízkou hustotou výchozího podkladu — musí geodetickému připojení předcházet vytvoření geodetických sítí speciálního určení útvary a jednotkami topografické služby, které vyžaduje několik desítek hodin až několik dnů času.

Topografický způsob je sice časově poněkud méně náročný, ale jeho přesnost je i při použití map měřítka 1 : 50 000 podstatně nižší. Mimo čs. státní území můžeme tuto přesnost zabezpečit jen výjimečně při použití map měřítka 1 : 50 000 2. vydání, a to v závislosti na přesnosti příslušné mapy, která může být značně rozdílná.

Nutnou podmínkou, bez níž nemůžeme raketový úder uskutečnit je úplná informace o **povětrnostních podmínkách**. Raketové útvary a jednotky ji získávají prostřednictvím speciálních povětrnostních zpráv, které sestavují a vysílají povětrnostní stanice na základě úplných přízemních a výškových měření

povětrnostních podmínek. I při nejpřesnějším měření jsou výsledky povětrnostní přípravy zcela nezbytně zatíženy náhodnými chybami, jejichž důsledky se projevují jako nepřesnosti úderu. Hlavními příčinami chyb povětrnostní přípravy jsou

- instrumentální chyby přístrojů a chyby metody,
- změny povětrnostních podmínek v době od jejich změření do jejich využití,
- změny povětrnostních podmínek mezi místem jejich měření a jejich využití,

V současné době jsou chyby první skupiny vzhledem k dostatečně vysoké přesnosti zavedených přístrojů i používané metody relativně malé. Podstatnou roli hrají však druhé dvě skupiny, jejichž chyby dosti rychle rostou se zvětšováním doby a vzdálenosti od okamžiku a místa zpracování povětrnostní zprávy. Z hlediska přesnosti by bylo ideální, kdyby povětrnostní zpráva byla sestavována k okamžiku výstřelu a v bezprostřední blízkosti palebného postavení. Prakticky však tento požadavek není uskutečnitelný a za vyhovující z hlediska přesnosti považujeme povětrnostní zprávu starou dvě (a při neměnném počasí méně než čtyři) hodiny a sestavenou v okruhu přibližně do 40 km od palebného postavení. Jsou-li tyto požadavky splněny, jsou chyby povětrnostní přípravy v přijatelných mezích, takže příliš celkovou přesnost úderu svým působením nesnižují.

**Chyby balistické a technické přípravy** představují náhodné chyby, které pramení jak z různých instrumentálních chyb používaných přístrojů, tak i ze subjektivních chyb obsluhujícího personálu. Velikosti prvních z nich jsou pro příslušnou techniku jednoznačně dány, velikosti druhých závisí na stupni vycvičenosti a získaných návycích. Jejich snižování na požadovanou úroveň je tedy jedním z nezbytných úkolů bojové a politické přípravy jednotlivců i celých kolektivů. Dobře vycvičené a stmelené pracovní kolektivy dosahují stupně přesnosti v takových mezích, že celková přesnost úderu není podstatně snižována. Máme však na zřeteli, že subjektivní složka přesnosti silně závisí na době, kterou má subjekt k dispozici pro vykonání potřebných úkonů. Tuto okolnost plně respektují i stanovené časové normy. Každé příslušné zrychlování práce a zkracování předepsaných norem se zcela zákonitě musí odrazit v poklesu dosahované přesnosti a může tak ve svém důsledku ohrozit celkovou přesnost a tím i účinnost úderu.

**Chyby tabulek střelby a technického rozptylu** představují objektivně existující a nevyhnutelně působící chyby, které přípravu a uskutečnění úderu doprovázejí. Jejich velikost je pro každý používaný materiál předem dána a nezávisí na činnosti subjektu ve vlastní bojové situaci. Proto štáby, útvary a jednotky musí s těmito chybami počítat, avšak nemohou žádnou svou činností jejich velikost korigovat.

Celková náhodná chyba úderu je vytvářena současným nezávislým působením všech dílčích zdrojů. Jak jsem naznačil, každý z nich je přitom vyvoláván opět celým množstvím drobnějších, navzájem nezávislých příčin. Jsou tedy splněny všechny podmínky pro to, abychom pravděpodobnostní rozložení chyb úderu považovali za rozložení normální (Gaussovo). Kruhová pravděpodobná úchylna úderu  $\bar{U}_p$ , charakterizující přesnost úderu, se získá jako druhá odmocnina ze součtu kvadrátů dílčích pravděpodobných chyb, které charakterizují přesnost jednotlivých skupin chyb. Z předchozí analýzy vyplývá, že se velikosti těchto dílčích pravděpodobných chyb mohou pohybovat v závislosti

na použitých způsobech a prostředcích v dosti širokém intervalu. To se plně projeví i u výsledné pravděpodobné úchyly úderu. Proto byly zavedeny tzv. **standardní podmínky**, tj. jakési průměrné podmínky přípravy a vedení úderu, při nichž je zabezpečeno dosažení **standardní přesnosti úderu**. Ta byla vzata za základ při zpracování používaných pomůcek pro hodnocení účinnosti i hospodárnosti úderu.

### Nutné podmínky pro dosažení standardní přesnosti

Velikost pravděpodobných chyb balistické a technické přípravy, tabulek střelby a technického rozptylu, které jsou v současné době charakteristické pro zavedený materiál, byly současně přijaty za charakteristiky standardní přesnosti. Proto se jimi dále nebudu zabývat a zaměřím se pouze na ostatní chybové zdroje.

Abychom zaručili požadovanou účinnost a hospodárnost úderu, byly odvozeny maximální přípustné velikosti **pravděpodobných chyb určení souřadnic cíle**. Jsou dány těmito nerovnostmi:

- u úderu taktickými prostředky  $75 \text{ m} \leq r_c \leq 100 \text{ m}$ ,
- u úderu operačně taktickými prostředky  $150 \text{ m} \leq r_c \leq 200 \text{ m}$ .

Dosahují-li pravděpodobné chyby určení souřadnic cíle v jednotlivých konkrétních případech těchto hodnot, můžeme celkovou přesnost úderu považovat ještě za standardní a můžeme k hodnocení účinnosti resp. k určení nutné mohutnosti jaderné náplně používat normálních pomůcek. Budou-li uvedené maximální přípustné hodnoty překročeny, bude celková přesnost a tedy také účinnost úderu příliš nízká. Pokles celkové přesnosti je s narůstající chybou souřadnic cíle velmi prudký. Nedostatek přesnosti nahrazovat neúměrným zvětšením mohutnosti je velmi nevhodné. Bude-li v konkrétním případě pravděpodobná chyba souřadnic menší než uvedené hodnoty, celková přesnost úderu sice poněkud vzroste, avšak toto zvětšení nebude tak pronikavé, jako byl v předchozím případě pokles přesnosti. Proto i v této situaci můžeme plně využívat normálních pomůcek pro hodnocení a určení nutné mohutnosti náplně.

Za standardní a přípustné způsoby určování souřadnic cílů můžeme považovat při úderu:

- taktickými prostředky: svislý letecký snímek, pozorování skupinou hloubkového průzkumu s využitím mapy 50 000, pozorování z vrtulníků pomocí mapy a přístroje při pozorovací dálce do 10 km, pozorování z letounu v prostoru cíle s využitím mapy 50 000,

- operačně taktickými prostředky: kromě uvedených způsobů ještě pozorování z vrtulníku s libovolným podkladem při dálce pozorování do 10 km (i když pravděpodobnost využití tohoto prostředku je vzhledem k úkolům operačně taktických prostředků velmi nízká).

Protože určení souřadnic cíle představují důležitou složku celkové přípravy úderu, budeme mu na všech odpovídajících stupních velení věnovat maximální pozornost. Důležitým předpokladem k tomu je rozvoj nových průzkumných prostředků a metod i získání patřičných schopností a návyků již při mírovém výcviku všech zpravodajských a průzkumných orgánů.

Přesnost **topograficko-geodetické přípravy** musí splňovat při standardních podmínkách požadavky, vyjádřené těmito nerovnostmi:

- u taktických prostředků  $20 \text{ m} \leq r_{tg} \leq 25 \text{ m}$ ,  $1,5 \text{ dc} \leq \delta_{or} \leq 2,0 \text{ dc}$ ,
- u operačně taktických prostředků  $50 \text{ m} \leq r_{tg} \leq 70 \text{ m}$ ,  $\delta_{or} \approx 2'$ .

Tyto požadavky jsou zcela splněny u geodetického způsobu. U operačně taktických prostředků vyhovuje pro připojení palebných postavení i topografický způsob, avšak přesnost jeho orientace je příliš nízká.

Z uvedených požadavků přesnosti vyplývají vysoce náročné úkoly při plánování, organizaci a uskutečňování topograficko-geodetické přípravy, a to zejména při bojové činnosti mimo čs. státní území. V úvahu беру i dříve uvedenou nutnost vytváření speciálních geodetických sítí a jejich časovou náročnost.

Pro zabezpečení nezbytné přesnosti **povětrnostní přípravy** chceme dosáhnout toho, aby raketové útvary a jednotky byly zabezpečeny úplnou povětrnostní zprávou, její stáří nepřekročí dvě hodiny a která byla sestavena ve vzdálenosti do 40 km od palebných postavení. To ovšem vyžaduje dovedné a centralizované plánování činnosti všech povětrnostních stanic, v úzkém souladu s plánováním bojové činnosti raketových útvarů a jednotek.

Splníme-li všechny tyto podmínky, můžeme přesnost raketových úderů považovat za standardní a můžeme očekávat vysokou účinnost i hospodárnost těchto úderů. K hodnocení účinnosti můžeme přitom plně využívat zavedených pomůcek.

### **Závěr**

V práci jsem ukázal význam přesnosti pro účinnost a hospodárnost raketového úderu. Uvedl jsem také mezní přípustné hodnoty jednotlivých dílčích chyb, při nichž lze očekávat celkovou přesnost za standardní a úder za dostatečně hospodárný. Z těchto údajů zcela zřetelně vyplývá příslost potřebných předpokladů i náročnost jejich splnění. To vyžaduje nejen vysoce promyšlenou plánovací a organizátorskou činnost všech zapojených stupňů velení, ale i určité nezbytné množství času, jehož další snižování není účelné. Značný význam má i získávání patřičných schopností a návyků v dlouhodobém procesu bojové a politické přípravy.