



## ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

<b>109006</b> <b>1. vydání</b>	<b>MODEL CHYBOVÉ SOUSTAVY VÝZBROJE NATO</b>
-----------------------------------	---

ZAVÁDÍ	STANAG 4635, Ed. 1 THE NATO ARMAMENTS ERROR BUDGET Model chybové soustavy výzbroje NATO
NAHRAZUJE	Nenahrazuje žádný standard nebo normu

(VOLNÁ STRANA)

## ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

### MODEL CHYBOVÉ SOUSTAVY VÝZBROJE NATO

**Základem pro tvorbu tohoto standardu byl originál následujícího dokumentu:**

STANAG 4635, Ed. 1 THE NATO ARMAMENTS ERROR BUDGET  
Model chybové soustavy výzbroje NATO

© Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti

Praha 2020

## Obsah

1	Předmět standardu .....	6
2	Nahrazení standardů (norem) .....	6
3	Související dokumenty .....	6
3.1	České obranné standardy .....	6
3.2	Standardizační dokumenty NATO.....	6
4	Zpracovatel ČOS .....	7
5	Použité zkratky, značky a definice .....	7
5.1	Zkratky .....	7
5.2	Značky .....	9
5.3	Definice .....	12
6	Všeobecná ustanovení.....	16
6.1	Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě) .....	18
6.2	Palba po opravách .....	18
6.3	Zastřílení .....	18
6.4	Modelování .....	19
6.5	Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě) a s využitím oprav.....	19
6.6	Zastřílení a palba po opravě dráhy .....	19
7	Metody výpočtu .....	19
7.1	Deterministická metoda (druhé odmocniny součtu čtverců kořenů – RSS) <b>19</b>	
7.2	Stochastická metoda.....	20
8	Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě) a po opravě.....	20
8.1	Hlavní rovnice .....	20
8.2	Metoda výpočtu.....	21
8.3	Počáteční rychlost ( $\sigma_R, MV$ ).....	21
8.4	Meteorologická příprava ( $\sigma_X, Met$ ) .....	22
8.5	Poloha zbraně ( $\sigma_X, WL$ ) .....	22
8.6	Poloha cíle ( $\sigma_X, TL$ ).....	22
8.7	Náměr ( $\sigma_R, QE$ ) a směr ( $\sigma_D, AZ$ ).....	22
8.8	Chyby užitečného nákladu ( $\sigma_X, Sub$ ) .....	22
8.9	Chyby zapalovače ( $\sigma_X, Fuze$ ).....	22
8.10	Chyby střely a výpočtu ( $\sigma_X, Proj$ ), ( $\sigma_X, Calc$ ) .....	23
8.11	Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě).....	23
8.12	Palba po opravách.....	23
9	Chybová soustava meteorologické přípravy .....	26
9.1	Úvod.....	26
9.2	Popis modelu .....	26

9.3 Implementace modelu.....	29
10 Zastřílení .....	30
11 Zdroje chybové soustavy (dělostřelectvo) .....	31
11.1 Chyba od zbraně ke zbrani ( $\sigma X, Wpn$ ) .....	32
11.2 Chyba od palebné jednotky k palebné jednotce ( $\sigma X, Unit$ ) .....	32
12 Definice ekvivalentu pravděpodobných kruhových chyb ( <i>ECEP</i> ).....	33
<b>PŘÍLOHY</b>	
Příloha A Příklad chybové soustavy (dělostřelectvo).....	36

## 1 Předmět standardu

ČOS 109006, 1. vydání, zavádí do prostředí ČR STANAG 4635. Ed.1. Standard definuje model chybové soustavy pro střelbu pozemního dělostřelectva. Tento model nelze použít pro zbraňové systémy pro přímou střelbu, raketové systémy pro nepřímou střelbu, zbraňové systémy vzduch–vzduch a vzduch–země, střelbu na odraz zbraní pro nepřímou střelbu a balistické projevy střepin po nárazu střely.

## 2 Nahrazení standardů (norem)

ČOS nenahrazuje žádnou normu nebo standard.

## 3 Související dokumenty

V tomto ČOS jsou normativní odkazy na následující citované dokumenty (celé nebo jejich části), které jsou nezbytné pro jejich použití. U odkazů na datované citované dokumenty platí tento dokument bez ohledu na to, zda existují novější vydání/edice tohoto dokumentu. U odkazů na nedatované dokumenty se používá pouze nejnovější vydání/edice dokumentu (včetně všech změn).

### 3.1 České obranné standardy

ČOS 102502	ZPŮSOBY STŘELBY UMOŽŇUJÍCÍ STANOVENÍ BALISTICKÝCH DAT PRO SYSTÉMY ŘÍZENÍ PALBY
ČOS 102513	STANDARDNÍ FORMÁT TABULEK STŘELBY HLAVŇOVÉHO DĚLOSTŘELECTVA
ČOS 109001	LIESKEHO MODEL DRÁHY LETU MODIFIKOVANÉHO HMOTNÉHO BODU A MODEL DRÁHY LETU S PĚTI STUPNI VOLNOSTI
ČOS 109005	SOUBOR SDÍLENÉHO PROGRAMOVÉHO VYBAVENÍ (PRO ŘÍZENÍ PALBY) PODSKUPINY 2 (S <sup>4</sup> )
ČOS 130011	POSTUPY STANOVENÍ, VÝMĚNY INFORMACÍ A PŘEDPOVĚDI ÚŠŤOVÉ (POČÁTEČNÍ) RYCHLOSTI STŘEL U POZEMNÍHO DĚLOSTŘELECTVA

### 3.2 Standardizační dokumenty NATO

STANAG 4278	METHOD OF EXPRESSING NAVIGATION ACCURACIES Metoda vyjádření přesnosti navigace
AAP-06	NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS (ENGLISH AND FRENCH) Slovník NATO s termíny a definicemi (anglicky a francouzsky)
AMETOCIP-4 VOLUME I	NATO METEOROLOGICAL AND OCEANOGRAPHIC CODES MANUAL, VOLUME I Příručka meteorologických a oceánografických kódů NATO, svazek I

## 4 Zpracovatel ČOS

Vojenský technický ústav, s.p. – Odštěpný závod VTÚVM Slavičín, Ing. Pavel Kupec

## 5 Použité zkratky, značky a definice

### 5.1 Zkratky

Zkratka	Název v originálu	Český název
AČR		Armáda České republiky
AMETOCP	Allied Meteorological and Oceanographic Publication	Spojenecká meteorologická a oceánografická publikace
AZ	azimuth	azimut (směr)
BMWG	Battlefield Meteorological Working Group	Meteorologická pracovní skupina bojiště
Calc	calculation	výpočet
CEP	circular error probable	pravděpodobná kruhová chyba
D	deflection	směrová odchylka
DA	delivery accuracy	přesnost vedení palby
Dens	air density	hustota vzduchu
DL	delay	zpoždění
DT	delivery technique	způsoby vedení palby
ECEP	equivalent circular error probable	ekvivalentní pravděpodobná kruhová chyba
FF	firing-unit-to-firing-unit	od palebné jednotky k palebné jednotce
FFE	fire for effect	účinná palba
FS	fuze setting	nastavení zapalovače
GPS	global positioning system	globální polohový systém (globální systém určování polohy)
H	height	výška
HE	high explosive	tříštivotrhavý
Inst	instrumentation	přístroje
LCG/3	Land Capability Group 3	Skupina schopností pozemních sil 3
LF	lift factor	součinitel vzlaku
loc	location	poloha
MCM	Monte-Carlo method	metoda Monte-Carlo
Met.	meteorological	meteorologický
METCM	computer meteorological message	meteorologická zpráva pro počítač

<b>Zkratka</b>	<b>Název v originálu</b>	<b>Český název</b>
Meteo		meteorologická příprava
METGM	gridded meteorological message	meteorologická zpráva se známými souřadnicemi
MPI	mean point of impact	střední náraz
MPMM	modified point mass model	model dráhy modifikovaného hmotného bodu
MV	muzzle velocity	počáteční rychlost
MVV	muzzle velocity variability	změna počáteční rychlosti
NABK	NATO Armaments Ballistic Kernel	Balistický řídicí program výzbroje NATO
NAEB	NATO Armaments Error Budget	Chybová soustava výzbroje NATO
NIFAK	NATO Indirect Fire Appreciation Kernel	Řídicí program hodnocení nepřímé střelby NATO
OAE	observer adjustment error	chyba zastřelujícího pozorovatele
PE	probable error	pravděpodobná chyba
Proj	projectile	střela
QE	quadrant elevation	náměr
R	range	dálka (dostřel)
Reg	registration	zastřílení
RMS	root-mean-square	druhá odmocnina průměru čtverců kořenů
RR	round-to-round	od rány k ráně
RSS	root-sum-square	druhá odmocnina součtu kořenů
S <sup>4</sup>	SG/2 Shareable (Fire Control) Software Suite	Řada sdílených programů (software) řízení palby
SD	standard deviation	standardní odchylka
SE	sampling error	chyba vzorku
SG/2	Sub-Group 2 of LCG/3	Podskupina 2 skupiny LCG/3
T	target	cíl
TE	total error	celková chyba
Temp	air temperature	teplota vzduchu
TF	thrust factor	součinitel tahu motoru
TL	target location	poloha cíle
TLE	target location error	chyba polohy cíle
ToF	time of flight	doba letu



Zkratka	Název v originálu	Český název
Trans	transfer	přenos
W	wind speed	rychlost větru
WL	weapon location	poloha zbraně
Wpn	weapon	zbraň
WW	weapon-to-weapon	od zbraně ke zbrani
1 D	one-dimensional	jednorozměrný
2 D	two-dimensional	dvourozměrný

## 5.2 Značky

Značka	Význam	Jednotky	Dílčí složka
$\Delta d$	prostorová vzdálenost platnosti Meteo (dráha balonu)	m	-
$A$	shoda času-prostoru Meteo	-	-
$D$	prostorová vzdálenost Meteo	km	-
$\partial_{Dens}$	dílčí chyba hustoty vzduchu	-	%
$fD$	součinitel odporu	-	-
$f_L$	součinitel vztlaku	-	-
$f_m$	součinitel pro palbu s vypočítanými prvky / po opravě pro zastřílení Meteo	-	-
$f_T$	součinitel tahu motoru	-	-
$\partial f_T$	dílčí chyba tahu motoru	-	s
$i$	součinitel tvaru	-	%
$\partial i$	dílčí chyba součinitele tvaru střely	-	%
$i_{BB}$	součinitel odporu plynového generátoru	-	%
$k$	konstanta pro opravu časové a prostorové prošlosti Meteo	-	-
$n$	počet ran použitých pro zastřílení	-	-
$q$	součinitel pro chybovou soustavu Meteo	-	-
$Range\_K$	způsob zastřílení (v dálce)	m	-

<b>Značka</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotky</b>	<b>Dílčí složka</b>
$Reg_C$	extrahovaná oprava zastřílení	m	různé
$Reg_R$	vzdálenost bodu zastřílení děla (v dálce)	m	-
$S_i, S_j$	zdroje chyb zbraně ( $i$ a $j$ )	různé	-
$\partial S_i, \partial S_j$	dílčí zdroje chyb zbraně ( $i$ a $j$ )		různé
$t$	čas Meteo	h	
$t_{DL}$	doba zpoždění motoru	s	
$\partial t_{DL}$	dílčí chyba doby zpoždění raketového motoru	-	s
$\partial Temp$	dílčí chyba virtuální teploty vzduchu	-	°C
$Tgt_R$	dálka cíle (pro úkol zastřílení)	m	-
$T_i, T_j$	zdroje chyb Meteo ( $i$ a $j$ )	různé	-
$\partial T_i, \partial T_j$	dílčí zdroje chyb Meteo ( $i$ a $j$ )	-	různé
$\partial ToF$	dílčí chyba doby letu	-	s
$t_p - t_b$	platnost času Meteo (dálka k balonu)	s	-
$v_b$	rychlost stoupaní balonu Meteo	$m \cdot s^{-1}$	-
$w$	úhel doletu	mil	-
$\partial W$	dílčí chyba rychlosti větru	-	$m \cdot s^{-1}$
$\partial X$	dílčí změna v hodnotě $X$ (R, D nebo H)	-	různé
$Z$	výška středního bodu vrstvy Meteo	m	-
$Zapalovač_K$	způsob zastřílení (v době letu zapalovače)	s	-
$\rho_{S_i S_j}$	statistická korelace mezi zdroji chyb zbraně	-	-
$\rho_{T_i T_j}$	statistická korelace mezi zdroji chyb Meteo	-	-
$\sigma_D$	celková chyba přesnosti vedení palby ve směru	m	-

<b>Značka</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotky</b>	<b>Dílčí složka</b>
$\sigma_H$	celková chyba přesnosti vedení palby ve výšce	m	-
$\sigma_{Inst}$	chyba měřících přístrojů	m	různé
$\sigma_{nZ}$	klimatická standardní odchylka parametru Meteo ve vrstvě zóny Z	různé	různé
$\sigma_{R,Precision}$	standardní odchylka délky s využitím postupu vedení palby zastřílením nebo přenosu	m	různé
$\sigma_{RR}$	celková chyba od rány k ráně	m	-
$\sigma_{Si}$	standardní odchylka zdroje chyby S	m	různé
$\sigma_{Ti,Inst}$	standardní odchylka parametru $T_i$ přístrojů Meteo		
$\sigma_{Ti,Staleness}$	standardní odchylka parametru $T_i$ stálosti Meteo	různé	různé
$\sigma_X$	celková přesnost vedení palby (kde $X = R, D$ nebo $H$ )	m	-
$\sigma_{X,AZ}$	chyba směru (azimutu) ( $X = D$ )	m	mil
$\sigma_{X,Calc}$	chyba balistického výpočtu ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	%
$\sigma_{X,(loc,RR)}$	chyba polohy rány pro zastřílenou palbu ( $X = R$ )	m	%
$\sigma_{X,DA}$	přesnost vedení palby ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	-
$\sigma_{X,Dens}$	chyba hustoty vzduchu ( $X = R$ )	m	hPa
$\sigma_{X,FFE}$	chyba střely účinné střelby ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	m
$\sigma_{X,fl}$	chyba součinitele vztlaku ( $X = D$ )	m	%
$\sigma_{X,ft}$	chyba součinitele tahu raketového motoru ( $X = R$ )	m	%
$\sigma_{X,Fuze}$	chyba zapalovače ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m, s	m
$\sigma_{X,i}$	chyba součinitele tvaru střely ( $X = T$ )	m	%
$\sigma_{X,Met}$	chyba Meteo ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	m

<b>Značka</b>	<b>Význam</b>	<b>Jednotky</b>	<b>Dílní složka</b>
$\sigma_{X,Model}$	chyba modelu Meteo ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	různé
$\sigma_{X,MPI}$	chyba středního nárazu ( $X = R$ )	m	$m \cdot s^{-1}$
$\sigma_{X,MV}$	chyba počáteční rychlosti ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	m
$\sigma_{X,OA}$	chyba pozorovatele zastřelení ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	-
$\sigma_{X,Proj}$	chyba střely ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	m
$\sigma_{X,QE}$	chyba náměru zbraně ( $X = R$ )	m	mil
$\sigma_{X,Reg}$	chyba zastřelení zbraně ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	různé
$\sigma_{X,RR}$	chyba od rány k ráně ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	-
$\sigma_{X,SE}$	chyba vzorku zastřelení ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	-
$\sigma_{X,Si}$	standardní odchylka chyby parametru $S_i$ ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	různé
$\sigma_{X,Staleness}$	chyba platnosti Meteo ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	různé
$\sigma_{X,Sub}$	chyba užitečného nákladu střely ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	s nebo m
$\sigma_{X,tDL}$	čas zpoždění raketového motoru ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	s
$\sigma_{X,TL}$	chyba polohy cíle ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	m
$\sigma_{X,Trans}$	chyba přenosu zbraně ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	různé
$\sigma_{X,Unit}$	chyba od palebné jednotky k palebné jednotce ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	různé
$\sigma_{X,W}$	chyba větru Meteo ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	$m \cdot s^{-1}$
$\sigma_{X,WL}$	chyba polohy zbraně ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	m
$\sigma_{X,Wpn}$	chyba od zbraně ke zbrani ( $X = R, D$ nebo $H$ )	m	m

### 5.3 Definice

<b>Český název</b>	<b>Anglický název</b>	<b>Definice</b>
<b>aerodynamika střely</b>	projectile aerodynamics	Aerodynamické síly a momenty potřebné pro popsání dráhy střely v modelu dráhy.

<b>Český název</b>	<b>Anglický název</b>	<b>Definice</b>
<b>bod nárazu</b>	point of impact	Místo, v němž narazí nebo se očekává, že narazí střela.
<b>celková chyba</b>	total error	Celková chyba je druhá odmocnina přesnosti vedení palby a chyby od rány k ráně pro palebný úkol.
<b>cíl</b>	target	U dělostřelectva vymezený a číselně označený prostor určený pro vedení palby (AAP-06).
<b>časová platnost meteorologické zprávy</b>	Met. time staleness	Čas/doba uplynulá mezi časem meteorologického měření a aktuálním časem výskytu střely na dráze letu v příslušné výšce.
<b>ekvivalent pravděpodobné kruhové chyby</b>	equivalent circular error probable (ECEP)	Používá se, jestliže standardní odchylka v dálce je mnohem větší než ve směru.
<b>chyba od palebné jednotky k palebné jednotce</b>	firing-unit-to-firing-unit (FF) error	Chyba středního nárazu, která je výsledkem chyb mnoha střilejících jednotek použitých v úkolu za stejných podmínek.
<b>chyba od rány k ráně</b>	round-to-round (RR) error	Chyba určená statistickým rozložením série ran vystřelených kolem středního nárazu z jednotlivé zbraně.
<b>chyba od série k sérii</b>	lot-to-lot variation	Chyba přesnosti kvůli neznámým změnám počátečních rychlostí mezi sériemi náplně. Mohou to být změny zbraň ke zbrani nebo úkol k úkolu.
<b>chyba od úkolu k úkolu</b>	mission-to-mission variation	Chyba daná zdroji chyb proměnlivými mezi úkoly a může být přičtena zejména meteorologickým změnám.
<b>chyba od zbraně ke zbrani</b>	weapon-to-weapon (WW) error	Chyba, která se mění s každou zbraní. Poznámka: Může se v zásadě přidat ke změně počáteční rychlosti.
<b>chyba středního nárazu</b>	MPI error	Vzdálenost středního nárazu série ran od záměrného bodu.
<b>chyba určení polohy cíle</b>	target location error (TLE)	Vzdálenost mezi skutečným cílem a jeho předpokládanou polohou.

<b>Český název</b>	<b>Anglický název</b>	<b>Definice</b>
<b>chybová soustava výzbroje</b>	armaments error budget	Systematicky popsané složky chyb, které přispívají k přesnosti a hustotě palby zbraňového systému.
<b>nástřelka</b>	occasion	Série ran vypálená jako část palebného úkolu s krátkým intervalem mezi ranami.
<b>oprava</b>	correction	V řízení palby každá změna prvků střelby k přivedení středního nárazu nebo rozprasku na cíl. (AAP-06)
<b>oprava palby</b>	adjustment of fire	Činnost používaná při provádění střelby pozemního a námořního dělostřelectva k získání správného odměru, délky střelby a výšky rozprasku (v případě použití časových zapalovačů) podle pozorované střelby. (AAP-06)
<b>palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě)</b>	predicted fire	Palba, která je provedena bez zastřílení. (AAP-06)
<b>palebná jednotka</b>	firing unit	Samostatná jednotka pozůstávající z jedné nebo několika zbraní, které se používají pro střelbu ve stejném úkolu za stejným účelem.
<b>pozorovaná palba</b>	observed fire	Palba, při které může pozorovatel sledovat bod nárazu nebo rozprasku. Tato palba může být řízena a opravována na základě pozorování.
<b>pravděpodobná kruhová chyba</b>	circular error probable (CEP)	Ukazatel přesnosti dopadu rakety nebo střely na cíl, používaný jako faktor určující pravděpodobný stupeň vyřazení cíle. Je to poloměr kružnice, uvnitř které se očekává dopad poloviny raket nebo střel. (AAP-06)
<b>predikce počáteční rychlosti</b>	MV prediction	Metoda pro hodnocení počáteční rychlosti (MV) následující rány/nástřelky na základě údajů počáteční rychlosti (MV) předchozích nástřelů nebo údajů z jiných dostupných senzorů.

Český název	Anglický název	Definice
<b>prostorová platnost meteorologické zprávy</b>	Met. space staleness	Vzdálenost mezi bodem meteorologického měření a skutečné dráhy letu střely v příslušné výšce.
<b>přesnost vedení palby</b>	delivery accuracy (DA)	Přesnost daná dvěma hlavními složkami chyb: chybou středního nárazu (vzhledem k záměrnému bodu) a chybou polohy cíle (vzhledem ke skutečné poloze cíle).
<b>standardní odchylka</b>	standard deviation (SD)	Velikost rozptylu kolem středu. Poznámka: V matematickém smyslu je $\sigma$ druhou odmocninou aritmetického průměru čtverců úchylek od středu.
<b>střední náraz</b>	mean point of impact (MPI)	Bod, jehož souřadnice jsou aritmetickým průměrem souřadnic jednotlivých bodů nárazů (rozprasků) konečného počtu střel vystřelených nebo vypuštěných na stejný záměrný bod za daného souboru podmínek.
<b>účinná palba</b>	fire for effect	1) Palba, která se vede, jakmile je střední náraz nebo rozprask v požadované vzdálenosti od cíle nebo záměrného bodu. (AAP-06) 2) Palebná činnost dělostřelectva spojená s dosažením požadovaného účinku v cíli. (AAP-06)
<b>užitečný náklad střely</b>	projectile payload	Náklad, který je vymeten ze střely ke splnění specifické funkce.
<b>vodorovná chyba</b>	horizontal error	Chyba v dálce, ve směru nebo v poloměru, u které se očekává, že u zbraně může nastat právě tak často jako nenastat. Poznámka: Vodorovná chyba zbraní s elipsovým obrazcem rozptylu se vyjadřuje pravděpodobnou chybou (PE).
<b>záměrný bod</b>	aimpoint	Bod, na který je střela zaměřena nebo nad kterým je zamýšlena její funkce.

<b>Český název</b>	<b>Anglický název</b>	<b>Definice</b>
<b>zastřílení</b>	adjusted fire / adjustment of fire	Proces používaný při střelbě dělostřelectva pro získání správného směrníku, délky a výšky rozprasku (používají-li se časovací zapalovače) při přepadu cíle pozorovanou palbou. (AAP-06)
<b>zpracování meteorologických údajů</b>	Met. management	Postup, jehož výsledkem je nejlepší meteorologická zpráva pro snížení vlivů meteorologického prostředí a prostorové a časové platnosti.
<b>zpracování údajů počáteční rychlosti</b>	muzzle velocity (MV) management	Organizace, údržba a standardizace údajů počáteční rychlosti pro využití při výpočtu a výměně jednoduchého odhadu tabulek střelby, který se použije pro další ránu nebo nástřelku.
<b>způsob vedení palby</b>	delivery technique	Způsob střelby používaný v poli, založený na dostupné technologii pro dosažení požadovaného účinku.

## 6 Všeobecná ustanovení

Chybová soustava výzbroje je rozdělena na dvě hlavní skupiny chyb:

- přesnost (nebo systematická chyba) definována jako chyba středního nárazu (MPI) vzhledem k záměrnému bodu;
- hustota (nebo rozptyl) definována jako chyba od rány k ráně (RR) (chyba rány vzhledem k další ráně) kolem MPI.

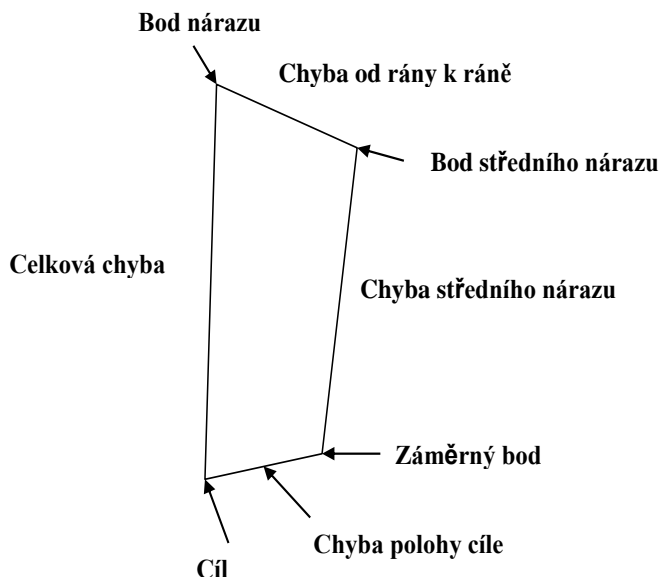
Kvůli charakteru chyby MPI je logické zkoumat praktické postupy pro její snížení, což je hlavním účelem tohoto ČOS. Jakákoliv chyba určení polohy cíle (TLE) se může přidat k chybě MPI pro výpočet celkové přesnosti vedení palby (DA). Kromě toho, z důvodu úplnosti jsou řešeny chyby od rány k ráně (které se obvykle nedají snížit), protože mohou hrát důležitou úlohu při zvažování požadavků na hodnocení bezpečnosti na střelnici. Jak přesnost, tak hustota určují celkovou chybu a je výhodné předpokládat, že veškeré druhy chyb jsou založeny na normálním rozložení.

Současné systémy hlavnového dělostřelectva mohou vést palbu střelami na vzdálenosti kolem 20 km. Delší hlavně spolu se střelami s pomocným pohonem a silnějšími systémy náplní (s počátečními rychlostmi téměř  $1000 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) dosahují dostřely do i nad 40 km. Na těchto dálkách chyba MPI (přesnost) významně snižuje účinnost dělostřeleckého zbraňového systému, takže se požaduje velký počet střel pro dosažení požadovaného účinku v cíli. Aby se dosáhlo požadovaného účinku v cíli bez značného zvýšení počtu střel, byl vypracován obecný model, jenž se může použít pro hodnocení podílů na chybově soustavě dělostřelectva. Tato chybová soustava se může použít pro definování oblastí, jež je potřeba přezkoumat. Avšak

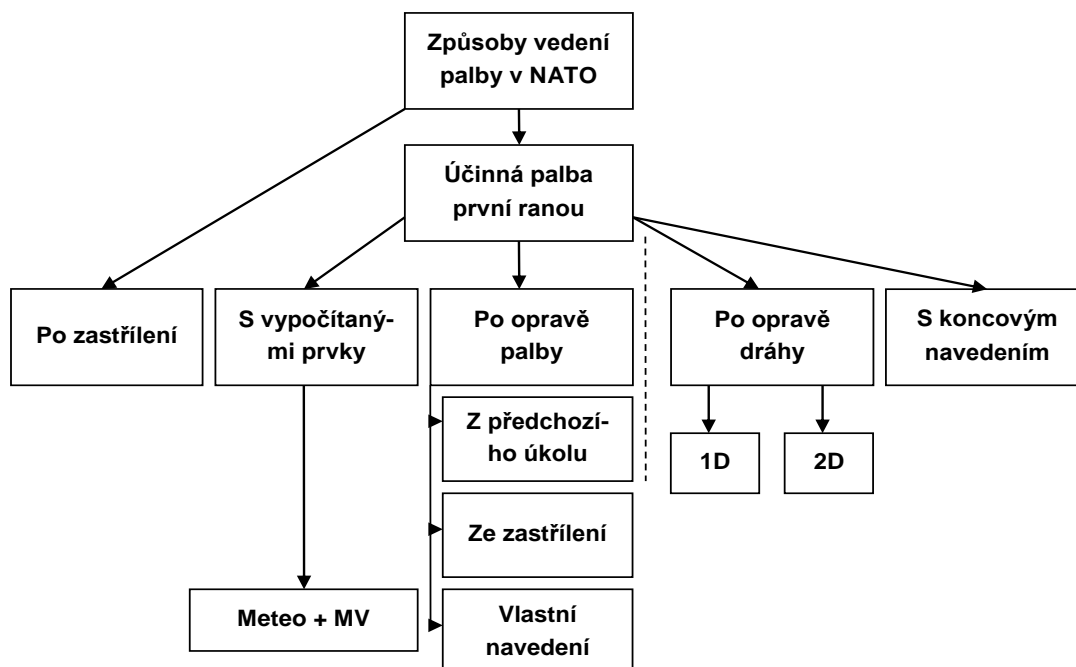


model definovaný v tomto ČOS se může rovněž použít pro hodnocení chybových soustav všech zbraní pro nepřímou střelbu na jakékoliv dále.

Byly hodnoceny dva hlavní způsoby střelby: zastřílení a účinná palba, přičemž posledně uvedený způsob byl dále rozdělen na palbu s vypočítanými prvky (po úplné přípravě) a po opravě střelby. Grafické znázornění způsobů střelby a jejich vzájemné vztahy jsou uvedeny na obrázcích 1 a 2.



**OBRÁZEK 1 – Grafické znázornění chybové soustavy**



**OBRÁZEK 2 – Graf způsobů vedení palby NATO**

Obrázky naznačují, že chyba MPI (kromě TLE) pro dělostřelecké střely pro nepřímou střelbu se rozkládá následovně:

- 65 % chyby je způsobeno změnami meteorologických podmínek;
- 23 % chyby je způsobeno změnami podmínek vnější balistiky;
- 10 % chyby je způsobeno změnami počáteční rychlosti (*MVV*);
- 2 % chyby je způsobeno ostatními vlivy.

Model, který byl vypracován, se může využít pro výpočet účinků budoucí technologie, jakou je například predikce počáteční rychlosti (*MV*) a meteorologická předpověď pro zlepšení přesnosti palby s vypočítanými prvky (po úplné přípravě). Kromě toho, chce-li uživatel v praxi ověřit jednotlivé podíly chyb, pak se model (s vhodnými vstupy) může použít rovněž k tomuto účelu.

Obecné rovnice popsané v tomto ČOS definují model chybové soustavy dělostřelectva pro palbu s vypočítanými prvky (po úplné přípravě) a pro palbu po opravě. Tyto rovnice představují základní modelování, společné pro většinu známých modelů. Pro výpočet konečné (celkové) standardní odchylky ( $\sigma$ ) se používá metoda druhé odmocniny součtu čtverců kořenů (RSS). Přestože obecné rovnice by mohly obsahovat společné složky, podrobná definice každé složky pro způsoby střelby obsažené v tomto ČOS, se může lišit. Stručný přehled každého způsobu střelby je uveden v následujících článcích.

### **6.1 Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě)**

Je to způsob vedení palby využívající skutečné meteorologické údaje, údaje o poloze cíle a zbraně a údaje o počáteční rychlosti s balistickým algoritmem (výpočet) pro dosažení účinné palby první ranou. Matematické výrazy používané pro chybovou soustavu palby s vypočítanými prvky (úplnou přípravou) jsou uvedeny v kapitole 7.

### **6.2 Palba po opravách**

Palba po opravách předpokládá, že informace získané z některých předchozích údajů palby, kde „mělo být zasaženo“ oproti tomu, „co bylo zasaženo“, se použije pro výpočet oprav balistickým algoritmem (výpočet) pro dosažení „účinné palby první ranou“. Na základě metody získání údajů se palba po opravě může rozdělit na tři způsoby: využití předchozího palebného úkolu, zastřílení a vlastní navedení.

- a) Postup vedení palby podle předchozího úkolu používá informace „mělo být zasaženo“ oproti „bylo zasaženo“ z předchozího palebného přepadu cíle;
- b) Postup vedení palby s využitím zastřílení používá informace „mělo být zasaženo“ oproti „bylo zasaženo“ z úkolu zastřílení;
- c) Postup vedení palby s využitím vlastního navedení používá informace „mělo být zasaženo“ oproti „bylo zasaženo“ v reálném čase z palubních údajů získaných novými technologiemi (jako jsou zapalovače s GPS nebo sledovací zařízení).

Matematické výrazy používané pro výpočet chybové soustavy palby po opravách jsou uvedeny v kapitole 9.

### **6.3 Zastřílení**

Je to postup vedení střelby využívající pozorované informace k vypálení jednotlivých ran pro přenesení MPI na cíl. Zastřílení se používá, jestliže se nemůže použít

„účinná palba první ranou“. Matematické výrazy používané pro výpočet chybové soustavy palby zastřílením jsou uvedeny v kapitole 9.

#### 6.4 Modelování

Veškeré chyby v tomto ČOS jsou vyjádřeny v podobě standardních odchylek ( $\sigma$ ). Avšak chybová soustava se může rovněž vyjádřit pomocí pravděpodobné chyby ( $PE$ ). Vhodný přístup je uveden v ČOS 102502. Principy pravděpodobných chyb  $PE$  jsou rovněž uvedeny v ČOS 102513, tabulka G1, pro hodnocení rozložení série ran kolem MPI.

V tomto ČOS se používají tři veličiny:(dálka ( $R$ ), směrová odchylka ( $D$ ) a výška rozprasku nebo výmetu ( $H$ )). Odpovídající standardní odchylky jsou  $\sigma_R^2$ ,  $\sigma_D^2$  a  $\sigma_H^2$ . Chybová soustava by se mohla rovněž vyjádřit jako dvousložková: vodorovná složka definována jako ekvivalent pravděpodobné kruhové chyby ( $ECEP$ ) a chyba výšky rozprasku nebo výmetu. Podrobnosti jak se hodnoty  $\sigma_R^2$  a  $\sigma_D^2$  převádějí na  $ECEP$  jsou uvedeny v kapitole 9.

Jedná-li se o meteorologickou přípravu (kapitola 8), bude se jako čtvrtá veličina používat čas.

#### 6.5 Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě) a s využitím oprav

Jak je uvedeno v rovnicích v kapitole 8, existují, pro palbu bez zastřílení a s využitím oprav, společné složky. Proto tento dokument kombinuje chybové soustavy palby bez zastřílení a palby s využitím oprav do jednoho modelu. Kombinace obou způsobů palby do jednoho modelu předpokládá, že některé složky budou rovny nule (0) nebo jedné (1), zatímco jiné složky budou mít různé hodnoty v závislosti na způsobu palby. Obecný trojrozměrný model chybové soustavy, pro palbu bez zastřílení a s využitím oprav, představují rovnice pro palbu s využitím oprav.

#### 6.6 Zastřílení a palba po opravě dráhy

Protože se jedná o zcela rozdílné metody, tento ČOS nekombinuje tyto modely s ostatními způsoby vedení palby.

### 7 Metody výpočtu

#### 7.1 Deterministická metoda (druhé odmocniny součtu čtverců kořenů – RSS)

Jestliže zdroje chyb  $S_1, S_2, \dots, S_n$  (tj. počáteční rychlosti, polohy děla apod.) mají známé změny odchylky  $\sigma_{S_i}^2$ , pak odchylka míry  $X$  ( $= R, D$  nebo  $H$ ) se může vypočítat s využitím parciálních derivací. Parciální derivace se mohou číselně vypočítat s využitím modelu dráhy modifikovaného hmotného bodu (ČOS 109001) pro výpočet drah pro různé hodnoty každé  $S_i$ . Deterministická metoda se pak může využít pro výpočet celkového čtverce ( $\sigma_R^2, \sigma_D^2$  a  $\sigma_H^2$ ) s využitím metody RSS následovně:

$$\sigma_X^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{S_i}^2 \left( \frac{\partial X}{\partial S_i} \right)^2 \quad (1)$$

Matematické řešení pro výpočet jakéhokoliv prvku chybové soustavy ( $\sigma_{X,S_i}^2$ ) je založeno na výpočtu rozdílu mezi skutečnou počáteční podmínkou a podmínkou se standardní odchylkou ( $\sigma_{S_i}^2$ ) nebo zdroje chyby prvku  $S_i$ . Rovnice (1) předpokládá, že neexistuje žádná vzájemná souvislost (korelace) zdroje chyby  $S_i$  s ostatními zdroji

chyby. Existuje-li statistická korelace ( $\rho$ ) s jakýmkoliv jiným zdrojem chyby, vypočítá se následovně:

$$\sigma_X^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{S_i}^2 \left( \frac{\partial X}{\partial S_i} \right)^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \left( \frac{\partial X}{\partial S_i} \right) \left( \frac{\partial X}{\partial S_j} \right) \rho_{S_i} \rho_{S_j} \sigma_{S_i} \sigma_{S_j} \quad (2)$$

Všimněme si, že jestliže  $\rho = 0$ , rovnice (2) se redukuje na rovnici (1). Rovněž v případě, kdy odchylka  $\sigma_X^2$  může obsahovat obě veličiny – nesouvisející (nezávislé) a související (závislé), platí pouze rovnice (2) a kdy je vhodné, aby pro výpočet hodnot  $PE$  bylo  $\rho$  rovno nule, např. viz ČOS 102502, kapitola 13.

Při výpočtu dílčích chyb pro hlavový nárazový zapalovač, přibližovací zapalovač nebo zapalovač pro rozprask nebo výmet v určité výšce, bude existovat rozdíl v porovnání se zapalovači založenými na elektronické nebo časové inicializaci. Dílčí chyby spojené s těmito časovými zapalovači obsahují vlivy korelace mezi dostřelem a výškou rozprasku nebo výmetu a jsou co do velikosti menší než pro jiné zapalovače.

## 7.2 Stochastická metoda

Stochastická metoda počítá hodnoty  $\sigma_R^2$ ,  $\sigma_D^2$  a  $\sigma_H^2$  metodou Monte Carlo (MCM) spolu s modelem dráhy modifikovaného hmotného bodu (MPMM) (ČOS 109001). Vstupy do MCM jsou hodnoty  $\sigma$  pro všechny příslušné parametry (meteorologické, počáteční rychlosti, poloha děla atd.). Pro každou iteraci model dráhy MPMM počítá ohodnocení pro  $\sigma_R^2$ ,  $\sigma_R^2$ ,  $\sigma_R^2$ ,  $\sigma_D^2$  a  $\sigma_H^2$  (na základě vzorku standardní odchylky pro každý zdroj chyby). Tato ohodnocení (tj. rozdíl mezi standardní dráhou se všemi hodnotami  $\sigma$  rovnými nule a hodnotami  $\sigma$ ) jsou pak zprůměrována počtem iterací. Počet potřebných iterací závisí na konvergenci a konečným výsledkem je výpočet hodnot  $\sigma_R^2$ ,  $\sigma_D^2$  a  $\sigma_H^2$ .

V současnosti není záměrem použít stochastický model pro výpočet NAEB, avšak jednotlivé prvky (například chyba Meteo) by se mohly počítat s využitím stochastické metody. Dílčí výsledky se pak mohou použít v deterministické metodě pro výpočet celkové chyby vedení palby.

## 8 Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě) a po opravě

### 8.1 Hlavní rovnice

Výpočty středního nárazu (MPI), chyby od rány k ráně ( $RR$ ), chyby v dálce ( $R$ ), ve směru ( $D$ ) a ve výšce výmetu-rozprasku ( $H$ ) pro zbraň se provádějí podle následujících rovnic:

$$\sigma_{R,MPI}^2 = \left( \sigma_{R,Reg}^2 + \sigma_{R,Trans}^2 + \sigma_{R,MV}^2 + \sigma_{R,Met}^2 + \sigma_{R,WL}^2 + \sigma_{R,QE}^2 + \sigma_{R,Calc}^2 + \sigma_{R,Proj}^2 + \sigma_{R,Fuze}^2 + \sigma_{R,Sub}^2 \right)_{MPI} \quad (3)$$

$$\sigma_{R,RR}^2 = \left( \sigma_{R,MV}^2 + \sigma_{R,WL}^2 + \sigma_{R,QE}^2 + \sigma_{R,Proj}^2 + \sigma_{R,Fuze}^2 + \sigma_{R,Sub}^2 \right)_{RR} \quad (4)$$

$$\sigma_{D,MPI}^2 = \left( \sigma_{D,Reg}^2 + \sigma_{D,Trans}^2 + \sigma_{D,Met}^2 + \sigma_{D,WL}^2 + \sigma_{D,AZ}^2 + \sigma_{D,Calc}^2 + \sigma_{D,Proj}^2 + \sigma_{D,Sub}^2 \right)_{MPI} \quad (5)$$

$$\sigma_{D,RR}^2 = \left( \sigma_{D,WL}^2 + \sigma_{D,AZ}^2 + \sigma_{D,Proj}^2 + \sigma_{D,Sub}^2 \right)_{RR} \quad (6)$$

$$\sigma_{H,MPI}^2 = (\sigma_{H,Reg}^2 + \sigma_{H,Trans}^2 + \sigma_{H,Met}^2 + \sigma_{H,WL}^2 + \sigma_{H,Calc}^2 + \sigma_{H,Proj}^2 + \sigma_{H,Fuze}^2 + \sigma_{H,Sub}^2)_{MPI} \quad (7)$$

$$\sigma_{H,RR}^2 = (\sigma_{H,WL}^2 + \sigma_{H,Proj}^2 + \sigma_{H,Fuze}^2 + \sigma_{H,Sub}^2)_{RR} \quad (8)$$

Uvedené rovnice předpokládají, že chyba každé palebné jednotky a chyba od zbraně ke zbrani se započítávají do složek MPI. Při výpočtu chybové soustavy pro více než jednu podmínku, zbraň a palebnou jednotku, se chyba MPI může přiměřeně rozdělit na chyby Meteo, od zbraně ke zbrani (WW) a od palebné jednotky k palebné jednotce (FF). Podrobnější údaje jsou uvedeny v kapitole 11. Aby se mohla vypočítat přesnost vedení palby (DA), může se k chybě MPI přidat chyba určení polohy cíle následovně:

$$\sigma_{R,DA}^2 = (\sigma_{R,MPI}^2 + \sigma_{R,TL}^2) \quad (9)$$

$$\sigma_{D,DA}^2 = (\sigma_{D,MPI}^2 + \sigma_{D,TL}^2) \quad (10)$$

$$\sigma_{H,DA}^2 = (\sigma_{H,MPI}^2 + \sigma_{H,TL}^2) \quad (11)$$

## 8.2 Metoda výpočtu

Pro výpočet konečné standardní odchylky ( $\sigma$ ) se použije metoda druhé odmocniny součtu čtverců kořenů pro každou rovnici (3) až (8) této verze modelu. Pro výpočet celkové chyby vedení palby zbraně (celkové chyby) každá složka  $R$ ,  $D$  nebo  $H$  se může vypočítat jako druhá odmocnina aritmetického průměru (RMS) součtu čtverců MPI (RSS) (nebo DA, zahrne-li se TLE) a RSS složek chyb od rány k ráně následovně:

$$\sigma_{R,TE}^2 = (\sigma_{R,DA}^2 + \sigma_{R,RR}^2) \quad (12)$$

$$\sigma_{D,TE}^2 = (\sigma_{D,DA}^2 + \sigma_{D,RR}^2) \quad (13)$$

$$\sigma_{H,TE}^2 = (\sigma_{H,DA}^2 + \sigma_{H,RR}^2) \quad (14)$$

Chyby meteorologické přípravy ( $\sigma_{R,Met}$ ,  $\sigma_{D,Met}$ .) se počítají zvlášť (viz kapitola 9), avšak velikost se může převést a vložit do rovnic (3) až (8). Následující články této kapitoly definují uvedené pojmy podrobněji. Je-li třeba, součet složek zdrojů chyb pro MPI se může dále rozdělit na chyby Meteo, od zbraně ke zbrani a od jednotky k jednotce (viz kapitola 11).

## 8.3 Počáteční rychlost ( $\sigma_{R,MV}$ )

Složka počáteční rychlosti (avšak ne nutně její velikost) chybové soustavy je společná pro palbu po opravě a palbu s vypočítanými prvky. Změna počáteční rychlosti ( $MVV$ ) se používá jak pro MPI, tak pro RR.

ČOS 130011 postihuje složku řídicí počáteční rychlosti a nabízí různé postupy pro výpočet očekávané standardní odchylky pro  $MVV$  ( $\sigma_{R,MV}$ ). Za rozhodnutí, který vhodný postup se použije pro určení ( $\sigma_{R,MV}$ ) odpovídá stát. Vznik této hodnoty ( $\sigma_{R,MV}$ ) souvisí s druhem prachu, číslem náplně, změnami hmotností střely a zapalovače a ostatními známými nebo měřitelnými změnami. Hodnota ( $\sigma_{R,MV}$ ) rovněž obsahuje vliv různých čísel náplně v případě palby po opravě. Hodnoty ( $\sigma_{R,MV,MPI}$ ) a ( $\sigma_{R,MV,RR}$ ) se mohou určit s využitím postupů ČOS 130011.

Jak ( $\sigma_{R,MV,MPI}$ ), tak ( $\sigma_{R,MV,RR}$ ) se počítají ze standardních odchylek parametrů, které hodnotu ( $\sigma_{R,MV}$ ) ovlivňují. Chyba ( $\sigma_{R,MV}$ ) má významný podíl na složkách chybové soustavy dálky a doby letu. Podíl na chybové soustavě směru je méně důležitý. Možné korelace se opravují s využitím ČOS 130011.

#### **8.4 Meteorologická příprava ( $\sigma_{X,Met}$ )**

Složky meteorologické přípravy počítají se snižováním přesnosti meteorologických parametrů, tj. MPI. Tyto složky jsou společné pro palbu s vypočítanými prvky a palbu po opravě, avšak bude existovat rozdíl ve velikosti chyby.

Meteorologická složka pro palbu po opravách se bude muset opravit pouze pro časovou a prostorovou platnost, které vznikají po zastřílení. Složka pro palby s vypočítanými prvky nepočítá pouze s časovou a prostorovou platností, ale rovněž s nepřesnostmi měřícího systému (sondování, nebo výpočet). Podrobnosti modelu jsou uvedeny v kapitole 9

#### **8.5 Poloha zbraně ( $\sigma_{X,WL}$ )**

Chyba určení polohy zbraně je společná pro palbu s vypočítanými prvky i pro palbu po opravě. Používá se pouze na chybu od rány k ráně, posuzují-li se pohybující cíle. Chyba určení polohy zbraně se používá jen na jednotlivé prostředky a existuje-li chyba WW (v rámci palebné jednotky), pak je to potřeba vzít do úvahy odděleně.

#### **8.6 Poloha cíle ( $\sigma_{X,TL}$ )**

Chyba určení polohy cíle (TLE) je společná pro palbu s vypočítanými prvky a po opravách. Předpokládá se, že tato chyba je nezávislá na MPI zbraně (tj. celkové chybě způsobu vedení palby) a může se přidat s využitím metody RSS pro odvození DA systému (rovnice (9) až (11)). Velikost TLE se bude různit podle postupů použitých v poli a mohly by být různé pro palbu s vypočítanými prvky a po opravě. TLE pro zastřílení se počítá odděleně, jak je definováno v kapitole 11.

#### **8.7 Náměr ( $\sigma_{R,QE}$ ) a směr ( $\sigma_{D,AZ}$ )**

Chyby náměru a směru se definují jako chyby zamíření děla. Tyto chyby jsou společné jak pro palbu s vypočítanými prvky, tak pro palbu po opravách. Chyby způsobuje řada faktorů, které zahrnují: chyby přístrojů, chyby lidského faktoru, chyby zdvihu/ohybu hlavně, chyby odskoku děla atd. a chyby vznikající jak ve změnách MPI, tak od rány k ráně.

#### **8.8 Chyby užitečného nákladu ( $\sigma_{X,Sub}$ )**

Tyto chyby jsou společné jak pro palbu s vypočítanými prvky, tak pro palbu po opravě střel s užitečným nákladem (dýmových, osvětlovacích apod.). Vztahují se na MPI obrazce užitečného nákladu z nominálního bodu výmetu nebo rozprasku střely-nosiče (tj. záměrného bodu) vzhledem k zemi a chyby vznikají jak ve změnách MPI, tak od rány k ráně. V tomto ČOS byly chyby užitečného nákladu rozloženy na jejich základní složky, a pak soustředěny dohromady jako jedna hodnota pro chyby MPI i chyby od rány k ráně.

#### **8.9 Chyby zapalovače ( $\sigma_{X,Fuze}$ )**

Tyto chyby jsou společné jak pro palbu s vypočítanými prvky, tak pro palbu po opravě, avšak velikost se může měnit. Pro nárazový zapalovač jsou chyby rovny nule. V aktuální verzi modelu se předpokládá, že chyby přibližovacího zapalovače

budou rovny nule. Pro ostatní zapalovače chyby zahrnují dobu letu (ToF) vypočítanou převedením parciální doby letu na ekvivalentní dálku v oblasti kolem bodu výmetu nebo rozprasku (tj. záměrného bodu). Chyby zapalovače se projevují ve variacích MPI i od rány k ráně.

### 8.10 Chyby střely a výpočtu ( $\sigma_{X,Proj}$ ), ( $\sigma_{X,Calc}$ )

Pro provedení potřebných výpočtů dráhy se používá Soubor sdíleného programového vybavení pro řízení palby (ČOS 109005) nebo Model dráhy modifikovaného hmotného bodu (ČOS 109001). Tento model se může upravit o součinitele vztlaku ( $f_L$ ) a součinitele tvaru ( $i$  nebo  $f_L$ ). Proto byly chyby MPI aerobalistických součinitelů sloučeny do součinitelů odporu. Chyba  $\sigma_{X,Calc}$  je způsobena implementací pohybových rovnic a zahrnuje velikost časového intervalu, používanou integrační metodu a toleranci používanou pro výpočet bodu doletu.

Chyba střely ( $\sigma_{X,Proj}$ ) se vztahuje na skutečnou variabilitu aerobalistických vlastností střely v průběhu letu střely, zejména v důsledku výrobních nepřesností při výrobě střel (hmotnost, moment setrvačnosti apod.) a změn v drsnosti povrchu. Tento parametr se obtížně měří a může souviset s nejistotou chyb meteorologické přípravy. Proto se nezvažuje žádná změna meteorologické přípravy od rány k ráně.

### 8.11 Palba s vypočítanými prvky (po úplné přípravě)

Výpočty pro palbu s vypočítanými prvky používají rovnice 3 až 8, kde výrazy ( $\sigma_{R,Reg}$ ), ( $\sigma_{R,Trans}$ ), ( $\sigma_{D,Reg}$ ), ( $\sigma_{D,Trans}$ ), ( $\sigma_{H,Reg}$ ) a ( $\sigma_{H,Trans}$ ) jsou rovny nule. Avšak velikost zbývajících výrazů bude významně větší než pro palbu po opravách.

### 8.12 Palba po opravách

#### 8.12.1 Zastřílení ( $\sigma_{Reg}$ )

Chyba ( $\sigma_{Reg}$ ) definuje přesnost zastřílení. Proto v případě palby s vypočítanými prvky je chyba ( $\sigma_{Reg}$ ) rovna nule. Velikost ( $\sigma_{Reg}$ ) definována přesností různých způsobů vedení palby, tj. po předchozím úkolu, zpřesňujícím zastřílení nebo po vlastním navedení. Čím přesnější je zastřílení, tím menší je hodnota ( $\sigma_{Reg}$ ).

Rovnice uvedené níže umožňují výpočet přesnosti zastřílení s použitím metodiky dálky nebo zapalovače. Avšak chyba ( $\sigma_{Reg}$ ) je kombinací přesnosti, přesnosti měření a velikosti vzorku a je dána:

$$\sigma_{R,Reg}^2 = \frac{\sigma_{R,RR}^2 + \sigma_{Inst}^2 + \sigma_{H,RR}^2 \cot^2(w)}{n} \quad (15)$$

$$\sigma_{D,Reg}^2 = \frac{\sigma_{D,RR}^2 + \sigma_{Inst}^2}{n} \quad (16)$$

$$\sigma_{H,Reg}^2 = \frac{\sigma_{H,RR}^2 + \sigma_{Inst}^2}{n} \quad (17)$$

kde:

- $w$  je úhel doletu;
- $\sigma_{Inst}$  je přesnost přístrojového vybavení používaného pro vyhodnocení bodu rozprasku nebo výmetu;

- $n$  je počet ran použitých pro zastřílení.

### 8.12.2 Chyba přenosu

Poněvadž zastřílení se neprovádí na cíl, používá se metodika přenosu pro určení prvků zamíření děla (Směr, Náměr a Nastavení zapalovače) a je založena na principu, že zastřílené opravy jsou lineární v celém velkém intervalu kolem zastříleného bodu. Tyto se vypočítají osově a potom jsou tyto opravy přeneseny na cíl.

Existují dva postupy používané pro uplatnění těchto oprav:

a) Pro dálku a výšku rozprasku se používají opravy (Dálka\_K) a (Zapalovač\_K) (v AČR se používá koeficient K). Tyto opravy předpokládají, že skutečná chyba v dálce (nastavení zapalovače) na zastřílené dálce (což je určeno např. přesností zastřílení) může být dána jako procento zastřílené dálky a že tato procenta se mění lineárně se vzdáleností mezi zastřílenou dálkou a dálkou cíle. Tedy skutečná chyba (neznámá) v dálce (nastavení zapalovače) na cíl se přibližně vypočítá tak, že se poměr změny opravy Dálky\_K (Výšky\_K) k zastřílené dálce násobí dálkou vzdáleností přenosu a tato hodnota se připočítá k zastřílené dálce. Rozdíl mezi tímto přiblížením a skutečným procentem se používá pro ohodnocení chyby MPI. Rovnice uvedené níže představují požadované chyby.

b) Pro směrovou odchylku se používá konstantní úhlová oprava v mil (v AČR v dílcích). Tato oprava předpokládá, že skutečná oprava směrové odchylky na zastřílené dálce (což je např. určeno přesným zastřílením) se může použít pro všechny ostatní dálky v rámci povolených hranic přenosu, tj. je konstantou. Tedy rozdíl mezi tímto přiblížením a skutečnou úhlovou opravou je chybou MPI. Rovnice uvedené níže představují požadované chyby.

Všimněme si, že následující rovnice obsahují parciální derivace pro konstantní výšku

$\left(\frac{\partial X}{\partial S_i}\right)_H$  a konstantní čas  $\left(\frac{\partial X}{\partial S_i}\right)_T$ , což odpovídá:

$$\begin{aligned} \sigma_{R,Trans}^2 = & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial i} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial FSR}{\partial i} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial i} \right)_T \right\}^2 \sigma_{i,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial Den} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial FSR}{\partial Den} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial Den} \right)_T \right\}^2 \sigma_{Den,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial Temp} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial FSR}{\partial Temp} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial Temp} \right)_T \right\}^2 \sigma_{Temp,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial W_R} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial FSR}{\partial W_R} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial W_R} \right)_T \right\}^2 \sigma_{W_R,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial MV} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial FSR}{\partial MV} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial MV} \right)_T \right\}^2 \sigma_{MV,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial t_{DL}} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial FSR}{\partial t_{DL}} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial t_{DL}} \right)_T \right\}^2 \sigma_{t_{DL},Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial f_T} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial FSR}{\partial f_T} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial f_T} \right)_T \right\}^2 \sigma_{f_T,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial i_{BB}} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{FSR}{\partial i_{BB}} \right)_H \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T \right] - \left( \frac{\partial R_T}{\partial i_{BB}} \right)_T \right\}^2 \sigma_{i_{BB},Reg}^2 + \end{aligned}$$



$$\left(\frac{R_T}{R_R} - 1\right)^2 \sigma_{W_{LR,Reg}}^2 \quad (18)$$

$$\sigma_{D,Trans}^2 = \left[ \left( \frac{\partial D_R}{\partial W_D} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial D_T}{\partial W_D} \right)_H \right]^2 \sigma_{W_{D,Reg}}^2 + \left[ \left( \frac{\partial D_R}{\partial f_L} \right)_H \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \left( \frac{\partial D_T}{\partial f_L} \right)_H \right]^2 \sigma_{f_{L,Reg}}^2 + \left( \frac{R_T}{R_R} - 1 \right) \sigma_{W_{LD,Reg}}^2 \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{H,Trans}^2 = & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial i} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial i} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{i,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial Den} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial Den} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{Den,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial Temp} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial Temp} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{Temp,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial W_R} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial W_R} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{W_{R,Reg}}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial MV} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial MV} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{MV,Reg}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial t_{DL}} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial t_{DL}} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{t_{DL,Reg}}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial f_T} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial f_T} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{f_{T,Reg}}^2 + \\ & \left\{ \left[ \left( \frac{\partial FS_R}{\partial i_{BB}} \right)_H - \left( \frac{\partial FS_T}{\partial i_{BB}} \right)_H \right] \left( \frac{\partial H_T}{\partial FS} \right)_T \right\}^2 \sigma_{i_{BB,Reg}}^2 + \sigma_{W_{LH,Reg}}^2 \end{aligned} \quad (20)$$

### 8.12.3 Chyby účinné palby ( $\sigma_{FFE}$ )

Jelikož mezi zastřílením a účinnou palbou uplyne čas, vzniknou další chyby způsobené hlavně změnami meteorologických podmínek a počáteční rychlosti. Tyto další chyby se hodnotí stejným způsobem jako chyby palby s vypočítanými prvky, avšak přirozeně s odlišnou velikostí chybové soustavy. Tyto chyby představují rovnice uvedené níže.

$$\begin{aligned} \sigma_{R,FFE}^2 = & \left( \frac{\partial R_T}{\partial Den} \right)_T^2 \sigma_{Den,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial Temp} \right)_T^2 \sigma_{Temp,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial W_R} \right)_T^2 \sigma_{W_{R,FFE}}^2 + \\ & \left( \frac{\partial R_T}{\partial MV} \right)_T^2 \sigma_{MV,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial QE} \right)_T^2 \sigma_{QE,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial FS} \right)_T^2 \sigma_{FS,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial i} \right)_T^2 \sigma_{i_{FFE}}^2 + \\ & \left( \frac{\partial R_T}{\partial t_{DL}} \right)_T^2 \sigma_{t_{DL,FFE}}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial f_T} \right)_T^2 \sigma_{f_{T,FFE}}^2 + \\ & \left( \frac{\partial R_T}{\partial i_{BB}} \right)_T^2 \sigma_{i_{BB,FFE}}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial Sub} \right)_T^2 \sigma_{Sub,FFE}^2 \end{aligned} \quad (21)$$

$$\sigma_{D,FFE}^2 = \left( \frac{\partial D_R}{\partial W_D} \right)_H^2 \sigma_{W_{D,FFE}}^2 + \left( \frac{\partial D_T}{\partial f_L} \right)_H^2 \sigma_{f_{L,FFE}}^2 + \left( \frac{R_T}{1018,59} \right)^2 \sigma_{AZ,FFE}^2 + \left( \frac{\partial D_T}{\partial Sub} \right)_H^2 \sigma_{Sub,FFE}^2 \quad (22)$$

$$\sigma_{H,FFE}^2 = \left( \frac{\partial H_T}{\partial Den} \right)_T^2 \sigma_{Den,FFE}^2 + \left( \frac{\partial H_T}{\partial Temp} \right)_T^2 \sigma_{Temp,FFE}^2 + \left( \frac{\partial H_T}{\partial W_R} \right)_T^2 \sigma_{W_{R,FFE}}^2 + \left( \frac{\partial H_T}{\partial MV} \right)_T^2 \sigma_{MV,FFE}^2 +$$

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\partial H_T}{\partial Q_E}\right)_T^2 \sigma_{Q_E,FFE}^2 + \left(\frac{H_T}{\partial F_S}\right)_T^2 \sigma_{F_S,FFE}^2 + \left(\frac{\partial H_T}{\partial i}\right)_T^2 \sigma_{i,FFE}^2 + \left(\frac{\partial H_T}{\partial t_{DL}}\right)_T^2 \sigma_{t_{DL},FFE}^2 + \\ & \left(\frac{\partial H_T}{\partial f_T}\right)_T^2 \sigma_{f_T,FFE}^2 + \left(\frac{\partial H_T}{\partial i_{BB}}\right)_T^2 \sigma_{i_{BB},FFE}^2 \end{aligned} \quad (23)$$

kde:

$$\left(\frac{\partial R_T}{\partial S_{Sub}}\right)_T \sigma_{S_{Sub},FFE}^2 \quad \text{a} \quad \left(\frac{\partial D_T}{\partial S_{Sub}}\right)_H \sigma_{S_{Sub},FFE}^2$$

představují vlivy chyb přízemního větru na ze střely vymetený užitečný náklad. Kombinací změn pro zastřílení, přenos a účinnou palbu se může ohodnotit celková přesnost palby po opravě. Viz příklad kapitola 9.

## 9 Chybová soustava meteorologické přípravy

### 9.1 Úvod

Chybová soustava meteorologické přípravy je založena na rovnicích popisujících prostorové (vzdálenost) a časové (čas) změny meteorologických údajů. Tyto rovnice byly odvozeny tak, aby byly v souladu s vrstvami (Z), používanými v současné meteorologické zprávě pro použití ve výpočetní technice dělostřelectva (METCM, AMETOC-4, Volume I, Annex A), meteorologické zprávy ve formě standardních souřadnicových dat (METGM, AMETOC-4, Volume I, Annex,C) a představovaly tyto změny jako funkci výšky. Parametry, které byly popsány, zahrnují

- vítr;
- tlak vzduchu;
- virtuální teplotu (vypočtenou z teploty vzduchu);
- hustotu vzduchu.

### 9.2 Popis modelu

Kromě prostorové a časové proměnlivosti, existují ještě chyby přístrojů spojené se shromažďováním údajů a dále chybová soustava rovněž závisí na způsobu vedení palby. Proto chybová soustava Meteo je popsána následovně:

$$\sigma_{X,Met} = f_m \sigma_{Inst}^2 + f_m \sigma_{X,Model}^2 + \sigma_{Staleness}^2 \quad (24)$$

se součiniteli nebo chybami:

- |                      |  |
|----------------------|--|
| $f_m = 0$            | pro palbu po opravě;   |
| $f_m = 1$            | pro palbu s vypočítanými prvky;                                    |
| $\sigma_{Inst}$      | chyba meteorologických přístrojů;                                  |
| $\sigma_{odel}$      | chyba spojená s výpočtem meteorologických parametrů;               |
| $\sigma_{Staleness}$ | chyba prostorové a časové platnosti. Všechny chyby jsou nezávislé. |

V aktuálním modelu chyba  $\sigma_{Model}$  byla kombinována s  $\sigma_{Inst}$  a uvažuje se pouze METCM. Prvky zastaralosti převádějí vliv času a prostoru (vzdálenost) mezi

okamžikem a místem sondování a místem a časem každé stěly. Rovněž odvození časové a prostorové proměnlivosti je založeno na klimatických údajích a představuje očekávané chyby pouze v poli. Proto neposkytuje aktuální chybové soustavy, které by mohly být použity pro zpřesnění dělostřelectva a je pouze teoretickým modelem.

Platí všeobecné zásady: 1 hodina časové platnosti (stáří) se rovná prostorové platnosti 30 km. To se může měnit jako funkce terénu a/nebo rozhraní země–moře apod.

Proto:

$$\text{platnost [h]} = \text{čas [h]} + a \cdot \text{vzdálenost [km]} \quad (25)$$

kde: součinitel „a“ bude záviset na modelované geografické oblasti.

Rovnice proměnlivosti ( $\sigma_{Ti,Staleness}$ ) pro různé meteorologické parametry jsou funkcemi času ( $t$ ), vzdálenosti ( $d$ ) a vrstvy ( $Z$ ). Všeobecně jsou dány následovně:

$$\sigma_{t,d}(Z) = k \cdot \sigma_n \cdot (Z) \cdot \sqrt{\left(t + \frac{d}{a}\right)^q} \quad (26)$$

kde je:

- $\sigma_n$   $n$  hodina platnosti odpovídající meteorologickému parametru (například složce větru);
- $T$  čas [hod];
- $d$  vzdálenost [km];
- $k$  konstanta upravena na čtverec pro časové období  $n$ ;
- $n$  časové období [hod] odpovídající klimatické standardní odchylce;
- $q$  součinitel balistického odporu;
- $a$  časově-prostorová rovnost (v současnosti se předpokládá, že je 30 km = 1hodině, tj.  $a = 30$ );
- $Z$  výška středu vrstvy [m].

Pro výpočet chyby Meteo se do modelu může implementovat rovnice (26) a zkombinovat s rovnicemi vypracovanými BMWG. V deterministickém modelu  $Z$  představuje maximální souřadnici úkolu. Bude potřeba vypočítat balistické parametry Meteo, a to bude národní záležitostí. Anebo implementovat stochastický model (Monte Carlo). Implementace je popsána dále v článku 9.2.

Rovnice platnosti jsou všechny funkcemi oblastních a sezónních součinitelů. Pro vítr, tlak vzduchu, hustotu vzduchu a virtuální teplotu se v modelu používají jako konstanty následující hodnoty:

Vítr	$k = 0,20, n = 24, q = 0,5, a = 30$
Tlak vzduchu	$k = 0,11, n = 24, q = 0,7, a = 30$
Virtuální teplota	$k = 0,15, n = 24, q = 0,6, a = 30$ (platí pro $Z > 3$ ).
Hustota vzduchu	$k = 0,2, n = 24, q = 0,5, a = 30$

## POZNÁMKA

Rovnice pro tlak vzduchu, virtuální teplotu a hustotu vzduchu mohou být stanoveny pouze pro  $d = 0$ . Při modelování chyb Meteo v rovnici (A6) bude potřeba převést tlak a teplotu na hustotu vzduchu nebo se může použít přímo hustota vzduchu, je-li k dispozici.

Standardní odchylka pro složku Meteo bude funkcí těchto parametrů způsobených teplotou, tlakem, hustotou vzduchu a větrem (rychlost a směr). Při kombinaci různých parametrů Meteo se musí vzít do úvahy jakákoliv korelace mezi nimi. Proto celková rovnice pro výpočet chyby Meteo je:

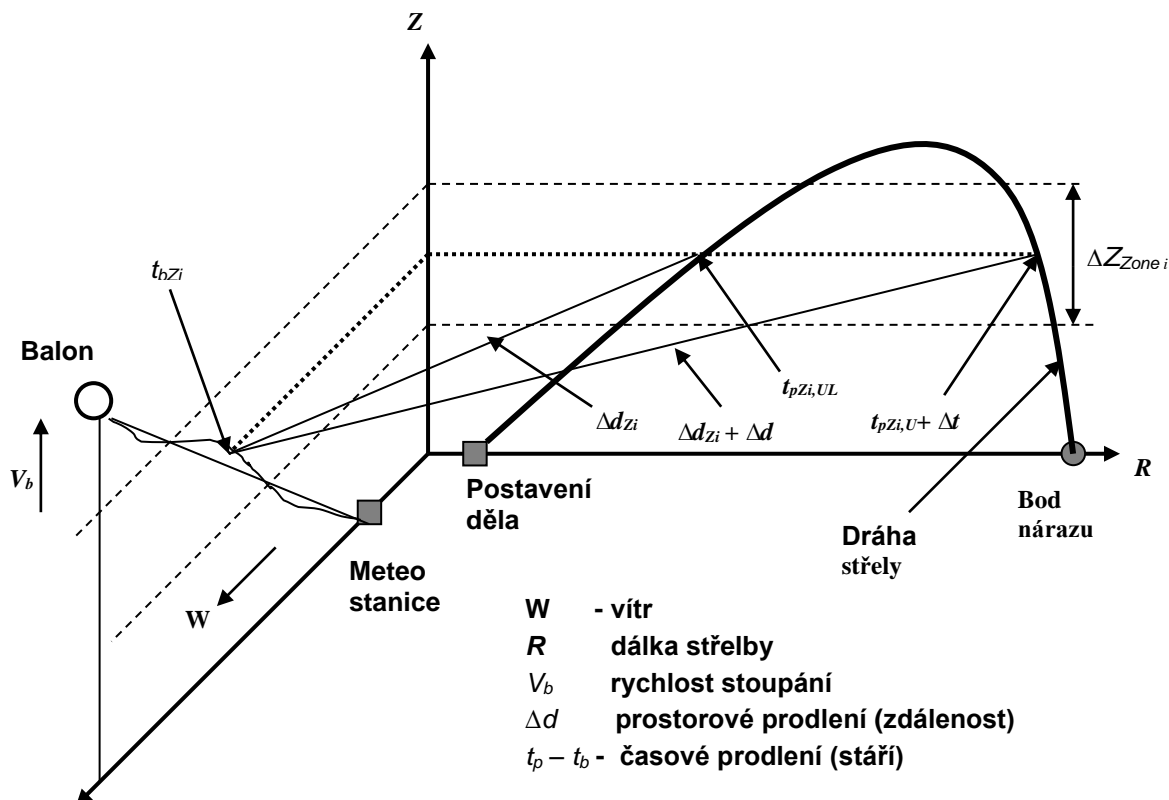
$$\sigma_{X, \text{Met}}^2 = f_m \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial X}{\partial T_i} \right)^2 \sigma_{T, \text{Inst}}^2 + \sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial X}{\partial T_i} \right)^2 \sigma_{T, \text{Staleness}}^2 + 2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \left( \frac{\partial X}{\partial T_i} \right) \left( \frac{\partial X}{\partial T_j} \right) \rho_{T_i, T_j} \sigma_{T_i, \text{Staleness}} \sigma_{T_j, \text{Staleness}} \quad (27)$$

Kde:

- $X$  je délka, odchylka nebo doba letu;
- $T_i, T_j$  jsou různé meteorologické parametry ( $m_n$ ): teplota, vítr (rychlost a směr), hustota vzduchu a tlak;
- $T_i, T_j$  jsou funkcí výšky a platnosti (stáří);
- $\sigma_n$  je standardní odchylka meteorologických parametrů  $T_i$ ;
- $\rho_{T_i, T_j}$  je statistická korelace mezi parametry Meteo  $T_i$  a  $T_j$ .

V úvahu přicházejí dvě korelace: korelace mezi různými parametry Meteo ( $m_n$ ) a korelace mezi různými vrstvami. Korelace mezi vrstvami je popsána v článku 9.2.

### 9.3 Implementace modelu



**OBRÁZEK 3 – Časová a prostorová platnost (stáří)**

Podle daného charakteru pohybových rovnic je zapotřebí vypočítat METCM pro každou dráhu. Tato METCM bude brát do úvahy platnost v každém bodu sondování. Platnost počítá s požadovaným časem sondování a případným snosem, aby se balon dostal do stejné výšky jako bod výpočtu.

Model pro vítr je popsán na schématu pro čas a prostor (obr. 3), kde je:

- Časová platnost (stáří) ( $t$ ) zahrnuje stoupání balonu a zpoždění, než se zpráva použije v počítači ( $t_p - t_b$ );
- Prostorová platnost ( $d$ ) definuje vzdálenost mezi dráhou a balonem ( $\Delta d$ ) ve středovém bodu každé vrstvy ( $Z$ ).

Pro implementaci modelu se přijímají následující předpoklady:

- a. Kvůli náhodnému směřování snosu balonu ve vztahu ke střelbě děla se ukazuje, že střední snos balonu se může převést na 0. Proto se „ $d$ “ omezí na vzdálenost od meteorologické stanice ke stanovišti děla a „ $t$ “ je poloha dráhy.
- b. Vzdálenost od meteorologické stanice ke stanovišti děla se může náhodně měnit a byla by vstupem uživatele do modelu.
- c. Časová platnost (stáří) je vstupem uživatele do modelu a bude záviset na maximálním vrcholu a časovém zpoždění Meteo zprávy před vystřelením děla.

- d. Na základě meteorologické zprávy METCM, BMWG poskytla SG2 příslušné korelace mezi vrstvami (pro příslušnou prostorovou/časovou platnost), buď pro převedení na pevné souřadnice bodu – x, y nebo zabezpečení aktuálních údajů, které by se mohly použít v stochastickém modelu.
- e. Výsledky BMWG:
- korelace mezi parametrem ve dvou různých časech (tj hodnotami získanými z různých METCM lišících se časem) ve vrstvě 0 a vrstvách nad ní je slabá ( $r < 0,2$ ) a virtuálně nezávislá na čase platnosti;
  - korelace mezi parametrem ve vrstvě 0 a následné vrstvy nad ní bez časové platnosti je dobrá, zvláště pro výšky pod 20 km, kde korelace pro směr větru je lepší než 0,7 a pro tlak vzduchu je lepší než 0,6;
  - korelace mezi dvěma sousedními vrstvami bez časové platnosti je výborná pro všechny zkoumané parametry ( $r > 0,9$ );
  - korelace mezi dvěma sousedními vrstvami ve dvou různých časech (tj. hodnotami získanými z různých METCM lišících se časem) je slabá jak při zkoumání rozdílu vrstvy 0 a následujících rozdílů pro vyšší vrstvy, tak pro posloupné rozdíly mezi dvěma vrstvami a následujícími vrstvami.

Na počátku, za předpokladu nezávislosti (s využitím rovnice (26), se platnost pro každý parametr ( $\sigma_{Staleness}$ ) může vypočítat jednotlivě (vítr, tlak, teplota atd.). Celková chyba Meteo se může vypočítat s využitím rovnice (27) se započítáním každé korelace a připočítáním chyb přístrojů.

## 10 Zastřílení

Zastřílení se skládá z postupného vystřelení pozorovaných ran ve stejných podmínkách. (prachová náplň a série, hmotnost a tvar střely, postavení děla, cíl atd.) a ve stejném čase (v průběhu několika minut) jako rány účinné palby.

Respektují-li se tyto podmínky a za předpokladu, že atmosféra se příliš nemění mezi dvěma výstřely a že dráhy jsou balisticky podobné, pak postačí opravovat střelbu přenášením středního nárazu (MPI) na cíl použitím možností „zasažen“ proti „nezasažen“.

Zastřílení se snaží snížit chyby MPI a TLE na nulu (rovnice (3), (5) a (7)), nicméně platí dvě nové definice pro chyby zastřílení a přenos:

- a. Chyba vzorku ( $\sigma_{X,SE}$ ) (ekvivalentní k chybě zastřílení) kvůli skutečnosti, že MPI vzorku pozorovaných ran se odlišuje od MPI zastřelovaného souboru (pro vzorek neurčitého počtu ran). Tato chyba se snižuje se zvyšujícím se počtem zástřelných ran;

$$\sigma_{X(SE)}^2 = \frac{\sigma_{X,RR}^2}{n} \quad (28)$$

- b. Chyba polohy ran ( $\sigma_{X,loc,RR}$ ) (ekvivalentní k chybě přenosu), což je rozdíl mezi chybou polohy MPI zástřelných ran a chybou zastřelujícího pozorovatele (OAE), tj. zbývající chyba polohy cíle (TLE), která se nedá vystřílet. Tvoří ji chyba zanedbání ( $\sigma_{X,OA}$ ), a chyba hustoty ( $\sigma_{X,RR}$ ). Chyba hustoty se snižuje

se zvětšováním počtu zástřelných ran; je v obráceném poměru ke druhé odmocnině počtu zástřelných ran.

$$\sigma_{X(loc,RR)}^2 = \frac{\sigma_{X,RR}^2}{n} + \sigma_{X,OA}^2 \quad (29)$$

Zastřílení je nejpřesnějším způsobem pro přípravu vedení palby, protože chyby MPI a TLE jsou velmi malé. Avšak nemůže se použít za každých okolností, protože může prozradit nepříteli polohu děla a upozornit jej, že bude napaden. Tento způsob se používá pouze tehdy, jestliže účinná palba první ranou není naléhavá.

Při prvním přiblížení je zastřílení nejlepší dostupnou opravovanou palbou, kde chyba zastřílení je chybou vzorku. Chyba přenosu je chybou polohy rány a všechny ostatní chyby (rovnice (3), (5) a (7)) se rovnají nule.

Chyby změn zastřílení v dálce ( $R$ ), směru ( $D$ ) a výšce rozprasku ( $H$ ) se mohou vyjádřit následovně:

$$\sigma_R^2 = \frac{\sigma_{R,RR}^2}{n} + \sigma_{R(loc,RR)}^2 \quad (30)$$

$$\sigma_D^2 = \frac{\sigma_{D,RR}^2}{n} + \sigma_{D(loc,RR)}^2 \quad (31)$$

$$\sigma_H^2 = \frac{\sigma_{H,RR}^2}{n} + \sigma_{H(loc,RR)}^2 \quad (32)$$

## 11 Zdroje chybové soustavy (dělostřelectvo)

Cílem této kapitoly je poskytnout další podrobnosti chybové soustavy tak, aby se dala použít v Souboru sdíleného programového vybavení (pro řízení palby) podskupiny 2 (S4) (STANAG 4537). Chybová soustava výzbroje NATO (NAEB) je statistickým představitelem přesnosti vedení palby způsobených zdroji chyb, které ovlivňují způsoby vedení palby. Velikost chybové soustavy se může statisticky vyjádřit v hodnotách standardní odchylky  $\sigma_X$ , pravděpodobné chyby ( $PE_X$ ), (kde  $X = R, D$  nebo  $H$ ) nebo ekvivalentem pravděpodobné chyby ( $ECEP_{50}$ ). Definice  $ECEP_{50}$  je uvedena v kapitole 12. V tomto ČOS je však používána jako výchozí standardní odchylka.

Definice chybové soustavy dělostřelectva je uvedena v článku 5.3. Další dílčí rozdělení vztahující se na chybovou soustavu výzbroje, která se mohou použít z této přílohy, jsou následující:

a. Chyba středního nárazu (MPI) se může rozdělit na: Chyby Meteo ( $\sigma_{X,Wpn}$ ), chyby od zbraně ke zbraně ( $WW$ ) a chyby ( $\sigma_{X,Unit}$ ) od palebné jednotky k palebné jednotce ( $FF$ ), je-li pro úkol použita více než jedna jednotka. To je popsáno následovně:

$$\sigma_{X,MPI}^2 = (\sigma_{X,Met}^2 + \sigma_{X,Wpn}^2 + \sigma_{X,Unit}^2)_{MPI} \quad (33)$$

b. Variabilnosti od rány k ráně ( $RR$ ) (chyba hustoty), tj. statistické rozdělení bodů nárazu (nebo funkce) střel vypálených ze všech zbraní/jednotek a sérií kolem středního nárazu (MPI).

### 11.1 Chyba od zbraně ke zbrani ( $\sigma_{X,Wpn}$ )

Chyby od zbraně ke zbrani ( $WW$ ) se vztahují na pozorovatelné rozdíly, které vznikají, když se porovnává střelba jedné zbraně vzhledem k jiné zbrani. Velikost této chyby je variabilitou počáteční rychlosti ( $MVV$ ), ale mohou být i jiné chyby, které ovlivňují chybu  $WW$ . Při plnění úkolu po opravované palbě se předpokládá, že tato chyba je nulová.

### 11.2 Chyba od palebné jednotky k palebné jednotce ( $\sigma_{X,Unit}$ )

Chyby od palebné jednotky k palebné jednotce se vztahují na pozorovatelné rozdíly, které vznikají mezi více palebnými jednotkami použitými na přepad cíle v jedné úloze. Jsou-li palebné jednotky rozmístěné na velké ploše může existovat požadavek na chybu prošlosti Meteo.

Pro každý z hlavních způsobů vedení palby (s vypočítanými prvky a po opravě) popisují model chybové soustavy středního nárazu (MPI) rovnice (3), (5) a (7). Rovnice (33) se může použít pro další podrod chybové soustavy na složky Meteo, zbraně a jednotky. Následující tabulky definují tyto zdroje chyb spojené s hlavními způsoby vedení palby.

#### POZNÁMKA

Zastřílení se nedá rozdělit na složky Meteo, zbraně a jednotky.

**TABULKA 1 – Chybová soustava údajů, které se používají pro úkoly palby s vypočítanými prvky a po opravě**

Zdroj chybové soustavy	Chyby středního nárazu (MPI)			Chyba od rány k ráně	Hlavní skupina
	Meteo	Od zbraně ke zbrani	Od jednotky k jednotce		
Zastřílení			$(\sigma_{X,Reg})$		Za letu
Přenos			$(\sigma_{X,Trans})$		Za letu
Počáteční rychlost		$(\sigma_{X,MV,WW})$	$(\sigma_{X,MV,FF})$	$(\sigma_{X,MV,RR})$	Při výstřelu
Poloha zbraně		$(\sigma_{X,WL,WW})$	$(\sigma_{X,WL,FF})$		Při výstřelu
Náměr		$(\sigma_{X,QE,WW})$	$(\sigma_{X,QE,FF})$	$(\sigma_{X,QE,RR})$	Při výstřelu
Směr		$(\sigma_{X,AZ,WW})$	$(\sigma_{X,AZ,FF})$	$(\sigma_{X,AZ,RR})$	Při výstřelu
Výpočet		$(\sigma_{X,Calc,WW})$			Za letu
Střela		$(\sigma_{X,Proj,WW})$		$(\sigma_{X,Proj,RR})$	Za letu
Zapalovač		$(\sigma_{X,Fuze,WW})$		$(\sigma_{X,Fuze,RR})$	Za letu
Střela s užitečným nákladem		$(\sigma_{X,Sub,WW})$		$(\sigma_{X,Sub,RR})$	Za letu



Zdroj chybové soustavy	Chyby středního nárazu (MPI)			Chyba od rány k ráně	Hlavní skupina
	Meteo	Od zbraně ke zbrani	Od jednotky k jednotce		
Meteo					
Hustota vzduchu	$\sigma_{X,Dens}$		$\sigma_{X,Dens}$		Za letu
Teplota vzduchu	$\sigma_{X,Temp}$		$\sigma_{X,Temp}$		Za letu
Vektor větru	$\sigma_{X,W}$				Za letu

**POZNÁMKY:**

- 1 Chyby zastřílení a přenosu se používají pouze pro úkol palby po opravě.
- 2 Hodnoty MPI pro chybovou soustavu palby po opravě budou mnohem menší (v některých případech nula) než u palby s vypočítanými prvky. To závisí na:
  - a. použitím způsobu zastřílení;
  - b. použitím oprav na jiných dálkách, než je délka zastřílení;
  - c. použitím jiné střely než pro zastřílení.
- 3 Pro chybu od palebné jednotky k palebné jednotce existuje závislá chyba, která je založena na oddělení MPI pro jednotky. Pro účely tohoto ČOS se tato chyba pokládá za nulovou, ale pro jiná použití, jako například pro Řídící program hodnocení nepřímé střelby NATO (NIFAK) je potřeba tuto chybu vzít do úvahy.
- 4 Pro podrobnější zpřesnění se některé chyby mohou dále rozdělit; např. chyby střely zahrnují aerodynamické chyby a chyby raketového motoru / plynového generátoru, jsou-li jimi vybavené. Chyby Meteo se mohou rozdělit na přechodné a na chyby platnosti (stáří) nebo přístrojů atd.
- 5 Chyby užitečného nákladu pro celou střelu se definují pouze jako jedna chyba (MPI a RR). Pro jiná použití, jako NIFAK, se budou požadovat další rozlišení pro jednotlivé druhy užitečného nákladu.
- 6 V tomto ČOS nebyly provedeny pokusy specifikovat všechna rozdělení; ta budou záviset na kombinaci zbraň/střela a podrobnostech metody hodnocení, požadované pro analýzu.

## 12 Definice ekvivalentu pravděpodobných kruhových chyb (ECEP)

Pro zjednodušení chybové soustavy při použití národních modelů a pro jiné aplikace se standardní odchylka ( $\sigma_X$ ) (kde  $X$  = délka ( $R$ ) a směr ( $D$ )) může převést na ekvivalentní kruhové rozdělení, známé jako ekvivalentní pravděpodobná kruhová

chyba (*ECEP*). Ta je rovněž obecně známá jako pravděpodobná kruhová chyba (*CEP*).

*ECEP* je obecně definována jako poloměr kruhu, v němž nastane 50 % chyb. Pro kruhové rozložení (tj.  $\sigma_R = \sigma_D$ ), je převod ze standardní odchylky „ $\sigma$ “ na *ECEP* přesný na 100 % pro všechny hodnoty, avšak pro elipsovité rozložení to vždy neplatí. Všeobecně pro dělostřelectvo je  $\sigma_R > \sigma_D$  a se zvětšováním rozdílu se přesnost převodu na *ECEP* může snižovat.

Existuje řada rovnic pro *ECEP*, avšak ty společně používané v dělostřelecké veřejnosti jsou následující:

- a. Pro kruhové rozložení se může použít všeobecná rovnice (34); pokud se ale  $\sigma_R$  odlišuje více než o 10 % od  $\sigma_D$ , pak (34) neplatí.

b. 
$$ECEP_{50} = 1,1774 \left[ \frac{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_D^2}}{2} \right]$$

(34)

- c. Pro elipsovité rozložení, kde  $\sigma_R$  je značně odlišné od  $\sigma_D$ , existuje řada rovnic, které se mohou použít:

$$ECEP_{50} = 0,589 (\sigma_R + \sigma_D) \quad (35)$$

$$ECEP_{50} = 0,615 \sigma_R + 0,562 \sigma_D \quad (36)$$

$$ECEP_{50} = (0,587 + 0,535\alpha + 0,052\alpha^2), \text{ kde } \alpha = \frac{\sigma_R}{\sigma_D} \quad (37)$$

Pro hlavní dělostřelectvo všeobecně platí, že převedení  $\sigma_R$ , které se neliší od  $\sigma_D$  více než pětikrát, poskytují výše uvedené rovnice pro *ECEP* přijatelné hodnocení chyby. Není-li tomu tak, pak by si čtenář měl uvědomit, že hodnota *ECEP* nemusí být přiměřená.

## **PŘÍLOHY**

**Příloha A**  
(informativní)

## A Příklad chybové soustavy (dělostřelectvo)

### A1 Chybová soustava palby s vypočítanými prvky

Pro výpočet chybové soustavy palby s vypočítanými prvky se požadují jak velikost chyb, tak parciální derivace. Velikosti chybové soustavy jsou národní záležitostí a mohou se odvodit ze zkoušek experimentálně nebo modelováním. Parciální derivace (účinky jednotky) jsou odvozeny z vhodného modelu dráhy modifikovaného hmotného bodu (MPMM), který odpovídá ČOS 109001.

S využitím příkladu chybové soustavy v tabulce A1 a odpovídajících parciálních derivací v tabulce A2, se chybová soustava středního nárazu pro střelu USA s pomocným raketovým motorem (M549) při střelbě z houfnice M109/A6 na 35 km může vypočítat s využitím rovnic (3) a (5) v kapitole 8, kde je:

$$\sigma_{R,Reg}^2 = \sigma_{D,Reg}^2 = \sigma_{R,Trans}^2 = \sigma_{D,Trans}^2 = 0 \quad (A1)$$

poněvadž byla zvolena palba s vypočítanými prvky,

$$\sigma_{R,Fuze}^2 = 0 \quad (A2)$$

poněvadž byl zvolen zapalovač s nárazovým účinkem (oproti rozprasku),

$$\sigma_{R,Calc}^2 = \sigma_{D,Calc}^2 = 0 \quad (A3)$$

poněvadž se předpokládá, že tyto chyby jsou zanedbatelné.

Tak se rovnice (3) a (5) redukují na:

$$\sigma_R^2 = \sigma_{R,MV}^2 + \sigma_{R,Met}^2 + \sigma_{R,WL}^2 + \sigma_{R,QE}^2 + \sigma_{R,Proj}^2 + \sigma_{R,TL}^2 \quad (A4)$$

$$\sigma_D^2 = \sigma_{D,MV}^2 + \sigma_{D,Met}^2 + \sigma_{D,WL}^2 + \sigma_{D,AZ}^2 + \sigma_{D,Proj}^2 + \sigma_{D,TL}^2 \quad (A5)$$

Chyba Meteo se může vypočítat s využitím rovnic (24) a (27), uvedených v kapitole 9.

Za předpokladu, že:  $\rho_{T_i, T_j, Staleness} = 0$ ,  $f_m = 1$  (pro palbu s vypočítanými prvky) a  $\sigma_{H, Met} = 0$  a že chyby přístrojů, modelu a platnost (stáří) byly zkombinovány s každým meteorologickým prvkem ( $T_i$ ), pak:

$$\sigma_{R, Met}^2 = \left( \frac{\partial R}{\partial Temp} \right)^2 \sigma_{R, Temp}^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial Den} \right)^2 \sigma_{R, Den}^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial W} \right)^2 \sigma_{R, W}^2 \quad (A6)$$

$$\sigma_{D, Met}^2 = \left( \frac{\partial D}{\partial W} \right)^2 \sigma_{R, W}^2 \quad (A7)$$

Pro výpočet celkové chyby střely ( $\sigma_{R, Proj}$ ) pro střelu s raketovým motorem se změny v dálce, způsobené tvarem ( $i$ ) (jak od série k sérii, tak od k úkolu), součinitelem tahu motoru ( $f_T$ ) a dobou zpoždění motoru ( $t_{DL}$ ) předpokládají, že jsou navzájem nezávislé a mohou se kombinovat následovně:

$$\sigma_{R, Proj}^2 = \left( \frac{\partial R}{\partial i} \right)^2 \sigma_{R, i}^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial f_T} \right)^2 \sigma_{R, f_T}^2 + \left( \frac{\partial R}{\partial t_{DL}} \right)^2 \sigma_{R, t_{DL}}^2 \quad (A8)$$

$$\sigma_{D, Proj}^2 = \left( \frac{\partial D}{\partial f_L} \right)^2 \sigma_{D, f_L}^2 \quad (A9)$$

Za těchto předpokladů se chybová soustava může vypočítat následovně:

$$\sigma_{R, Met}^2 = (97)^2(0,42)^2 + (321)^2(0,31)^2 + (66)^2(3,16)^2 = (235)^2 \quad \text{z (A6)}$$

$$\sigma_{D,Met}^2 = (45)^2(3,16)^2 = (142)^2 \quad z \text{ (A7)}$$

$$\sigma_{R,Proj}^2 = (321)^2 + (0,49^2 + 0,5^2) + (72)^2(0,89)^2 + (7)^2(0,3)^2 = (234)^2 \quad z \text{ (A8)}$$

$$\sigma_{D,Proj}^2 = (8)^2(1)^2 = (8)^2 \quad z \text{ (A9)}$$

Proto s využitím (A4) a (A5):

$$\sigma_R^2 = (56)^2(2)^2 + (235)^2 + (10)^2 + (28)^2(0,6)^2 + (234)^2 + (10)^2,$$

takže  $\sigma_R = 350 \text{ m}$ ;

$$\sigma_D^2 = 0 + (142)^2 + (10)^2 + (35)^2(0,6)^2 + (8)^2 + (10)^2, \text{ takže } \sigma_D = 145 \text{ m.}$$

**Tabulka A1 – Velikost chyb pro střelu M549A1 na dálku 35 km**

Složka chyby	Jednotky	Velikost chyby	
		Dálka	Směr
Zamíření	mil	0,6	0,6
Počáteční rychlost (řízení)	m·s <sup>-1</sup>	2	-
Součinitel tvaru (od série k sérii)	%	0,49	-
Součinitel tvaru (od úkolu k úkolu)	%	0,50	-
Součinitel vztlaku	%	-	1,0
Součinitel tahu	%	0,89	-
Doba zpoždění	s	0,3	-
Poloha zbraně	m	10	10
Poloha cíle	m	10	10
Met. hustota vzduchu (2 h)	%	0,31	-
Met. teplota (2 h)	%	0,42	-
Met. vítr (2 h)	m·s <sup>-1</sup>	3,16	3,16

**TABULKA A2 – Parciální derivace pro střelu M549A1 na dálku 35 km**

Složka chyby	Jednotky	Velikost chyby	
		Dálka	Směr
Zamíření	m/mil	28	35
Počáteční rychlost	m/m·s <sup>-1</sup>	56	-
Součinitel tvaru (od série k sérii)	m/%	321	-
Součinitel tvaru (od úkolu k úkolu)	m/%	321	-
Součinitel vztlaku	m/%	-	8,0
Součinitel tahu	m/%	72	-
Doba zpoždění	m/s	7	-
Met. hustota vzduchu (2 h)	m/%	321	-
Met. teplota (2 h)	m/%	97	-
Met. vítr (2 h)	m/m·s <sup>-1</sup>	66	45

## **A2 Chybová soustava palby po opravách**

Pro výpočet chybové soustavy palby po opravách se požadují jak velikost chyby, tak parciální derivace. Stejně jako pro palbu vypočítanými prvky je velikost chybové soustavy národní záležitostí a může se odvodit ze zkoušek, experimentálně nebo modelováním. Parciální derivace (účinky jednotky) se odvozují z vhodného MPMM, odpovídajícího ČOS 109001.

S využitím příkladu chybové soustavy v tabulce A1 a A3 a odpovídajících parciálních derivací v tabulkách A2 a A4 se chyby středního nárazu pro střelu M549 při střelbě na 35 km s využitím zastřílených oprav určených na 35 km mohou vypočítat s využitím rovnic (15) až (23) kapitoly 8, kde je:

- Zastřílená dálka ( $R_R$ ) = 35 km, dálka cíle ( $R_T$ ) = 30 km,  $n = 6$  ran se standardní odchylkou zastřílené dálky 70 m a směru 30 m, přístroje 15 m v dálce a 15 m ve směru.
- Zastřílené chyby Meteo jsou v tabulce A1.
- Chyby Meteo účinné střelby jsou v tabulce A3 (odpovídají době platnosti ½ hodiny od zastřílení).
- Zapalovač je nárazový (všechny údaje výšky a nastavení časování jsou nula a parciální derivace jsou pro konstantní výšku).
- $\sigma_{WL,FFE}^2 = \sigma_{R,Calc}^2 = \sigma_{D,Calc}^2 = 0$ .

Za uvedených předpokladů se rovnice (15) až (23) redukuje na:

$$\sigma_{R,Reg}^2 = \left( \frac{\sigma_{R,RR}^2 + \sigma_{Inst}^2}{n} \right)^2 \left( \frac{R_T}{R_R} \right)^2 \quad (A10)$$

kde  $\left( \frac{R_T}{R_R} \right)$  se používá pro zaznamenání chyb dále cíle.

$$\begin{aligned} \sigma_{R,Trans}^2 = & \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial i} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial R_T}{\partial i} \right]^2 \sigma_{i,Reg}^2 + \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial Den} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial R_T}{\partial Den} \right]^2 \sigma_{Den,Reg}^2 + \\ & \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial Temp} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial R_T}{\partial Temp} \right]^2 \sigma_{Temp,Reg}^2 + \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial W} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial R_T}{\partial W} \right]^2 \sigma_{W,Reg}^2 + \\ & \left[ \left( \frac{\partial R_T}{\partial MV} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial R_T}{\partial MV} \right]^2 \sigma_{MV,Reg}^2 + \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial t_{DL}} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial R_T}{\partial t_{DL}} \right]^2 \sigma_{t_{DL},Reg}^2 + \\ & \left[ \left( \frac{\partial R_R}{\partial f_T} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial R_T}{\partial f_T} \right]^2 \sigma_{f_T,Reg}^2 + \left( \frac{R_T}{R_R} - 1 \right)^2 \sigma_{WL,Reg}^2 \end{aligned} \quad (A11)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{R,FFE}^2 = & \left( \frac{\partial R_T}{\partial Den} \right)^2 \sigma_{Den,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial Temp} \right)^2 \sigma_{Temp,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial W_R} \right)^2 \sigma_{W_R,FFE}^2 + \\ & \left( \frac{\partial R_T}{\partial MV} \right)^2 \sigma_{MV,FFE}^2 + \left( \frac{\partial R_T}{\partial QE} \right)^2 \sigma_{QE,FFE}^2 \end{aligned} \quad (A12)$$

**a**

$$\sigma_{D,Reg}^2 = \left( \frac{\sigma_{D,Reg}^2 + \sigma_{D,Inst}^2}{n} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right)^2 \quad (A13)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{D,Trans}^2 = & \left[ \left( \frac{\partial D_R}{\partial W_D} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial D_T}{\partial W_D} \right]^2 \sigma_{W_D}^2 + \left[ \left( \frac{\partial D_R}{\partial f_L} \right) \left( \frac{R_T}{R_R} \right) - \frac{\partial D_T}{\partial f_L} \right]^2 + \\ & \left( \frac{R_T}{R_R} - 1 \right)^2 \sigma_{WL,Reg}^2 \end{aligned} \quad (A14)$$

$$\sigma_{D,FFE}^2 = \left( \frac{\partial D_T}{\partial W_D} \right)^2 \sigma_{W_D,FFE}^2 + \left( \frac{\partial D_T}{\partial f_L} \right)^2 \sigma_{f_L,FFE}^2 + \left( \frac{R_T}{1018,59} \right)^2 \sigma_{AZ,FFE}^2 \quad (A15)$$

Za těchto předpokladů a odpovídajících chybových soustav a parciálních derivací (viz tabulka A1 až A4) se chyby středního nárazu MPI mohou vypočítat následovně:

$$\sigma_{D,Reg}^2 = \left( \frac{(70)^2 + (15)^2}{6} \right) (0,86)^2 = (25)^2 \quad \text{z (A10)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{R,Trans}^2 = & (321 \cdot 0,86 - 235)^2 (0,5^2 + 0,49^2)^2 + (321 \cdot 0,86 - 235)^2 (0,31)^2 + \\ & (97 \cdot 0,86 - 60)^2 (0,42)^2 + (66 \cdot 0,86 - 56)^2 (3,16)^2 + \\ & (56 \cdot 0,86 - 41)^2 (2)^2 + (7 \cdot 0,86 - 12)^2 (0,3)^2 + \\ & (72 \cdot 0,86 - 50)^2 (0,89)^2 + (0,86 - 1)^2 (10)^2 = (38)^2 \end{aligned} \quad \text{z (A11)}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{R,FFE}^2 = & (235)^2 (0,1)^2 + (60)^2 (0,08)^2 + (56)^2 (1,2)^2 + (41)^2 (1,5)^2 + \\ & (32)^2 (0,6)^2 = (96)^2 \end{aligned} \quad \text{z (A12)}$$

**Příloha A**

(informativní)

$$\sigma_{D,Reg}^2 = \left( \frac{(30)^2 + (15)^2}{6} \right) (0,86)^2 = (12)^2 \quad \text{z (A13)}$$

$$\sigma_{D,Trans}^2 = (45 \cdot 0,86 - 38)^2 (3,16)^2 + (8 \cdot 0,86 - 6)^2 (1)^2 + (8 \cdot 0,86 - 6)^2 (1)^2 + (0,86 - 1)^2 (10)^2 = (3)^2 \quad \text{z (A14)}$$

$$\sigma_{D,FFE}^2 = (38)^2 (1,2)^2 + (6)^2 (1)^2 + (29)^2 (0,6)^2 = (49)^2 \quad \text{z (A15)}$$

a tak:

$$\sigma_{R,MPI}^2 = \sqrt{[(25)^2 + (38)^2 + (96)^2]} = 106 \text{ m} \quad \text{z (3)}$$

$$\sigma_{D,MPI}^2 = \sqrt{[(12)^2 + (3)^2 + (49)^2]} = 51 \text{ m} \quad \text{z (5)}$$

**POZNÁMKA**

Údaje jsou zaokrouhleny na metry.

**TABULKA A3 – Chybová soustava palby po opravě pro střelu M549A1 na 30 km**

Složka chyby	Jednotky	Velikost chyby	
		Dálka	Směr
Zamíření	mil	0,6	0,6
Počáteční rychlost (řízení)	m·s <sup>-1</sup>	1,5	-
Součinitel tvaru (od série k sérii)	%	0,49	-
Součinitel tvaru (od úkolu k úkolu)	%	0,5	-
Součinitel vztlaku	%	-	1,0
Součinitel tahu	%	0,89	-
Doba zpoždění	s	0,3	-
Poloha zbraně	m	0,10	10
Poloha cíle	m	0	0
Met. hustota vzduchu (0,5 h)	%	0,10	-
Met. teplota (0,5 h)	%	0,08	-
Met. vítr (0,5 h)	m·s <sup>-1</sup>	1,2	1,2



**TABULKA A4 – Parciální derivace pro M549A1 na 30 km**

Složka chyby	Jednotky	Velikost chyby	
		Dálka	Směr
Zamíření	m/mil	32	30
Počáteční rychlost (řízení)	m/m·s <sup>-1</sup> .	41	-
Součinitel tvaru (od série k sérii)	m/%	235	-
Součinitel tvaru (od úkolu úkolu)	m/%	235	-
Součinitel vztlaku	m/%	-	6,0
Součinitel tahu	m/%	50	-
Doba zpoždění	m/s	12	-
Met. hustota vzduchu (2 h)	m/%	235	-
Met. teplota (2 h)	m/%	60	-
Met. vítr (2 h)	m/m·s <sup>-1</sup>	56	38

(VOLNÁ STRANA)

(VOLNÁ STRANA)

Účinnost českého obranného standardu od: **4. března 2020**

### Změny

Změna číslo	Účinnost od	Změnu zpracoval	Datum zpracování	Poznámka

**Upozornění:** Oznámení o českých obranných standardech jsou uveřejňována měsíčně ve Věstníku Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví v oddíle „Ostatní oznámení“ a Věstníku MO.

V případě zjištění nesrovnalostí v textu tohoto ČOS zasílejte připomínky na adresu distributora.

---

Rok vydání: 2020, obsahuje 22 listů

Distribuce: Odbor obranné standardizace Úř OSK SOJ, nám. Svobody 471, 160 01  
Praha 6

Vydal: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti  
[www.oos.army.cz](http://www.oos.army.cz)

**NEPRODEJNÉ**

---