

Vliv člověka na spolehlivost zbraňového systému

Neustálé zvyšování bojové pohotovosti a připravenosti ČSLA k obraně socialismu je závislé na úrovni morálně politického stavu a materiálně technického zabezpečení příslušníků armády.

Nositelům úspěchu v bojové činnosti je uvědomělý, náležitě vyzbrojený a dobře vycvičený voják, jehož úloha se realizuje prostřednictvím spolehlivé moderní techniky.

Člověk se svými profesionálními, morálně politickými, psychickými a fyzickými hodnotami zaujímá ve vztahu k technice vedoucí postavení na jakémkoliv stupni společenského rozvoje. Vojenská technika vždy byla a také zůstane jenom nástrojem ozbrojené činnosti. Čím je zbraň dokonalejší, tím více je závislá na člověku, na kvalitě jeho vědomí a schopností. Zvyšující se složitost vojenské techniky a tím i vysoké náklady na každý druh výzbroje nutí k pozornému sledování nejen takticko-technické možnosti, ale i metody její exploatace a bojového použití obsluhou. Stále se zvyšující rychlosti pohybu bojových prostředků (raket, letadel, ale i pozemní techniky) zkracující časy bojové přípravy a časy na vydání velitelských rozhodnutí výkonným orgá-

nům. V podmínkách soudobé války je efektivní řízení vojsk a zařazených bojových prostředků nemožné bez alespoň částečné automatizace těchto procesů. Rozvoj automatizace a růst složitosti zbraňových systémů jsou charakteristické pro řešení nových vojenskovo vědních úkolů, v nichž hlavní roli má člověk — operátor, který řídí technický systém. Současně do popředí vystupuje také vojenskoinženýrský a psychologický problém spolehlivosti komplexu člověk — bojová technika (systém člověk — technika).

K nejsložitějším systémům v ČSLA patří známé komplety PLŘS, PTRS včetně BVP s PTRS apod.

Zvyšují se nároky zejména na psychiku specialistů složitých zbraní a bojové techniky. Požadovanou úlohu zbraní mohou plnit jedině tehdy, když je člověk ovládne a použije v pravý okamžik. Proto je stále platná zásada úspěšné přípravy vojsk k vedení bojové činnosti — výcvik maximálně přiblížit současným bojovým podmínkám. Vojáci musí mít jasnou představu o způsobu vedení boje nepřítelem a o účincích bojových prostředků, které má k dispozici. Samozřejmě každý voják musí znát neefektivnější způsoby vedení vlastní bo-

gové činnosti, dokonale ovládat svěřenou bojovou techniku a důvěřovat v bojové možnosti vlastních zbraní.

Čím lépe zná voják zbraň a bojovou techniku, způsoby jejich neúčelnějšího využívání, provozu, ošetřování možných poruch, tím je jeho činnost jistější i za působení záporných vlivů bojové situace. Touto cestou také dochází k potřebnému udržování provozní spolehlivosti techniky u vojsk, jejímu efektivnímu využívání a prodlužování životnosti. Důležitý je kladný vztah k technice, uvědomělý přístup obsluhy k výcviku a neustálé osvojování si technických dovedností. Jedině za těchto podmínek je možné realizovat všechny takticko-technické možnosti, které bojová technika má. Předpokladem adekvátního odrazu této situace je dosažení a udržení nejen odborné vyspělosti vojáků — obsluhy zbraní, ale i jejich optimální psychologické připravenosti k plnění bojových úkolů.

Psychologická charakteristika vojáka ČSLA (obsluhy, operátora) by byla neúplná, kdyby byl ignorován fakt, že tento voják se v daném prostředí prosazuje jako osobnost, která plní úkoly obrany socialistické vlasti. Pochopení společensky významného poslání přípravy na spolehlivou obranu probíhá v procesu bojové a politické přípravy vojáků ČSLA. Kladou se v ní vysoké nároky na morálně politický profil, tělesnou zdatnost, rozumovou a odbornou vyspělost.

Úkoly vojenského výcviku jsou proto neoddelitelně spjaté s úkoly vojenské výchovy. V procesu výcviku se musí formovat nejen odborné technické znalosti, dovednosti a návyky, ale také potřebné organizační, inženýrskotechnické a metodické vlastnosti. To vše vede k dalšímu zvyšování bojové pohotovosti armády prostřednictvím vojáků — jednotlivců a k utváření jejich profesionálně významné psychologické vlastnosti — spolehlivosti člověka, zařazeného jako nedílný článek systému člověk — technika.

Tato úloha uvědomělého řešení operací závisí na psychologické připravenosti a

vyplývá z charakteru vzájemné činnosti člověka a techniky k dosažení vytyčeného cíle. Nutnou podmínkou úspěšné práce je stabilní chování operátora a odpovídající spolehlivost systému, neboť efektivnost splnění úkolu závisí na úrovni a kvalitě připravenosti celého komplexu zbraňového systému člověk a technika se všemi aspekty technickými, psychofyzilogickými a sociologickými.

Systémem člověk — bojová technika rozumíme jednotný funkční celek tvořený dynamicky svázanou lidskou silou a technickou složkou s určením plnit úkoly bojové a politické přípravy.

Spolehlivost systému člověk — technika je vlastnost tohoto systému uchovávat vstupní charakteristiky v požadovaných mezích, při stanovených podmínkách provozu.

Výsledná spolehlivost systému se vyjadřuje jako u techniky číselně, např. pravděpodobností splnění úkolů:

$$P_S = P_L \cdot P_T,$$

kde: P_S — výsledná spolehlivost systému,

P_L — spolehlivost člověka — operátora,

P_T — spolehlivost technické části.

Tak jako porucha je jev spočívající v ukončení provozuschopnosti techniky, tak lidské chyby působí negativně na spolehlivost systému, a proto je nutné s nimi počítat. Výhodné je sledovat chyby jako funkci celého systému, i když stabilita lidských možností člověka je nejen omezená, ale i proměnlivá v závislosti na podmínkách vnějšího i vnitřního prostředí.

K faktorům, které mají vliv na spolehlivost operátora zejména patří:

a) subjektivní faktory

— stupeň připravenosti (úroveň přípravy výcviku),

— individuální vlastnosti (např. fyziologické),

— mentální dispozice (psychický stav),

b) objektivní faktory

— vnější vlivy (např. rušení, stres, míra odpovědnosti),

— vliv techniky (kontrola operátora, systému, provozní specifiky, přísun informace, organizační faktory, tj. režim práce, součinnost).

Jakoli bude dokonalá bojová technika, optimální práce s ní vyžaduje, aby byly respektovány všechny psychofyzilogické kvality a schopnosti člověka.

Velký počet mimořádných událostí, havárií a selhání bojové techniky u vojsk je podmíněn provozními příčinami, za nimiž se skrývají chyby člověka, nedostatky z respektování závažných faktorů lidského činitele. Na úroveň spolehlivosti systému mají dále vliv:

- vědomá nebo nevědomá nepozornost obsluhy,
- chyby a omyly technického personálu,
- odchylky v činnosti kontrolních zařízení,
- překračování hranic provozního zařízení.

Obdobně spolehlivost technické části systému člověk — technika je souhrnem dílčích vlastností techniky, mezi něž patří:

- bezporuchovost,
- životnost,
- udržitelnost,
- opravitelnost,
- pohotovost,
- skladovatelnost.

Toto vyjádření je pouze kvalitativní. Ke kvantifikaci vlastností jsou vypracovány teoretické modely (zákony rozložení), které umožňují tyto vlastnosti měřit pomocí tzv. charakteristik spolehlivosti. Tak např. základními charakteristikami bezporuchovosti techniky jsou:

- pravděpodobnost poruchy,
- pravděpodobnost bezporuchového provozu,
- intenzita poruch,
- hustota pravděpodobnosti poruch,
- střední doba bezporuchového provozu.

Spolehlivost se matematicky vyjadřuje číslem menším než 1. Všechny součásti neovlivňují splnění požadované funkce stej-

ným způsobem. Proto životně důležité součásti technického systému (tzv. kritické uzly a prvky) jsou v průběhu provozu (nebo skladování) sledovány a preventivně i zaměňovány, zejména dochází-li u takovéto součásti k degradaci jejich vlastností v závislosti na čase nebo stupni namáhání (stárnutí apod.).

Se spolehlivostí techniky je nutné počítat nejen při konstrukci nových systémů, ale také při rekonstrukcích, při zpracování předpisů pro obsluhu a směrnic pro ošetřování.

Zjišťování a stanovení charakteristik spolehlivosti technických součástí zbraňového systému je náročný úkol, zejména je-li nutné brát v úvahu i jiné faktory, např. ekonomické, bojové pohotovosti, unifikační apod. Kritérium, které však při určování spolehlivosti výzbrojní techniky (zvláště munice) nemůžeme nikdy zanedbat, je kritérium bezpečnosti pro vlastní obsluhu.

Činnost systému člověk a technika je možné ve své podstatě dělit na tři základní operace:

- sběr informací a proces jejich zpracování (vyhodnocení situace),
- vydání rozhodnutí (řešení situace),
- metoda navádění (řízení).

Řízení je velmi rozšířený a důležitý druh činnosti, který zvyšuje efektivnost operace prováděné člověkem a zdokonaluje dynamické vlastnosti člověka — operátora prostřednictvím techniky.

Např. operátor protitankových řízených střel (PTRS) navádí ručně PTRS na pohybující se cíl — tank, sesouhlasí střelu s cílem ve vodorovné i svislé rovině. Organem pro řízení je zde řídicí páka se dvěma stupni volnosti (PTRS 1. generace). Pohybem páky dopředu a dozadu se ovládá střela nahoru a dolů, příčné pohyby páky ovládají PTRS doprava a doleva.

Oproti jednoduchým případům řízení (např. řízení automobilu), kde matematická závislost mezi vstupní a výstupní veličinou řízení objektu je velmi prostého

druhu, značně složitější je závislost při řízení PTRS. Spojení mezi polohou objektů v zorném poli operátora a polohou řídicí páky se určuje srovnáním, popisujícím jak pohyb PTRS, tak činnost systému řízení. Místo člověka — operátora v systému řízení objektu je možné přibližně znázornit na strukturním schématu — viz **obr. 1**. Toto schéma představuje uzavřený systém řízení, v kterém člověk plní funkci i měření rozsouhlasení $Q(t)$ a zesílení. Někdy působí také jako silový prvek.

V jednoduchých soustavách řízení je vstupní a výstupní veličina vázána pravidlem. Zvláštnosti člověka — operátora se projevují při řešení otázek řízení v kvalitě vstupní (i výstupní) veličiny. Člověk srovnává vnější signál $d(t)$ a odpovídající chybu (odchylku) $Q(t)$ a dává povely $s(t)$ jako změny pro řízený systém. Veličina $s(t)$ je určována konstrukcí, rozměry, hmotností, metodou řízení a silou odporu orgánu řízení.

Na formování výstupního signálu $u(t)$ mají současně vliv i podmínky bojové činnosti, např. viditelnost, čitelnost terénu, vítr, déšť apod., které představuje parametr $v(t)$.

V analýze adaptivních změn dynamických parametrů člověka — operátora je možné v jednoduchém přiblížení takový systém popsat přenosovou funkcí, která

je odvozena ze známého vztahu teorie automatického řízení.

$$W(p) = \frac{F(p)}{1 - F(p)}.$$

Potom přenosová funkce člověka — operátora dostává tvar

$$W_m(p) = \frac{k_m}{(T_m \cdot p + 1) \cdot p}.$$

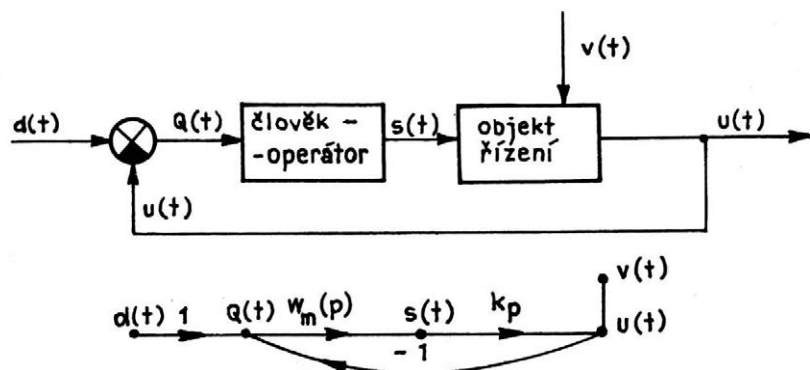
kde koeficient zesílení k_m a časová konstanta (čas reakce) T_m se rovnají

$$k_m = \frac{1}{2 \cdot k_p \cdot T} \quad \text{a} \quad T_m = \frac{T}{2}.$$

Úpravou dostaneme matematické vyjádření

$$k_m \cdot T_m = \frac{1}{4 \cdot k_p},$$

což představuje, že operátor se adaptuje v průběhu výcviku k dané veličině zesílení (koeficientu zesílení), mění svůj vlastní koeficient zesílení a svou časovou konstantu takovým způsobem, aby jejich přizpůsobení bylo rovněž $\frac{1}{4} k_p$. V podstatě se mění koeficient zesílení k_m . Časovou konstantou T a současně T_m je možné v dalším zjednodušení používat za nezávislou na koeficientu zesílení k_p . Zpravidla po konstrukci řízeného systému



Obr. 1

se udává koeficient zesílení ve tvaru $k_m \cdot k_p$ a má průměrnou hodnotu $6,9 \text{ s}^{-1}$.

Čas reakce operátora má prakticky střední hodnotu rovnou $T_m = 0,039 \text{ s}$.

Obecně je možné tento čas srovnávat pouze s časovou konstantou elektromechanických článků řízených soustav. Nedají se však vůbec srovnávat dynamické parametry člověka s automatickými články na bázi elektroniky.

Tento termín přenosové funkce člověka — operátora a její matematické vyjádření představuje obvyklý, názorný a ucelený popis křivky (závislosti) přenosové funkce ve středních hodnotách.

Takto zobrazená přenosová funkce člověka jako lineárního, stacionárního článku řízeného systému ve skutečnosti neexistuje. Kromě uvedených přenosových parametrů člověk — operátor současně zpracovává množství informací, které bezprostředně ovlivňují střední hodnotu (průběh) matematické funkce.

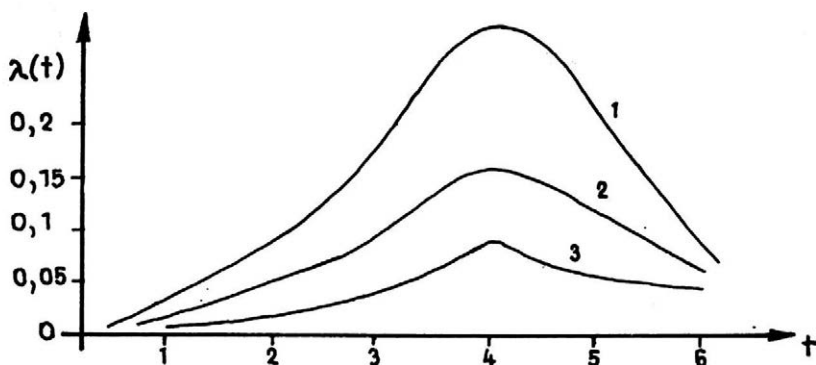
Přesto, že lze velmi těžko matematicky popsat činnost člověka — operátora, slouží matematické přiblížení dynamických parametrů člověka k optimálnímu adaptiv-

nímu přizpůsobení vlastností člověka jako článku řízeného systému.

Složitost matematického popisu řízeného systému si můžeme ukázat na střelbě z kompletu PTRS. Podkladem pro hodnocení tohoto systému člověk — technika byly kvantitativní informace — výsledky bojových ostrých střelb a šetření havárií PTRS za 6 let. Ze statistického zpracování a vyčíslení základních charakteristik spolehlivosti — splnění úkolů PTRS, vplynuly ukazatele — závislosti, znázorněné např. průběhem intenzity poruch PTRS (havárie a nezasažení cíle) na grafu — viz. obr. 2.

Z grafického znázornění je patrné, že lidský činitel se na počtu nevyužitých PTRS podílí nejvíce — činí až dvojnásobek havárií PTRS zaviněných nevyhovujícím technickým stavem.

Samozřejmě ani tento ukazatel není schopen v této podobě ukázat celou problematiku spolehlivosti dané PTRS a spolehlivosti operátora kompletu PTRS. V reálném provozu dochází ke kombinaci různých jevů a vlivů na vznik poruchy PTRS, a proto závěry k charakteristikám spole-



Křivka č. 1: celková spolehlivost PTRS
2: vliv lidského činitele
3: vliv technické složky

Obr. 2

hlivosti musí být doloženy objektivním rozbohem, který zahrnuje faktory kvalitativní, např. stárnutí materiálu, bezpečnostní a ekonomické vlivy apod.

Zvlášť problém stárnutí materiálů a jejich parametrů se v celkovém hodnocení spolehlivosti může projevit velmi dynamicky. Podle hodnocení odborníků může být z těchto degradačních příčin až 33% zaznamenaných havárií PTRS mylně přisuzováno na vrub nevycvičenosti operátora PTRS, nedokonalé technické připravenosti apod.

Z těchto úvah vyplývá nutnost nejen udržování materiálu v předepsaném technickém stavu a jeho průběžné kontroly, ale je vidět i nutnost profesionální přípravy operátora PTRS v jeho schopnosti eliminovat případné nedostatky technického stavu řízené střely (nižší manévrování, opožděný start apod.), a tak plnit nezastupitelné místo člověka — řešitele dané úlohy až k úspěšnému cíli. V použití systému PTRS 1. generace jsou na člověka kladeny vysoké požadavky, které je možné splnit jen náročným výběrem a důsledným výcvikem operátorů PTRS.

Snaha o odstranění tohoto nedostatku — závislosti navedení PTRS na střelci — operátorovi, vede k vývoji nových řízených systémů 3. generace. Řízené střely se opatřují samonaváděcí hlavicí na bázi in-

fračerveného nebo kombinovaného navedení. Operátor pouze zamíří na cíl, odpálí a další navedení se děje automaticky. Vliv člověka se přitom omezuje na minimum, neobyčejně se však zvyšuje složitost technického systému, kladou se vysoké nároky na zabezpečení kontrastu cíle, vymezení rušení apod. Proto reálná řešení těchto systémů v současné době vychází z poloautomatické koncepce (řízené střely 2. generace), které mohou být konstruovány i v kombinaci s ručním navedením.

Závěrem je nutné zdůraznit, že hledisko spolehlivosti zbraňového systému musí být uplatňováno jako jedna z rozhodujících vlastností od počátku koncepce projektu přes etapu realizace, používání až do vyřazení z výzbroje armády. U nejnověji konstruovaných zbraňových systémů oázka spolehlivosti splnění úlohy je často nadřazena nad hranice ekonomické únosnosti a na člověku zůstává úloha pouze kontroly řízení — tzv. supervizora. Supervizorní řízení je podle současné literatury takové řízení, kde řízený systém tvoří člověk — operátor, počítač a řízený objekt. Takto svázaná společná činnost člověka a počítače dovoluje ovládnout velké rychlosti a přesnosti, zaručuje spolehlivé splnění požadované funkce a odstraňuje nadměrné psychické a fyzické zatížení člověka — operátora.