



ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

399007 2. vydání Změna 2	METODA HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VOJENSKÉHO MATERIÁLU SPLNIT POŽADAVKY NA PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI
---	--

ZAVÁDÍ	STANAG 4370, Ed. 7 ENVIRONMENTAL TESTING Zkoušky vlivu prostředí AECTP-600, Ed. 2 THE TEN STEP METHOD FOR EVALUATING THE ABILITY OF MATERIEL TO MEET EXTENDED LIFE REQUIREMENTS AND ROLE AND DEPLOYMENT CHANGES Desetistupňová metoda hodnocení způsobilosti materiálu vyhovět požadavkům prodloužené doby životnosti a změnám funkce a nasazení
NAHRAZUJE	ČOS 399007, 2. vydání, Změna 1 METODA HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VOJENSKÉHO MATERIÁLU SPLNIT POŽADAVKY NA PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI

ČOS 399007
2. vydání
Změna 2

(VOLNÁ STRANA)

ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

METODA HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VOJENSKÉHO MATERIÁLU SPLNIT POŽADAVKY NA PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI

Základem pro tvorbu tohoto standardu byl následující originál dokumentu:

AECTP-600, Ed. 2

THE TEN STEP METHOD FOR EVALUATING
THE ABILITY OF MATERIEL TO MEET EXTENDED LIFE
REQUIREMENTS AND ROLE AND DEPLOYMENT
CHANGES

Desetistupňová metoda hodnocení způsobilosti materiálu
vyhovět požadavkům prodloužené doby životnosti
a změnám funkce a nasazení

© Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti

Praha 2022

OBSAH

	Strana
1	Předmět standardu 6
2	Nahrazení standardů (norem) 6
3	Související dokumenty..... 6
4	Zpracovatel ČOS..... 8
5	Použité zkratky, značky a definice..... 8
5.1	Zkratky a značky 8
5.2	Definice 10
6	Desetistupňová metoda hodnocení způsobilosti vojenského materiálu..... 11
6.1.	Účel Desetistupňové metody..... 11
6.2.	Použití Desetistupňové metody..... 11
6.3.	Omezení použití Desetistupňové metody..... 11
7	Úvod do Desetistupňové metody..... 11
7.1	Předpoklad použití Desetistupňové metody 11
7.2	Stručný přehled Desetistupňové metody..... 12
8	Uplatnění a užitečnost Desetistupňové metody..... 17
9	Jednotlivé stupně Desetistupňové metody 18
9.1	Stupeň 1 - Prošetření původního profilu okolního prostředí v životním cyklu 18
9.2	Stupeň 2 - Zhodnocení průběhu životnosti a příprava LCEP 18
9.3	Stupeň 3 - Příprava LCEP pro požadavek na prodloužení životnosti 19
9.4	Stupeň 4 - Porovnání LCEP 19
9.5	Stupeň 5 - Vyhodnocení přírůstků náročnosti pro určení potenciálně kritických případů..... 20
9.6	Stupeň 6 - Určení pravděpodobných kritických případů, které mohou vyžadovat dodatečná opatření..... 21
9.7	Stupeň 7 - Formulace možných opatření pro každý pravděpodobný kritický případ..... 22
9.8	Stupeň 8 - Výběr možností a sestavení pracovního programu..... 23
9.9	Stupeň 9 - Provedení plánovaných úkolů..... 23
9.10	Stupeň 10 - Vyhodnocení výsledků úkolů a vystavení osvědčení 23
10	Závěr 24

PŘÍLOHY

- PŘÍLOHA A Ukázka Desetistupňové metody **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA B Vztahy mezi podmínkami okolního prostředí a popisy okolního prostředí pro typické podmínky profilu okolního prostředí v průběhu životního cyklu (LCEP) **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA C Seznam odborné technické literatury **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA D Pomůcky pro technickou praxi..... **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA E Pomůcka 601 – Zpětná analýza **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA F Pomůcka 602 – Časová komprese (urychlení plynutí času) **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA G Pomůcka 603 – Přírůstková akvizice **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA H Pomůcka 604 – Fyzika poruchy **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA J Pomůcka 605 – Požadavky na informace pro LCEP (stupně 1 až 3) **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA K Pomůcka 606 – Pravděpodobnostní analýzy **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA L Pomůcka 607 – Změny funkce a nasazení vojenského materiálu **Chyba! Záložka není definována.**
- PŘÍLOHA M Osvědčení o prodloužení životnosti vojenského materiálu **Chyba! Záložka není definována.**

1 Předmět standardu

ČOS 399007, 2. vydání, Změna 2, zavádí STANAG 4370, Ed. 7, a spojeneckou publikaci AECTP-600, Ed. 2, do prostředí ČR. Ke STANAG 4370 se ČR rozhodla přistoupit a zavést s výhradou. Výhrada se týká zákazu používání, vývoje, výroby, skladování a převodu kazetové munice v návaznosti na nabytí účinnosti zákona č. 213/2011 Sb. Tato výhrada se v textu ČOS 399007, 2. vydání, Změna 2, nepromítne. ČOS 399007, 2. vydání se nezabývá problematikou kazetové munice.

ČOS definuje Desetistupňovou metodu hodnocení způsobilosti vojenského materiálu splnit požadavky na prodlouženou životnost a změny jeho funkce a nasazení. V přílohách uvádí několik pomůcek pro aplikaci Desetistupňové metody v technické praxi.

ČOS se vztahuje na funkční celky vojenského materiálu jak na úrovni kompletu (bojové vozidlo, letadlo, dělo apod.), tak na úrovni jeho skupin, podskupin i na nižších úrovních (motorová jednotka bojového vozidla, spouštěč motoru, elektromagnetický spínač spouštěče apod.).

2 Nahrazení standardů (norem)

Tento standard nahrazuje ČOS 399007, 2. vydání, Změna 1.

3 Související dokumenty

V tomto standardu jsou normativní odkazy na následující citované dokumenty (celé nebo jejich části), které jsou nezbytné pro jeho 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 jeho změn).

ČOS 051627	ZKOUŠKY VOJENSKÉ TECHNIKY V ELEKTRICKÉM A ELEKTROMAGNETICKÉM PROSTŘEDÍ (Zavádí AECTP-500)
ČOS 051634	TERMINOLOGICKÝ SLOVNÍK POJMŮ A DEFINIC Z OBLASTI MANIPULACE S MATERIÁLEM
ČOS 139501	POSTUPY PRO HODNOCENÍ ŽIVOTNOSTI MUNICE (Zavádí STANAG 4315)
ČOS 999902	ZKOUŠKY ODOLNOSTI VOJENSKÉ TECHNIKY VŮČI MECHANICKÝM VLIVŮM PROSTŘEDÍ (Zavádí AECTP-400)
ČOS 999905	ZKOUŠKY ODOLNOSTI VOJENSKÉ TECHNIKY VŮČI KLIMATICKÝM VLIVŮM PROSTŘEDÍ (Zavádí AECTP-300)
ČOS 999935	VLIV OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ NA VOJENSKOU TECHNIKU. PODMÍNKY ELEKTRICKÉHO A ELEKTROMAGNETICKÉHO PROSTŘEDÍ (Zavádí AECTP-250)

ČOS 999936	VLIV OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ NA VOJENSKOU TECHNIKU. MECHANICKÉ PODMÍNKY (Zavádí AECTP-240)
AAP-6	NATO GLOSSARY OF TERMS AND DEFINITIONS (English and French) Slovník termínů a definic NATO (anglicky a francouzsky)
AECTP-100	ENVIRONMENTAL GUIDELINES FOR DEFENCE MATERIEL Směrnice ke vlivu prostředí na vojenský materiál
STANAG 4315	THE SCIENTIFIC BASIS FOR THE WHOLE LIFE ASSESSMENT OF MUNITIONS Vědecký základ pro hodnocení životnosti munice
STANAG 4370	ENVIRONMENTAL TESTING Zkoušky vlivu prostředí
Mil-Std-810	TEST METHOD STANDARD FOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING CONSIDERATIONS AND LABORATORY TESTS Norma zkušebních metod pro posouzení technického prostředí a laboratorní zkoušky
Def Stan 00-35	ENVIRONMENTAL HANDBOOK FOR DEFENCE MATERIEL Příručka pro vliv prostředí na vojenský materiál
DIN 30787	TRANSPORTBELASTUNGEN - MESSEN UND AUSWERTEN VON MECHANISCH-DYNAMISCHEN BELASTUNGEN Dopravní zatížení – Měření a hodnocení dynamicko- mechanických zatížení
GAM-EG-13	ESSAIS GÉNÉRAUX EN ENVIRONNEMENT DES MATÉRIELS Obecné zkoušky vlivů prostředí na materiál
GAM-T-13	ESSAIS GÉNÉRAUX EN ENVIRONNEMENT DES MATÉRIELS Obecné zkoušky vlivů prostředí na materiál
CIN-EG01	GUIDE POUR LA PRISE EN COMPTE DE L'ENVIRONNEMENT DANS UN PROGRAMME D'ARMEMENT Příručka beroucí v úvahu vliv prostředí na vojenský materiál
CPM 2001	CUSTOMER PRODUCT MANAGEMENT 2001 Zákaznický management produktů 2001

POZNÁMKY

1 STANAG 4370 je rámcový standard, který zavádí publikace AECTP-100 až AECTP-600.

2 Publikace AECTP-200 se dále člení na AECTP-230, AECTP-240 a AECTP-250.

4 Zpracovatel ČOS

Vojenský technický ústav, s.p., odštěpný závod VTÚPV, Ing. Jaromír Navrátil, CSc.

5 Použité zkratky, značky a definice

5.1 Zkratky a značky

Zkratka	Název v originálu	Český název
AAP	Allied Administrative Publication	spojenecká administrativní publikace
AČR		Armáda České republiky
AECTP	Allied Environmental Conditions and Test Publication	spojenecká publikace týkající se okolního prostředí a zkoušek
ANSYS	An Engineering Simulation Software	programový systém pro řešení metodou konečných prvků
ASD	Allowable Stress Design	navrhování podle dovolených namáhání
CAD	Computer-Aided Design	počítačem podporované projektování
CIN-EG	Commission interarmées de normalisation environnement général	smíšená komise pro obecné normy okolního prostředí
CVE	Coefficient of Variation of the Environment	variační koeficient prostředí
CVR	Coefficient of Variation of the Resistance	variační koeficient odolnosti
ČOS		český obranný standard
ČR		Česká republika
ČSN		česká technická norma
DADS	Dynamic Analysis and Design System	systém dynamické analýzy a konstrukce (počítačový modelovací systém - název)
Def Stan	Defence Standard	obrný standard
DIN	Deutsches Institut für Normung	německá technická norma (vydaná Německým úřadem pro normalizaci)
DRAW	Durability and Reliability Analysis Workspace	pracovní prostředí analýzy trvanlivosti a spolehlivosti

EDL	Environmental Data Logger	registrační přístroj údajů o okolním prostředí
EMI	Electromagnetic Interference	elektromagnetické rušení
ER		elektrický rozvaděč
FEM	Finite Element Method	metoda konečných prvků
FMECA	Failure Mode, Effects and Criticality Analysis	analýza druhu poruchy, jejích důsledků a kritických stavů
FP		fyzika poruchy
GAM	Guerre Air Mer	vojenská letecká norma Francie
GAM EG	Guerre Air Mer Essais généraux d'environnement	vojenská letecká norma Obecné zkušební prostředí
GAM T	Guerre Air Mer Electronique	vojenská letecká norma Elektronika
GC	Guaranty Coefficient	koeficient záruky
HyperMesh		software pro MKP
IGES	Initial Graphics Exchange Standard	standard v oblasti výměny grafických dat
KČM		katalogové číslo majetku
LAT	Latency Average Time	průměrná doba odezvy
LCA	Life Cycle Assessment	posouzení životního cyklu
LCEP	Life Cycle Environmental Profile	profil okolního prostředí v životním cyklu
Mil-Hbk	Military Handbook	vojenská příručka
Mil-Std	Military Standard	vojenský standard USA
MKP		metoda konečných prvků
MRAAM	Medium Range Air-to-Air Missile	letounová raketa středního dosahu
MTDS	Manufacture to Target or Disposal Sequence	časový sled od výroby po používání nebo likvidaci
MTFB	Mean Time Between Failures	střední doba mezi poruchami
NASTRAN		programový systém pro řešení metodou konečných prvků (navazuje na PATRAN)
NATO	North Atlantic Treaty Organization	Organizace Severoatlantické smlouvy
NBROR	Narrow Band Random On Random	úzkopásmové vibrace s náhodným průběhem

NCAGE	NATO Commercial and Government Entity Code	kód komerčních a státních subjektů NATO
NSN	National Stock Number	národní skladové číslo
PATLAN		software pro MKP
PSD	Power Spectral Density	výkonová spektrální hustota
RFI	Radio Frequency Interference	rušení na rádiových frekvencích (jiné označení pro EMI)
rms	Root Mean Square	efektivní hodnota (nějaké veličiny)
SAU	Safety and Arming Unit	jednotka bezpečnosti a odjištění (rakety)
SRS	Shock Response Spectrum	spektrum odezvy úderu
STANAG	NATO Standardization Agreement	standardizační dohoda NATO
TF	Test Factor	zkušební faktor
US	United States	Spojené státy americké

5.2 Definice

Pro účely tohoto standardu jsou použity následující definice:

Český název	Název v originálu	Definice
přírůstek náročnosti	Adverse Delta	Zvýšení náročnosti okolního prostředí, v němž bude vojenský materiál provozován v době prodloužené životnosti nebo změny funkce či nasazení ve srovnání s náročností okolního prostředí, pro niž byl vojenský materiál původně zkonstruován a ověřen (kvalifikován).
nasazení	Deployment	Pro účely tohoto ČOS: Rozsah, resp. oblast použití – např. z hlediska klimatických podmínek, druhu plněných úkolů (misí).
materiál	Material	Pro účely tohoto ČOS: Látka (kov, pryž, plastické hmoty apod.). Konstrukční prvky, polotovary – např. plech, odlitek, profil.
vojenský materiál	Materiel	Vojenský materiál tvoří vojenská výstroj, vojenská výzbroj, vojenská technika a určená technická zařízení, které ozbrojené síly používají k zabezpečení výcviku a plnění svých úkolů podle zákona č. 219/1999 Sb., o ozbrojených silách České republiky. (ČOS 051634). Pro účely tohoto ČOS se jedná o funkční celky.
funkce	Role	Pro účely tohoto ČOS: Úloha, kterou

vojenský materiál plní v průběhu úkolů.
Příklady funkcí pozemního vozidla:
dopravní, zásobovací, doprovodná, bojová,
výcviková.

6 Desetistupňová metoda hodnocení způsobilosti vojenského materiálu

6.1. Účel Desetistupňové metody

Desetistupňová metoda se používá pro hodnocení způsobilosti vojenského materiálu splnit požadavky na prodloužení doby životnosti a změny funkce a nasazení (tj. podmínek při použití).

Uvedená metoda byla vypracována v rámci NATO a je popsána ve spojenecké publikaci AECTP-600, Ed. 2. Jedná se o rámcový dokument, jehož cílem je seznámit projektové a programové manažery s technickými principy vyhodnocování důsledků požadavků na prodloužení životnosti a nastítnit manažerský prostředek pro systematické řešení úkolů. V přílohách D až L jsou uvedeny pomůcky pro řešení praktických technických problémů. Jednotlivé pomůcky mají označení:

601 Zpětná analýza

602 Časová komprese

603 Přírůstková akvizice

604 Fyzika poruch

605 Požadované informace pro LCEP (stupně 1 až 3)

606 Pravděpodobnostní analýza

607 Změny funkce a nasazení materiálu

6.2. Použití Desetistupňové metody

Desetistupňová metoda je použitelná pro všechny projekty týkající se vojenského materiálu, zvláště pro společné projekty NATO a mnohonárodní projekty.

Metoda je komplexní a zajišťuje, že budou zohledněny všechny patřičné podmínky okolního prostředí, konstrukční úpravy, možné druhy poruch a předchozí kvalifikační předpoklady. Navíc metoda systematicky integruje racionalizaci a včasné uplatnění podmínek pro ukončení postupu, aby se neprováděla zbytečná činnost.

6.3. Omezení použití Desetistupňové metody

Použití metody je omezeno na vojenský materiál, jehož životnost je ovlivňována působením vlivů okolního prostředí.

7 Úvod do Desetistupňové metody

7.1 Předpoklad použití Desetistupňové metody

Obecným předpokladem pro použití Desetistupňové metody a obzvláště jejího prvního stupně je, že posuzovaný vojenský materiál byl původně vyvinut a kvalifikován (ověřen) rozeznatelnou formou technické regulace okolního prostředí ařidicího procesu, jak ji uvádí STANAG 4370 a návazné publikace AECTP, které jsou v ČR zavedeny prostřednictvím několika ČOS (viz kap. 3). Tyto standardy byly

vydány až v posledních letech, proto v nich definované vlivy prostředí jsou použity v omezeném počtu programů vývoje vojenského materiálu. Prodloužení životnosti u většiny vojenského materiálu bylo proto hodnoceno podle normovaných zkušebních kritérií obsažených v dřívějších vydáních národních norem, jako je Mil-Std-810 (před revizí D), Def Stan 07-55 (předchůdce Def Stan 00-35) a GAM-T-13 (předchůdce GAM-EG-13). Desetistupňová metoda však může být aplikována i retrospektivně v případě, že jsou známy původní popisy prostředí spolu s odpovídajícími konstrukčními a zkušebními kritérii. V pomůcce 601 v příloze E je uvedena metoda „zpětné analýzy“ pro odvození profilu podmínek okolního prostředí původního životního cyklu (LCEP). Pokud se prodloužení životnosti týká změny funkce, nasazení nebo konstrukční změny vojenského materiálu, musí se zohlednit všechny patřičné podmínky prostředí a možné způsoby porušení vojenského materiálu (viz stupně 4 a 7 a pokyny v pomůcce 607 v příloze L).

7.2 Stručný přehled Desetistupňové metody

Desetistupňová metoda je stručně popsána v článcích 7.2.1 až 7.2.9. Úplný popis metody obsahuje kapitola 9. Vzájemné vztahy mezi deseti stupni jsou uvedeny na obrázku 1, přičemž požadované vstupní informace a očekávané výstupní informace pro každý z deseti stupňů jsou uvedeny v tabulce 1.

7.2.1 Účelem stupně 1 je zkoumání původního profilu prostředí v životním cyklu (LCEP), zejména popisu prostředí tak, aby bylo možno vytvořit základ pro porovnávací studie, jejichž výstupem je aktuální životnost (stupeň 2) plus výstup pro rozšířený LCEP (stupeň 3). Předpokládaný vztah mezi podmínkami prostředí a popisem prostředí pro typické podmínky LCEP je obsažen v příloze B.

7.2.2 Na stupni 2 se shromažďuje co největší množství údajů a informací týkajících se aktuálního provozního použití, včetně údajů o tom, jak byl vojenský materiál používán a jaké se vyskytly závady nebo problémy. Jestliže průběh používání nesplňuje podmínky definované v původním LCEP, vytvoří se aktualizovaný LCEP, který obsahuje popis prostředí pro skutečný průběh používání.

7.2.3 Účelem stupně 3 je připravit LCEP, který pokryje požadavky na prodloužení životnosti nebo změnu funkce. Nezbytnou podmínkou pro stupeň 3 je úplně definovaný a dostupný LCEP pro budoucí použití vojenského materiálu.

7.2.4 Stupeň 4 se zaměřuje na porovnávání původně plánovaných provozních podmínek prostředí s těmi, jimž byl vojenský materiál dosud skutečně vystaven (stupeň 2) v kombinaci s těmi, které jsou nyní potřebné pro splnění požadavku na prodloužení životnosti vojenského materiálu (stupeň 3). Účelem porovnání je kvantifikace popisu prostředí tak, aby bylo možno posoudit, zda vojenský materiál může odolávat očekávaným vlivům prostředí během požadovaného prodloužení životnosti. Jestliže požadavky na prodloužení životnosti spolu s těmito aktuálně doplňujícími požadavky vytvářejí náročnější popis prostředí než ten, pro nějž byl vojenský materiál kvalifikován, potom se náročnější popisy prostředí označují jako „přírůstky náročnosti“. Výsledky porovnání mohou ukázat, že popis prostředí neobsahuje žádné přírůstky náročnosti, a tudíž vojenský materiál je již kvalifikován odolávat očekávaným vlivům prostředí během požadované prodloužené životnosti. V důsledku toho, pokud jsou splněny požadavky pro výstupní kritérium 1, se stupně 5 až 9 vypustí a pro zdokumentování výsledků se použije stupeň 10 (viz obrázek 1). Jestliže prodloužení životnosti zahrnuje konstrukční změny pro zvýšení výkonových charakteristik vojenského materiálu, všechny podmínky okolního prostředí by

zpočátku měly být považovány za přírůstky náročnosti. Potom je třeba technickým posouzením určit, zda tyto přírůstky mohou být odstraněny nebo se budou skutečně považovat za přírůstky náročnosti.

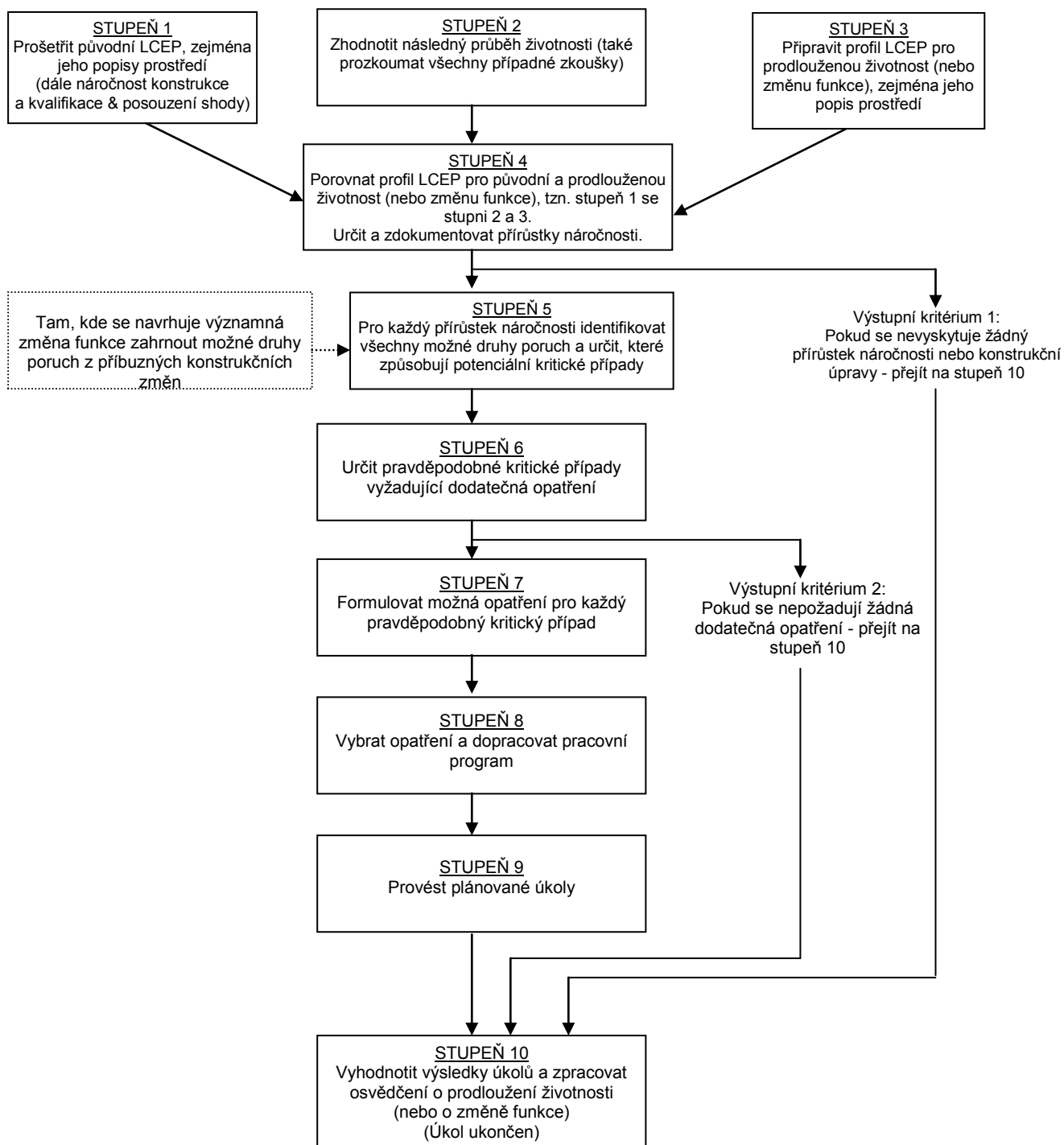
7.2.5 Na stupni 5 se Desetistupňová metoda zabývá druhy poruch. Proces vyžaduje zohlednění druhů poruch vojenského materiálu, které mohou nastat v podmínkách okolního prostředí identifikovaných jako přírůstky náročnosti. Počátečním úkolem stupně 5 je tedy vytvořit pro každý přírůstek náročnosti seznam skupin možných druhů poruch podsestav a komponent vojenského materiálu. Zjednodušený příklad výstupu tohoto úkolu je zobrazen ve formě matice v tabulce 2, kde prvky X označují skupiny významných možných druhů poruch podsestav a komponent. Dále je pro každý zjištěný přírůstek náročnosti kvalitativně zhodnocena citlivost vojenského materiálu na skupiny významných možných druhů poruch, aby bylo možné identifikovat potenciální kritické případy (X^* v tabulce 2), u nichž požadavky na prodloužení životnosti v prostředí mohou být splnitelné pouze v případě realizace dalších opatření nebo mohou dokonce vyžadovat konstrukční změny.

7.2.6 Na stupni 6 jsou kvantitativně vyhodnocovány potenciální kritické případy pro každý přírůstek náročnosti popisu prostředí a jsou identifikovány pravděpodobné kritické případy. Závislost vojenského materiálu na původních požadavcích na životnost by měla být k dispozici v podobě analytických nebo zkušebních výsledků, avšak pokud tomu tak není, je třeba ji stanovit. Podobně pro přírůstky náročnosti, pro které nebyly určeny možné druhy poruch, mohou být pro jejich určení požadovány údaje z dodatečných analýz nebo zkoušek. Jestliže výsledky těchto vyhodnocení ukazují, že odhadnutá životnost vojenského materiálu na základě původního popisu prostředí je větší než odhadnutá životnost vycházející z požadavků na skutečnou a prodlouženou životnost nebo na změnu funkce, pak se žádná další činnost nevyžaduje. V takových případech jsou splněny požadavky pro výstupní kritérium 2, stupně 7 až 9 se vypustí a stupeň 10 se použije pro zdokumentování výsledků (viz obrázek 1).

7.2.7 Další opatření je nezbytné v případech, kdy výsledky z vyhodnocení stupně 6 ukazují, že odhadnutá životnost vojenského materiálu na základě původního popisu prostředí je menší, než která již byla skutečně prokázána na základě skutečné historie použití vojenského materiálu plus požadavky na prodlouženou životnost nebo změnu funkce. Tyto pravděpodobné kritické případy jsou označeny X^{**} v tabulce 2. Stupeň 7 ukazuje, jak sestavit účinná opatření pro vyřešení konkrétního pravděpodobně kritického případu.

7.2.8 Na stupni 8 se vyberou nákladově a programově nejvýhodnější opatření tak, aby se vyřešily všechny nedostatky vyplývající ze všech přírůstků náročnosti a souvisejících pravděpodobných kritických případů. Předpokládá se, že opatření potvrdí (na odpovídající úrovni spolehlivosti), že vojenský materiál splní požadavky na prodlouženou životnost a změny funkce a nasazení.

7.2.9 Na stupni 9 se provádějí nezbytná dodatečná opatření pro zdokumentování požadavků na prodloužení životnosti nebo funkční změny, jako jsou analýzy, zkoušení a zhodnocení. Na stupni 10 se realizují činnosti pro přípravu řádného osvědčení prodloužení životnosti, změn funkce a nasazení.



OBRÁZEK 1 - Vzájemné vztahy mezi deseti stupni

TABULKA 1 – Vstupy a výstupy pro každý z deseti stupňů

Stupeň	Činnost	Vstupní informace	Výstupní informace
1.	Prošetřit původní LCEP (LCEP-1)	Použitá základna Profily zadání (misí) Kritéria návrhu a zkoušek prostředí Zprávy z analýz a zkoušek	LCEP-1 nebo syntetizovaný původní LCEP obsahující popisy prostředí
2.	Zhodnotit následný průběh (historii) životnosti, zkoušení, úprav, modernizací	Aktuální scénáře Dlouhodobé zkoušky Konstrukční úpravy Opakované zkoušky	Dosavadní LCEP vojenského materiálu (LCEP-2), konstrukční změny a slabiny
3.	Připravit LCEP pro prodlouženou životnost nebo změnu funkce (LCEP-3)	Požadavky na prodlouženou životnost Zeměpisná poloha Použitá základna a všechny změny funkce nebo nasazení	LCEP-3 pro prodlouženou životnost nebo změnu funkce
4.	Porovnat původní popisy prostředí LCEP-1 s popisy pro dosavadní průběh životnosti (LCEP-2) a s údaji pro prodlouženou životnost nebo změnu funkce (LCEP-3)	Výstupy stupně 1, stupně 2 a stupně 3	Osvědčení o rozdílech v popisu prostředí (přírůstky náročnosti). Je splněno výstupní kritérium 1?
5.	Vyhodnotit rozdíly LCEP pro určení potenciálně kritických případů pro každý přírůstek náročnosti	Poznatky o druzích poruch a vlastnostech vojenského materiálu, totéž pro všechny konstrukční změny	Potenciálně kritické případy pro vyhodnocení
6.	Posoudit potenciálně kritické případy a stanovit pravděpodobné kritické případy, které vyžadují opatření	Prohlášení o shodě a analýzy rizika a související analýzy a zprávy ze zkoušek	Pravděpodobné kritické případy vyžadující dodatečná opatření. Je splněno výstupní kritérium 2?
7.	Formulovat možnosti opatření pro každý pravděpodobný kritický případ	Metody analýzy a možnosti zkoušení	Soubory možných opatření pro každý pravděpodobný kritický případ

Stupeň	Činnost	Vstupní informace	Výstupní informace
8.	Vybrat cenově výhodné opatření a sestavit pracovní program	Cenová a programová omezení	Pracovní program a požadované zdroje
9.	Provést naplánované úkoly	Pracovní program a zdroje	Vyhodnocení informací o životnosti
10.	Vyhodnotit výsledky a zpracovat osvědčení o prodloužení životnosti	Výsledky pracovního programu	Osvědčení o prodloužení životnosti nebo změně funkce

TABULKA 2 – Příklad matice možných druhů poruch u zvolené položky vojenského materiálu pro každý přírůstek náročnosti v popisu prostředí

Příklad vojenského materiálu: Letecká řízená střela											
Příklad přírůstku náročnosti: Amplitudy a trvání vibrací způsobených aerodynamickým třepáním při manévrování letadla											
Skupiny možných druhů poruch	Podsestavy a komponenty vojenského materiálu										
	Konstrukce (struktura)			Elektronika			Mechanické části			Energetické části	Jiné
	Spoje (svary, klouby apod.)	Materiály	Jiné	Desky spojů	Pájené spoje	Jiné	Těsnění	Optika	Jiné		
Strukturní (definitivní) porucha	X	X		X							
Strukturní únava	X**	X		X	X					X	
Kontaktní únava (např. třením)	X	X*		X	X					X*	
Uvolnění spojovacích prvků	X			X*							
Odření vodičů				X*							
Přerušené elektrické kontakty				X	X*						
Dotyk a zkratování el. částí				X							
Deformace těsnění							X				
Optická nesouosost								X			
Jiné											

Legenda: X označuje existující podmínky (viz článek 9.5.2)
X* označuje potenciální kritický případ (viz článek 9.5.6)

X** označuje pravděpodobný kritický případ (viz článek 9.6.2)

POZNÁMKA Pro vyhodnocení každého přírůstku náročnosti je potřebná zvláštní matice.

8 Uplatnění a užitečnost Desetistupňové metody

8.1 Jako manažerský nástroj poskytuje Desetistupňová metoda:

- strukturovanou ekonomickou metodu na podporu při stanovení shody a sledovatelnosti požadavků na prodloužení životnosti a změn funkce a nasazení při vyhodnocování plnění těchto požadavků
- vysvětlení nezbytných stupňů, které musí být provedeny pro dosažení shody s požadavky na prodloužení životnosti a změn funkce a nasazení
- výstupní kritéria procesu, která minimalizují náklady a časový rozsah programu
- základ pro přizpůsobení procesu splnění požadavků pro jednotlivé položky vojenského materiálu
- mechanismus pro odhalení chybějících údajů v rané fázi vyhodnocení
- prováděcí předpisy pro audit ukončených programů prodloužení životnosti vojenského materiálu a změn funkce a nasazení.

8.2 Po technické stránce Desetistupňová metoda vyžaduje znalost definitivních požadavků na prostředí specifických pro daný projekt. Charakteristiky a data požadavků tohoto druhu uvádí STANAG 4370 a přidružená publikace AECTP-200, které jsou zavedeny do ČR prostřednictvím několika ČOS (viz kapitola 3). Proces také vyžaduje rozsáhlé znalosti potenciálních druhů poruch daného vojenského materiálu. Tyto znalosti a také odborný výcvik personálu přispívají k dosažení vysoké spolehlivosti výsledků vyhodnocení.

8.3 V minulosti byly pro vyhodnocení prodloužení životnosti vojenského materiálu voleny jiné přístupy. Tyto přístupy však mají svá závažná omezení, zejména z hlediska stanovené úrovně spolehlivosti odhadu životnosti. Jeden z přístupů uplatňuje zkušební metody a úrovně náročnosti, které byly použity pro původní kvalifikaci vojenského materiálu a pouze upravuje délku zkoušení tak, aby byly pokryty požadavky na prodloužení životnosti. Nebere ohled na popisy prostředí a dosavadní zkušenosti ze skutečného používání nebo na druhy poruch, které by mohly nastat v důsledku změn v předpokládaném používání.

8.4 Shrnutí výhod Desetistupňové metody:

- jsou minimalizovány nejistoty při hodnocení prodloužení životnosti vojenského materiálu, protože proces vyžaduje přezkoumání popisů původních podmínek prostředí, možných druhů poruch a dřívějších předpokladů
- jsou odhaleny nesoulady mezi původními požadavky a skutečnou životností a zároveň jsou identifikovány oblasti, pouze u nichž je naléhavá potřeba nové analýzy nebo nového zkoušení
- dodatečné práce jsou omezeny zmenšením velkého počtu možných druhů poruch na ty, které ovlivňují kritéria prodloužení životnosti. Rozsah opatření se dále zmenší až na ekonomicky nejefektivnější kombinaci zkoušek a analýz

- kritéria pro předčasné ukončení procesu umožňují učinit závěr po provedení minimálního počtu stupňů, aniž je potřeba absolvovat zbývající stupně. Kritéria berou v potaz náklady a rizika
- proces je schopen reagovat na potřebu reorganizace časového harmonogramu a omezení nákladů programu, protože jsou k dispozici volby postupu.

9 Jednotlivé stupně Desetistupňové metody

9.1 Stupeň 1 - Prošetření původního profilu okolního prostředí v životním cyklu

9.1.1 Získat časový sled od výroby po používání nebo likvidaci (MTDS) vojenského materiálu a odpovídající popisy okolního prostředí, které často obsahují dokumenty s požadavky na okolní prostředí. Pro účel tohoto ČOS se předpokládá, že MTDS a popisy prostředí jsou obsaženy v jednom dokumentu zvaném Profil okolního prostředí v životním cyklu (LCEP). Předpokládá se tedy, že LCEP se skládá z logistických a operačních scénářů spolu s odpovídajícími popisy prostředí, které by měly zahrnovat:

- manipulaci, přepravu a skladování
- základnu nasazení (např. nákladní automobil, letadlo, loď)
- profil úkolu (mise) a profil provozního používání
- likvidaci.

9.1.2 Původní LCEP tvoří základní dokument pro Desetistupňovou metodu vyhodnocení způsobilosti vojenského materiálu splňovat požadavky na prodloužení životnosti. Jestliže informace o LCEP není k dispozici, bude nutno zpracovat popisy okolního prostředí z následující dokumentace daného projektu:

- konstrukční kritéria z hlediska okolního prostředí
- specifikace zkoušek vlivu okolního prostředí
- zprávy o analýzách a posouzení
- protokoly ze zkoušek a vyhodnocení.

9.2 Stupeň 2 - Zhodnocení průběhu životnosti a příprava LCEP

9.2.1 Získat informace o všech úpravách vojenského materiálu nebo změnách původně zamýšleného používání. Prozkoumat všechny dodatečné zkoušky provedené po uvedení vojenského materiálu do používání. Tyto informace by měly zahrnovat:

- profil skutečné životnosti získané z provozu vojenského materiálu pro celou sérii, skupiny, provedení, stáří a nasazení vojenského materiálu
- výsledky analýz a vyhodnocení úplnosti a bezpečnosti vojenského materiálu
- výsledky kontrolních prohlídek a zkoušek
- připomenutí stálých problémů, jejich příčiny a výsledky všech souvisejících analýz a zkoušek
- modernizace konstrukce, její přínosy a výsledky všech souvisejících analýz a zkoušek

- změny výrobního procesu.

9.2.2 Shromažďování těchto informací musí být pečlivé, protože vojenský materiál může pocházet z několika výrobních sérií vyráběných během několika let různými dodavateli. Vojenský materiál, o němž jsou získány informace, se tedy může skládat z kusů, které se shodují s původním provedením nebo jsou modernizované. Příkladem jsou položky vyměněné při údržbě nebo směs původního a modernizovaného vojenského materiálu.

9.2.3 Pro usnadnění porovnání v dalším stupni 4 se připraví aktualizovaný LCEP, který obsáhne průběh životnosti k danému datu včetně odpovídajících popisů prostředí.

9.3 Stupeň 3 - Příprava LCEP pro požadavek na prodloužení životnosti

9.3.1 Připravit LCEP pokrývající požadavky na prodloužení životnosti nebo změnu funkce na základě aktuálních znalostí a pochopení běžného používání. Lze očekávat, že od doby zkonstruování vojenského materiálu se změnilo základní nasazení, zeměpisné lokality nasazení a eventuálně výkonové parametry vojenského materiálu. Každá z těchto okolností může ovlivnit a zvýšit úroveň namáhání vojenského materiálu působením prostředí.

9.3.2 Jako součást obsahu LCEP pro prodlouženou životnost doplnit soubor popisů prostředí, který představuje očekávané podmínky během provozního používání s požadovanou prodlouženou životností. Pokud prodloužení životnosti zahrnuje také změny funkce a nasazení vojenského materiálu nebo jeho konstrukční změny, je třeba zajistit, aby se vzaly v úvahu odpovídající podmínky prostředí a možné druhy poruch (viz poučení v pomůcce 607 v příloze L).

9.3.3 Poté, co jsou k dispozici aktualizované údaje, je možné, že popisy prostředí pro určité provozní podmínky LCEP jsou variantou popisů v původním LCEP, a dokonce může nastat případ, kdy požadavky na podmínky LCEP zůstávají nezměněny. V takových případech je třeba zahrnout aktualizované údaje do LCEP pro prodlouženou životnost a následky vyhodnotit na stupni 4.

9.4 Stupeň 4 - Porovnání LCEP

9.4.1 Pro každý popis prostředí v původním dokumentu LCEP a v dokumentu LCEP pro prodlouženou životnost porovnat původní náročnost (stupeň 1) s náročností pro požadavky prodloužené životnosti (stupeň 3) v kombinaci s požadavky pro skutečný průběh životnosti do daného data (stupeň 2). Vyhodnocení rozdílů, obecně známých jako přírůstky náročnosti, v jednotném formátu pro snadné a přesné porovnání s příslušnými popisy prostředí, je nutno provádět pečlivě. Směrnice pro provedení tohoto stupně jsou uvedeny v pomůckách 601 a 602 v přílohách E a F. Zkontrolovat, zda původní popisy prostředí a druhy poruch a související přejímací kritéria zůstávají platná. Jestliže prodloužení životnosti zahrnuje konstrukční změnu pro zlepšení výkonových charakteristik vojenského materiálu, je třeba všechny podmínky prostředí zpočátku považovat za přírůstky náročnosti. Technickým posouzením je třeba stanovit, zda je lze odstranit nebo ne.

9.4.2 Jak je uvedeno na stupni 1, pokud původní úroveň nebyly založeny na LCEP, ale spíše na standardizovaných zkouškách, bude v případě potřeby nutné zpracovat ekvivalentní původní LCEP obsahující syntetizované popisy prostředí.

9.4.3 Jsou-li pro porovnávání úrovní potřebné metody časové komprese nebo dekomprese, měly by být dodržovány doporučené postupy. V příloze C je uveden seznam odborné technické literatury týkající se vyhodnocení životnosti a dokumentů pro časovou kompresi zkoušení (viz pomůcka 602 v příloze F). Zaznamenat, které metody byly při takových porovnáních použity.

9.4.4 Může se prokázat, že původní LCEP a náročnost zkoušek, na nichž byla založena konstrukce vojenského materiálu, představují kumulativní namáhání, které je větší než očekávané v dosavadním průběhu životnosti zvýšené o očekávané namáhání během prodloužené životnosti. Pokud tento případ nastane a pokud se neplánují konstrukční úpravy, lze doporučit požadované prodloužené používání bez dalšího podrobného zkoumání, analýz nebo zkoušení. Je-li prokázání úspěšné, není potřebná další činnost a jsou splněny požadavky pro výstupní kritérium 1. Stupně 5 až 9 se vypustí a stupeň 10 se použije pro zdokumentování výsledků (viz obrázek 1).

9.5 Stupeň 5 - Vyhodnocení přírůstků náročnosti pro určení potenciálně kritických případů

9.5.1 Na tomto stupni se řeší druhy poruch vojenského materiálu a navržené konstrukční úpravy. Proces vyžaduje zvážení všech druhů poruch, které by se mohly vyskytnout při vystavení vojenského materiálu náročnějším vlivům okolního prostředí (s přírůstkem náročnosti). Proto prvním úkolem na tomto stupni je sestavení seznamu skupin možných druhů poruch podskupin a dílů vojenského materiálu pro každý přírůstek náročnosti.

9.5.2 První úkol se splní přípravou matice pro každý identifikovaný přírůstek náročnosti podle tabulky 2. Řádky matice tvoří skupiny možných druhů poruch vojenského materiálu a sloupce představují podskupiny a díly vojenského materiálu, které se považují za citlivé na přírůstky náročnosti podmínek prostředí. Případné možné druhy poruch pro konkrétní podskupiny nebo díly jsou v tabulce 2 označeny znaky X. Ukázka použití matice v Desetistupňové metodě je uvedena v příloze A.

9.5.3 Předpokládá se, že seznam možných druhů poruch zahrnuje poruchy, které jsou specifické pro vojenský materiál a postupy při jeho výrobě a dále poruchy, u nichž se v praxi prokázalo, že vznikají běžnými zátěžemi prostředí. V příloze C je uveden seznam technické literatury nápomocný při zpracování a identifikaci druhů poruch.

9.5.4 Podle potřeby se rozšíří seznam možných druhů poruch tak, aby byly zahrnuty situace, kde původní údaje, vyhodnocení nebo předpoklady jsou v současnosti považovány za podezřelé.

9.5.5 Kritické stránky plnění úkolu (mise) vojenského materiálu spadají do následujících oblastí:

- výkon systému
- bezpečnost systému
- strukturální integrita.

Matice se zpracuje podle potřeby a zahrnuje všechny tři oblasti. Určení kritičnosti je založeno na odpovědi na otázky hodné zřetele, např.: bude vojenský materiál bezpečný při používání po dobu požadované prodloužené životnosti nebo bude vojenský materiál pracovat požadovaným způsobem po stejnou prodlouženou dobu? To jsou různé otázky a každá se musí řešit pomocí odlišného kritéria.

9.5.6 Pro každý přírůstek náročnosti okolního prostředí je třeba co nejvíce zmenšit velikost matice možných druhů poruch pro podsestavy a díly vojenského materiálu. Toho lze dosáhnout přezkoumáním pro ověření, zda každý uvedený možný druh poruchy vytvoří potenciálně kritický případ. Potenciálně kritický případ (označený symbolem X^* v tabulce 2) je definován jako případ, který ovlivňuje požadavky mise. V této fázi bude přezkum kvalitativní a subjektivní a bude vycházet především ze zkušeností. Tyto zkušenosti by měly zahrnovat znalosti fyziky poruch materiálů, z nichž je hodnocený vojenský materiál vyroben a poznatky o něm nebo o podobném vojenském materiálu v původních podmínkách prostředí.

9.5.7 Dále je třeba posoudit prvky matice představující druhy poruch, které by mohly vyvolat potenciálně kritické případy. Povahu potenciálně kritických případů je nutné zaznamenat. (Příklad redukované matice v tabelární formě a zaznamenaných potenciálně kritických případů je uveden v příloze A v tabulce A.1, ve sloupcích 4 a 5).

9.5.8 Je třeba zdůraznit, že celková spolehlivost odhadu celkové životnosti přímo souvisí s pečlivostí práce při dokončování stupně 5.

9.6 Stupeň 6 - Určení pravděpodobných kritických případů, které mohou vyžadovat dodatečná opatření

9.6.1 Účelem tohoto stupně je kvantitativně vyhodnotit kritičnost každého určeného potenciálně kritického případu tak, aby mohlo být učiněno zasvěcené rozhodnutí, zda je třeba dodatečné opatření, nebo zda je přijatelná původní (nebo aktuální) kvalifikace. V tomto dokumentu se kombinace hodnocení, analýzy nebo zkoušení obvykle označuje jako „opatření“. Před učiněním rozhodnutí je třeba zkontrolovat všechny dostupné zdroje důležitých údajů. S ohledem na oblasti uvedené v článku 9.5.5 mohou mezi tyto zdroje patřit:

- specifikace výkonových charakteristik vojenského materiálu pro zjištění kritických požadavků v misích a minimálních požadavků na výkon
- analýzy rizik projektu pro určení následků poruch vyplývajících z potenciálně nebezpečných podmínek
- matice splnění požadavků projektu, které by měly u požadavků na strukturní integritu zahrnovat odkazy na odpovídající přehledy strukturních pevností a na zprávy o zhodnocení struktury, zprávy z napěťových analýz a pevnostních zkoušek.

9.6.2 Posouzení by mělo sloužit ke stanovení, kterými potenciálními kritickými případy je potřeba se dále zabývat. Takové případy jsou dále označovány jako „pravděpodobné kritické případy“ (v tabulce 2 jsou označeny jako X^{**}).

9.6.3 Zaznamenat pravděpodobné kritické případy, které vyžadují dodatečná opatření a jejich důvody.

9.6.4 Ukázka, jak mohou být kritické případy zpracovány prostřednictvím stupně 6 od potenciálního k pravděpodobnému je uvedena v příloze A v tabulce A.2.

9.6.5 Pokud by výsledky vyhodnocení ukázaly, že žádný z potenciálně kritických případů nevyžaduje dodatečné opatření a původní (nebo aktuální) kvalifikace je přípustná, není potřebná žádná další dodatečná činnost a jsou splněny požadavky pro výstupní kritérium 2, stupně 7 až 9 se vypustí a stupeň 10 (čl. 9.10.2) se použije pro zdokumentování výsledků (viz obrázek 1).

9.7 Stupeň 7 - Formulace možných opatření pro každý pravděpodobný kritický případ

9.7.1 Na začátku tohoto stupně:

- všechny podmínky okolí LCEP byly zredukovány pouze na přírůstky náročnosti (stupeň 4)
- matice pro každý přírůstek náročnosti ukazující možné druhy poruch původního provedení a všech konstrukčních modifikací byly zmenšeny pouze na potenciální kritické případy (stupeň 5) a
- byly vyhodnoceny všechny specifické údaje související s projektem, aby bylo možno určit pravděpodobné kritické případy, které vyžadují dodatečná opatření pro splnění požadavku na prodloužení životnosti (stupeň 6).

Účelem stupně 7 je zformulovat možná opatření pro každý zbývající pravděpodobný kritický případ. Možná opatření by měla zahrnovat:

- sofistikovanou analýzu a modelování nebo vyhodnocení bez zkoušek, např. analýzu metodou konečných prvků s použitím technické dokumentace
- analýzu podpořenou zkouškami charakteristik, např. modální analýzu
- adaptivní postupné zkoušky vlivu prostředí (v přírodě nebo v laboratoři) podpořené ověřením technického stavu
- zkoušky vlivu prostředí na minimální integritu s doprovodnou zprávou o vyhodnocení pro zdůvodnění platnosti zkoušek
- dodatečné sledování.

9.7.2 Pokud se dospěje na základě zhodnocení na stupních 5 a 6 k závěru, že přírůstky náročnosti jsou tak závažné, že vojenský materiál pravděpodobně nesplní požadavek na prodloužení životnosti nebo že sofistikované opatření není nákladově efektivní, může být přípustné upravit plánované použití vojenského materiálu a zmírnit podmínky okolí tak, že přírůstky náročnosti jsou zmenšeny nebo odstraněny. Jinými opatřeními jsou zmírnění namáhání nebo provedení konstrukčních změn následované v případě potřeby překvalifikací vojenského materiálu. Taková doporučení by měla být zdokumentována na stupni 10.

9.7.3 U možností obsahujících analytické metody bude třeba zvážit celý rozsah aktuálně dostupných postupů pro dosažení maximálně efektivního řešení.

9.7.4 U možností, jejichž částí je zkoušení bude třeba zvážit, zda provádět zkoušky na úrovni systému, podsestavy nebo zkušební vzorku, aby se dosáhlo co nejefektivnější řešení. K výběru zkoušek okolního prostředí slouží ČOS 051627, ČOS 999902 a ČOS 999905, které definují zkušební metody podle oblastí a zkušební metody minimální integrity.

9.7.5 V případě, že je vyžadována relativně vysoká úroveň spolehlivosti, by se měly zvážit výhody hodnocení z více hledisek (viz příloha C, část 1, odkazy 2 a 29). U tohoto přístupu se při kvalifikaci vojenského materiálu na požadované úrovni spolehlivosti kombinují analýzy, modelování, zkoušení a metodiky hodnocení. Míra využití každé metodiky je založena na kompromisu mezi časem, náklady a požadovanou spolehlivostí.

9.7.6 Zpracovat krátký seznam preferovaných možností opatření pro každý pravděpodobný kritický případ s odůvodněním výběru možnosti.

9.8 Stupeň 8 - Výběr možností a sestavení pracovního programu

9.8.1 Na tomto stupni je třeba přezkoumat možná opatření odvozená na stupni 7 pro každý pravděpodobný kritický případ a vyhodnotit nejefektivnější přístup, který zahrne všechna opatření ve správném sledu. Vlivy některých podmínek prostředí se mohou řešit pomocí modelování, například určité strukturní dynamické zatížení, zatímco vliv jiných musí být odzkoušen, například vliv slunečního záření. Jestliže možná opatření odvozená na stupni 7 mají silné analytické zaměření, zkontrolovat možnost vynechání většiny nebo všech zkoušek. Jestliže možná opatření jsou zaměřena na zkoušení, zkontrolovat potřebu vytvoření předpětí zkušební vzorku. To znamená, že možná bude potřeba přidat do sledu zkoušek dodatečné zkoušky pro opotřebením zkušební vzorku, zvláště když je tento vzorek relativně nepoužitý.

9.8.2 Možná opatření, jejichž částí jsou zkoušky, musí obsahovat pouze přijaté technické postupy zkoušení vlivů prostředí s použitím návodů v ČOS 051627, ČOS 999902 a ČOS 999905. Při zvažování eventuálních zkoušek je nutné:

- určit možné kombinace vlivů okolního prostředí.
- určit minimální přípustnou velikost vzorku (počet zkoušených objektů)
- určit standardní sestavení zkoušených objektů, které je třeba vybrat z běžného používání a přitom zvláštní pozornost věnovat stáří a předchozímu použití vojenského materiálu
- přizpůsobit náročnost zkoušek, v případě potřeby s použitím přípustných věrohodných metod časového zkrácení; je potřeba postupovat podle návodů v technické literatuře, jejíž seznam je uveden v příloze C
- definovat požadavky na zajištění (fixaci) zkoušených objektů, zařízení, pomůcky a prostory pro zkoušky
- definovat uspořádání zkoušek.

9.8.3 Jestliže výsledky těchto dodatečných opatření jsou pravděpodobně časově fázovány, pro postupné zvyšování spolehlivosti může být přínosný tzv. přístup z více hledisek, uvedený na stupni 7.

9.8.4 Zpracovat pracovní program provedení vybraných opatření. Má obsahovat zdůvodnění použitého postupu a závažnosti každé zkoušky.

9.9 Stupeň 9 - Provedení plánovaných úkolů

9.9.1 Účelem tohoto stupně je provést plánované úkoly související s vybranými opatřeními. Evidence výsledků je zdrojem nezbytných informací pro stanovení, zda mohou být splněny požadavky na prodloužení životnosti nebo požadavky na změnu funkce.

9.9.2 Musí být zdokumentovány výsledky vybraných opatření a ověřeno, že jsou k dispozici nezbytné informace pro vyhodnocení na stupni 10.

9.10 Stupeň 10 - Vyhodnocení výsledků úkolů a vystavení osvědčení

9.10.1 S použitím výsledků získaných na stupni 9 vyhodnotit požadavky na prodloužení životnosti vojenského materiálu a změny jeho funkce a nasazení. Vyhodnocení by pravděpodobně mělo obsahovat:

- posouzení způsobilosti vojenského materiálu splnit požadavky na prodloužení jeho životnosti a změny funkce a nasazení, nejlépe vyjádřené úrovní spolehlivosti a případně podpořené posouzením rizik
- sestavení požadavků pro všechny související kontrolní a monitorovací činnosti během provozu
- popřípadě zpracování doporučených opatření pro snížení namáhání, která by měla zahrnovat omezení šíře nebo vlivu podmínek okolního prostředí
- popřípadě doporučení pro úpravy (vylepšení) výrobku s cílem odstranit opatření pro snížení namáhání a zcela splnit uvedené požadavky.

9.10.2 Vystavit písemné osvědčení o stanovení prodloužené životnosti vojenského materiálu s uvedením všech omezení nebo úprav při jeho používání. Rámcový vzor osvědčení je v příloze M.

10 Závěr

Desetistupňová metoda prezentuje strukturovaný a ekonomický proces, který může být základem programů prodloužení provozní životnosti anebo změny funkce a nasazení vojenského materiálu. Metodické přehodnocení původních popisů okolního prostředí LCEP, potenciálních druhů poruch a původních předpokladů z hlediska požadavků na prodloužení životnosti minimalizují nejistoty při používání po dobu prodloužené životnosti. Celý proces musí být důkladně zdokumentován, ale jeho přesnost a úspěch závisí na technících zapojených do programu, analýze okolního prostředí, zkoušení a zkušenostech s vyhodnocením.

PŘÍLOHY

Ukázka Desetistupňové metody

A.1 Úvod

A.1.1 Ukázka uvádí příklad metodiky řešení složitého procesu zmenšení velkého počtu poruchových stavů až na minimální počet, který se požaduje pro splnění kritéria prodloužení životnosti. Ukázka řeší otázku aktuálního zájmu mnoha programových manažerů: „Je možné prodloužit současnou plánovanou životnost vojenského materiálu na požadovanou prodlouženou životnost?“

A.1.2 Pro ukázku byla zvolena letecká naváděná střela. Jak je uvedeno v popisu Desetistupňové metody, při zvažování prodloužení životnosti takového vojenského materiálu existuje mnoho možných vlivů prostředí, jejichž účinky přicházejí v úvahu pro prostudování. Předpokládá se, že požadavky na prodloužení životnosti v ukázce jsou omezeny na prodloužení životnosti závěsníku naváděné střely. Je také samozřejmé, že kritické stavy úkolu (tj. přeprava střely na letadle ve stavu způsobilém pro její odpálení) se dělí do několika různých oblastí (viz článek 9.5.5), avšak ukázka bude dále omezena na kritickou oblast „strukturní integrita“. Podobným způsobem mohou být pojednány oblasti bezpečnosti a výkonu.

A.1.3 Pro zjednodušení ukázky je obsah této přílohy omezen na poskytnutí doplňkového návodu pro relativně komplikovanou činnost, jakou je stanovení pravděpodobně kritických případů a odvození příslušných dodatečných opatření, tzn. na stupně 5, 6 a 7. Ukázka používá zjednodušující předpoklady u stupňů 1 až 4, 8 a 10. Ve skutečných případech se další často souběžně řešené požadavky, jako změny funkce a nasazení řeší podobným způsobem (viz příloha L, pomůcka 607).

A.1.4 Pro tuto ukázku byly stupně Desetistupňové metody rozděleny do čtyř skupin:

- přírůstky náročnosti (stupně 1-4)
- kritické případy (stupně 5-6)
- opatření (stupně 7-8)
- dosažení shody (stupně 9-10).

A.2 Přírůstky náročnosti okolního prostředí

A.2.1 Jak je popsáno v článcích 9.1 až 9.4 hlavního textu, je cílem stupňů 1 až 4 určit a kvantifikovat přírůstky náročnosti v popisech okolního prostředí, které souvisejí s požadavky na prodloužení životnosti letecké naváděné zbraně. Přírůstky náročnosti jsou definovány jako změny v popisu prostředí vyplývající ze změn LCEP, které rozšiřují buď dobu trvání, nebo amplitudu působení prostředí, nebo obojí. Popis vztahů mezi podmínkami okolního prostředí a popisem okolního prostředí pro typické podmínky LCEP je uveden v příloze B.

A.2.2 Pro ukázku se předpokládá, že stupně 1 až 4 byly ukončeny podle návodu v hlavním textu a že bylo zjištěno mnoho podmínek okolního prostředí se zvýšenou náročností (přírůstky náročnosti). Tyto přírůstky se mohou vyskytovat v popisech prostředí týkajících se prodloužené doby skladování, zvýšených provozních teplot, přidavných rázů při manipulaci a zvýšených vibrací v důsledku aerodynamického třepání při manévrování letadla. Ukázka se však bude zabývat pouze jedním přírůstkem náročnosti, a sice vibrací letecké střely následkem aerodynamického

Příloha A
(informativní)

třepání při manévrování letadla a zvláště vlivem prodloužení doby trvání vibrací, která je důsledkem požadavku na prodloužení životnosti. U štíhlých leteckých střel toto vibrační prostředí nastává při aerodynamickém vybuzení střely (nebo pylonu či křídla letadla) během manévrování letadla. Reakce střely jsou často charakterizovány úzkopásmovou náhodnou vibrací a vycházejí z vybuzení základních ohybových kmitů střely. Toto vibrační prostředí může výrazně ovlivnit únavovou životnost závěsníku střely.

A.3 Kritické případy

Cílem stupňů 5 a 6, (viz články 9. 5.5 a 9.5.6) je určit kritické případy a zjistit, zda pro zdokumentování, že vojenský materiál vyhovuje požadavkům na prodloužení životnosti, jsou nutná dodatečná opatření jako zhodnocení, analýza nebo zkoušení.

A.3.1 Vyhodnocení přírůstků náročnosti pro určení potenciálně kritických případů (stupeň 5)

A.3.1.1 Účelem stupně 5 je určit druhy poruch, které by mohly vytvořit potenciálně kritické případy pro každý přírůstek náročnosti odvozený na stupních 1 až 4. Vzhledem k tomu, že seznam přírůstků náročnosti pro leteckou naváděnou zbraň byl příliš rozsáhlý, je tento případ usnadněn použitím matice pro vyhodnocení každého přírůstku náročnosti, tzn., že každému přírůstku náročnosti odpovídá jedna matice.

A.3.1.2 Typický formát matice pro pokrytí vibrací následkem aerodynamického třepání při manévrování letadla (jediný přírůstek náročnosti pojednáváný v této ukázce) je uveden v tabulce 2 hlavního textu. Podsestavy a komponenty typické letecké naváděné střely jsou uvedeny na horizontální ose. Závažné možné druhy poruch střely jsou vyjmenovány na vertikální ose.

A.3.1.3 Prvky matice v tabulce 2 ve sloupci Konstrukce - spoje patří do skupiny možných druhů poruch struktury a únavy materiálu jsou znázorněny v rozšířené a tabelární formě v tabulce A.1. Byly přidány druhy poruch způsobené otřesy a nárazy. Tabulka znázorňuje postup zpracování každého možného druhu poruchy, to znamená každého prvku obsaženého v matici v rámci stupně 5. Sloupce 1 a 2 v tabulce A.1 zobrazují možné druhy mechanických poruch spojů střely. Za normálních okolností by bylo třeba se zabývat také klimatickými, chemickými, biologickými a elektrickými druhy poruch.

A.3.1.4 Ukázka obsahuje pouze strukturní integritu (viz článek A.1.2). V obecném případě by však pro letecké naváděné střely bylo nutno zpracovat matici, jejíž prvky obsáhnou následující kritické oblasti střely:

- výkon systému (střely): funkčnost a spolehlivost
- bezpečnost systému
- strukturní integrita, zejména letová způsobilost.

To povede ke třem samostatným maticím. Protože se zpracovává pouze strukturní integrita, podrobná matice v tabulce A.1 je obsahuje pouze požadavky na letovou způsobilost. Pro ilustraci pružnosti Desetistupňové metody obsah matice směřuje k použití analytických metod, ale řešení by samozřejmě mohla směřovat k provedení

Příloha A

(informativní)

zkoušek na následujících stupních, pokud by nebyly k dispozici cenově výhodné analytické metody.

A.3.1.5 Po dokončení bude matice obsahovat více možných druhů poruch, než by bylo praktické nebo ekonomické zvažovat. Proto nyní jsou možné druhy poruch hadicových spojů střely, jejichž seznam je ve sloupci 2 v tabulce A.1, zrevidovány na poruchy následkem vibrací způsobených aerodynamickým třepáním při manévrování letadla, aby se určilo, které z možných druhů poruch je důležité vzít v úvahu u hadicových spojů střely. Seznam možných druhů poruch bude v důsledku toho pravděpodobně výrazně zredukován, jak naznačuje sloupec 3 v tabulce A.1.

A.3.1.6 Dalším krokem je zkontrolovat každý z možných druhů poruch ve sloupci 2 pro určení, které druhy by pravděpodobně mohly způsobit potenciálně kritické případy, tzn. takové, které by byly potenciálně kritické pro strukturní integritu vojenského materiálu. Výsledek tohoto kroku je uveden ve sloupci 4 ve formě odpovědi Ano/Ne doplněné ve sloupci 5 krátkým vysvětlujícím shrnutím povahy potenciálně kritického případu nebo konstatováním, jakým způsobem je případ řešen nebo proč případ řešen není. Posouzení s cílem určit potenciálně kritické případy je v tomto stadiu subjektivní a je založeno hlavně na zkušenostech. Zkušenosti se mohou opírat o znalost fyziky poruch materiálu, z něhož je zkoumaný objekt vyroben nebo o předcházející zkušenosti se stejným nebo podobným objektem. Kladná odpověď ve sloupci 4 v tabulce A.1 označuje povinnost převést tento případ na stupeň 6, kde bude jeho kritičnost kvantifikována.

A.3.1.7 Celková spolehlivost výsledků odhadu životnosti bude přímo závislá na pečlivosti, s níž je matice zpracována a vyplněna.

POZNÁMKA Zpracování velkého počtu prvků matice pro komplexní objekt, jako je letecká naváděná střela, by se mělo zjednodušit použitím počítačového softwaru pro zautomatizování určení možných druhů poruch a následné určení potenciálně kritických případů a následně pravděpodobných kritických případů (stupeň 5 a 6).

A.3.2 Určení pravděpodobných kritických případů, které vyžadují dodatečná opatření (stupeň 6)

A.3.2.1 Účelem tohoto stupně je vyhodnotit každý potenciálně kritický případ, aby bylo možné učinit informované rozhodnutí, zda se požadují dodatečná opatření nebo zda je přípustná původní (nebo aktuální) kvalifikace vojenského materiálu. Před učiněním tohoto rozhodnutí zkontrolovat všechny dostupné zdroje údajů pro příslušný přírůstek náročnosti prostředí. Mezi ně patří matice shody projektu vojenského materiálu s požadavky strukturní integrity s uvedením odkazů na odpovídající přehledy konstrukční pevnosti a příslušné zprávy z hodnocení konstrukcí, pevnostní výpočty a zprávy ze zkoušek pevnosti.

A.3.2.2 Provést nezbytné vyhodnocení pro učinění rozhodnutí, které potenciálně kritické případy vyžadují provedení dodatečných analýz nebo zkoušek. Proces vyhodnocení pro každý zbývajících možný druh poruchy (tj. všechny zbývajících vyplněné prvky v matici v tabulce 2) je demonstrován v tabulce A.2. Sloupce 6, 7 a 8 této tabulky v podstatě shrnují výsledky stupně 5. Požadované vyhodnocení každého zbývajících možného druhu poruchy a s tím souvisejícího potenciálně kritického případu je uvedeno ve sloupci 9. Součástí vyhodnocení mohou být teoretické nebo

Příloha A
(informativní)

zkušební analýzy, jako například nové prostudování výpočtů pevnosti nebo zkušebních zpráv a s nimi souvisejících zhodnocení.

A.3.2.3 Při posuzování příkladu letecké naváděné střely v tabulce A.2 jsou analytická nebo zkušební opatření potřebná pouze pro pokrytí únavového režimu konstrukcí spojů střely (viz sloupec 10). Související potenciálně kritický případ je potom odkazován ve sloupci 11 jako pravděpodobný potenciálně kritický případ.

A.3.2.4 Důvody pro dodatečná opatření by měly být písemně zformulovány ve zprávě a shrnuty ve sloupci 11 spolu s důvody, proč se další práce nepovažuje za nezbytnou pro vyloučení potenciálně kritických případů.

A.3.2.5 Pokud závěr z vyhodnocení je, že pro splnění požadavků na prodlouženou životnost není potřebné žádné další opatření, to znamená sloupec 10 v tabulce A.2 obsahuje pouze odpovědi Ne, pak jsou splněny požadavky výstupního kritéria 2, stupně 7 až 9 se vynechají a stupeň 10 se použije ke zdokumentování výsledků (viz obrázek 1 v hlavním textu).

A.4 Opatření

Cílem stupňů 7 a 8 je formulovat, optimalizovat a sestavit program požadovaných opatření pro řešení pravděpodobně kritických případů.

A.4.1 Formulace možností opatření pro každý potenciálně kritický případ (stupeň 7)

A.4.1.1 Účelem stupně 7 je formulovat možnosti opatření pro každý zbývající pravděpodobný kritický případ, který bude potvrzen nebo v opačném případě, že vojenský materiál je schopen splnit požadavky na prodloužení životnosti. Jediný pravděpodobně kritický případ v ukázce letecké naváděné střely je únava spojů hadic střely. Pro výběr možností opatření by se měla uvažovat některá z následujících zobecněných variant postupu:

- pouze analýza nebo posouzení
- analýza podpořená zkouškami charakteristik (např. zkouškami modálních parametrů nebo tuhosti)
- zkoušky vlivu okolního prostředí na míru podpořené vedlejším posouzením (rozhodující jsou výsledky zkoušek, zhodnocení má doplňkový význam)
- zkoušky vlivu okolního prostředí na minimální integritu podpořené hlavním posouzením (rozhodující je posouzení, výsledky zkoušek mají doplňkový význam).

A.4.1.2 U možností zahrnujících analytické metody se bude muset vzít v úvahu plný rozsah v současnosti dostupných metod, aby se dosáhlo nejrentabilnější řešení.

A.4.1.3 U možností zahrnujících zkoušky se bude muset zvážit, zda pro dosažení nejrentabilnějšího řešení zkoušet na úrovni systému naváděné střely, na úrovni podsystému nebo na nižší úrovni. Kompletní rozsah jak na míru přizpůsobených zkušebních metod, tak zkušebních metod minimální integrity je definován v ČOS 999902.

A.4.1.4 V případě, že je požadována relativně vysoká úroveň spolehlivosti, jako v této ukázce, by se měl zvážit přístup hodnocení z více hledisek. Tento přístup je definován jako kombinace analýzy, modelování, zkoušení a metodologie hodnocení,

Příloha A

(informativní)

kteřá poskytuje argumenty pro kvalifikaci vojenského materiálu na požadované úrovni spolehlivosti. Stupeň, na němž je každá metoda používána, bude založen na kompromisu mezi časem, náklady a úrovní požadované spolehlivosti.

A.4.1.5 V obvyklém případě je postup pro nastavení možností analytických opatření pro tento konkrétní pravděpodobně kritický případ následující:

- a. Potvrzení všech podrobností o přírůstku náročnosti z hlediska přesvědčivě nejhorší nebo mezní situace, kombinace současně působícího zatížení a podmínek okolí; například všechny podrobnosti by mohly obsahovat:
 - soubor podmínek aerodynamického třepání, jimž je střela vystavena, které zahrnují stabilní i proměnné pohyby těla střely (základ přírůstku náročnosti)
 - sadu letových manévřů letadla (včetně zrychlení střely) působících současně
 - související sadu aerodynamických zatížení působících současně
 - aeroelastické účinky působící současně (pokud je to vhodné).
- b. Potvrzení, s pomocí znalostí add a., potenciálně kritických oblastí konstrukčních spojů vystavených únavovému zatížení. Kritické oblasti například mohou vzniknout:
 - v materiálech spojů
 - ve strukturních nespojitostech (faktor zvyšující napětí)
 - v upevňovacích prvcích.
- c. Potvrzení, se znalostí add a. a b., skupiny podrobných únavových druhů poruch, které mohou vzniknout ve struktuře spoje střely.
- d. Určení z add a., b. a c. odpovídajících metod analýzy únavy, které by měly potvrdit, zda struktury spojů střely mohou splnit požadavky na prodlouženou životnost či ne. Tyto metody by mohly zahrnovat:
 - metody mechanického lomu
 - metody kumulativního poškození
 - použití specializovaných datových souborů
 - použití známých pracovních postupů.
- e. Souběžně s add d. určit specifická kritéria přejímky pro každý únavový druh poruchy.

Předpokladem uspokojivých výsledků výše uvedeného sledu činností jsou obvykle odborné znalosti režimu poruchových stavů způsobených únavou a související fyziky poruch.

A.4.1.6 Zaznamenání seznamu preferovaných možností opatření pro tento konkrétní pravděpodobně kritický případ.

A.4.2 Výběr možností a sestavení pracovního programu (stupeň 8)

A.4.2.1 Účelem stupně 8 je revize možností opatření odvozených na stupni 7 pro konkrétní pravděpodobný kritický případ spolu s možnostmi opatření pro všechny

Příloha A
(informativní)

ostatní pravděpodobné kritické případy. (V tomto příkladu se stupeň 8 nemusí provádět, protože nebyly zjištěny žádné další pravděpodobné kritické případy).

A.4.2.2 Pro tuto ukázkou letecké naváděné střely může být zbytek stupně 8 proveden s použitím informací uvedených v kapitole o stupni 8 v hlavním textu.

A.5 Splnění požadavků

A.5.1 Cílem stupňů 9 a 10 je odvodit a zaznamenat skutečnost, že letecká naváděná střela vyhovuje požadavkům prodloužené životnosti.

A.5.2 V této ukázkou letecké naváděné střely po ukončení stupně 8 mohou být stupně 9 a 10 provedeny s pomocí informací uvedených v kapitolách 9.9 a 9.10 hlavního textu, které pojednávají o stupních 9 a 10.

TABULKA A.1 – Určení potenciálně kritických případů pro každý potenciální přírůstek náročnosti (stupeň 5)

POTENCIÁLNĚ KRITICKÉ PŘÍPADY

Vojenský materiál: Letecká naváděná střela

Přírůstek náročnosti: Vibrace vyplývající z aerodynamického třepání při manévrování letadla

Podsestava: Struktura – hadicové spoje střely

1: Skupiny možných druhů poruch	2: Podrobné skupiny možných druhů poruch	3: Souvisí tato porucha se spoji?	4: Je možné, aby tento druh poruchy vyvolal potenciálně kritický případ?	5: Záznam povahy potenciálně kritického případu
Strukturní (definitivní) porucha	Mechanické napětí	Ano	Ne	Zahrnuto v ohybu
	Stisknutí, zmáčknutí	Ano	Ne	Zahrnuto v ohybu
	Ohyb	Ano	Ano	Ohybové namáhání spoje hadice
	Střih	Ano	Ano	Střih spojovacího materiálu
	Otlačení	Ano	Ano	Spojovací součásti hadice
Vyboulení (obecné) Vyboulení (místní)		Ne	N/A	Nepoužito
		Ano	Ano	Hadice mezi upevňovacími prvky
Strukturní únava	Únava strukturního členu	Ano	Ne	Zahrnuto v únavě spoje
	Únava panelu Únava spoje	Ne Ano	N/A Ano	Nepoužito Únava hadice (nebo upevňovacích prvků)
Kontaktní únava	Kontaktní únava (otěr)	Ano	Ne	Zahrnuto v únavě spoje
Ráz a úder	Křehký lom	Ne	N/A	Nepoužito

Příloha A
(informativní)

1: Skupiny možných druhů poruch	2: Podrobné skupiny možných druhů poruch	3: Souvisí tato porucha se spojí?	4: Je možné, aby tento druh poruchy vyvolal potenciálně kritický případ?	5: Záznam povahy potenciálně kritického případu
	Účinky rychlosti deformace Vyvolané dopady	Ne Ano	N/A Ano	Nepoužito Vynucené posuny
Ostatní	Promáčknutí Opotřebením Eroze	Ne Ne Ne	N/A N/A N/A	Nepoužito Nepoužito Nepoužito

POZNÁMKA „Ano“ ve sloupci 3 = X v tabulce 2 v hlavním textu
„Ano“ ve sloupci 4 = X* v tabulce 2 v hlavním textu

TABULKA A.2 – Určení pravděpodobně kritických případů (stupeň 6)

PRAVDĚPODOBĚNÉ KRITICKÉ PŘÍPADY

Vojenský materiál: Letecká naváděná střela

Přírůstek náročnosti: Vibrace vyplývající z aerodynamického třepání při manévrování letadla

Podsestava: Struktura – hadicové spoje střely

6: Skupiny možných druhů poruch	7: Zbývající možné druhy poruch	8: Potenciální kritické případy	9: Vyhodnocení provedené s původními výpočty a výsledky zkoušek	10. Jsou pro splnění požadavků na prodloužení ou životnost potřebná dodatečná opatření?	11. Dodatečná opatření požadovaná pro pravděpodobně kritické případy
Strukturní (definitivní) porucha	Ohyb	Ohybové namáhání spoje hadice	Ověření popisu přírůstků náročnosti s původními výpočty napětí (a původními výsledky zkoušek statického napětí, pokud byly provedeny)	Ne	Žádná
	Střih	Střih spojovacího materiálu		Ne	Žádná
	Otlačení	Spojovací součásti hadice		Ne	Žádná
	Vyboulení	Hadice mezi		Ne	Žádná

Příloha A
(informativní)

6: Skupiny možných druhů poruch	7: Zbývající možné druhy poruch	8: Potenciální kritické případy	9: Vyhodnocení provedené s původními výpočty a výsledky zkoušek	10. Jsou pro splnění požadavků na prodloužení ou životnost potřebná dodatečná opatření?	11. Dodatečná opatření požadovaná pro pravděpodobné kritické případy
	(místní)	spojovacími součástmi			
Strukturní únava	Únava spoje	Únava hadice nebo spojovacího prvku	Ověření popisu přírůstků náročnosti s originálními výpočty únavy a výsledky zkoušek vibrací	Ano	Je třeba více výpočtů nebo zkoušek v souvislosti se zatížením při manévrování za letu letadla (viz stupeň 7)
Ráz a úder	Vyvolané dopady	instalované zařízení se spoji	Ověřování popisu přírůstků náročnosti s výsledky původních zkoušky vibrací	Ne	Žádná

POZNÁMKA „Ano“ ve sloupci 10 = X** v tabulce 2 v hlavním textu

Příloha B
(informativní)

Vztahy mezi podmínkami okolního prostředí a popisy okolního prostředí pro typické podmínky profilu okolního prostředí v průběhu životního cyklu (LCEP)

FÁZE LCEP	PODMÍNKA / POPIS		
	Typická podmínka LCEP (úroveň 1)	Typická související podmínka prostředí (úroveň 2)	Typický související popis prostředí (úroveň 3)
MANIPULACE A SKLADOVÁNÍ	Podmínky logistické manipulace, např. potenciální výšky pádu, pohyby vidlicového vysokozdvížného vozíku, atd.	Nárazy při pádu, vibrace vozidla, přírodní teploty, přírodní vlhkost, atd.	Tvary a trvání rázu, např. SRS + počet rázů, průběh zrychlení + počet rázů, atd.
ZÁKLADNA NASAZENÍ	Podmínky letecké dopravy, např. počet doprovodných manévru pro každý typ určitého manévru, atd.	Aerodynamické třepání při letových manévrech, zrychlení při letových manévrech, aerodynamická zatížení, aeroelastické vlivy, atd.	Časové průběhy a doby trvání vibrací, např. PSD + doby trvání, průběhy zrychlení, rozdělení zatížení, atd.
PROVOZNÍ POUŽITÍ NEBO LIKVIDACE	Let střely, např. aktivní letová fáze, atd.	Vibrace při aktivním letu, zrychlení střely, vyvolané teploty, změny tlaků, atd.	Časové průběhy a doby trvání vibrací, např. PSD + doby trvání, průběhy zrychlení, průběhy teplot atd.

POZNÁMKY

- 1 Změny v popisu okolního prostředí vyplývající ze změn LCEP, které rozšiřují buď trvání, nebo amplitudu popisu prostředí, nebo obojí, jsou v tomto ČOS nazývány přírůstky náročnosti.
- 2 Tato tabulka slouží pouze jako ilustrace vztahů. Není to úplný seznam podmínek LCEP.

Seznam odborné technické literatury

ČÁST 1 – DOKUMENTY ZABÝVAJÍCÍ SE ZEJMÉNA VYHODNOCENÍM ŽIVOTNOSTI A KOMPRESÍ DOBY ZKOUŠEK

1. Aldridge, D.S., A Strategy to Integrate the „Tailoring“ and „Simulation“ Test Philosophies, IES Proceedings, 1997
Strategie pro převzetí přizpůsobovacích a simulačních zkoušek
2. Assessing the Effects of Service Environments on Munitions, UK Ordnance Board Proceeding, P129, January 2000
Hodnocení vlivů prostředí používání na munici
3. Carlsson, B., Towards a Methodology for Accelerated Life Testing of Solar Energy Materials - A Case Study of Some Selective Solar Absorber Coatings, IES Proceedings, 1990
Metodologie zrychleného zkoušení životnosti materiálů pro solární energii - Případová studie některých selektivních povlaků slunečních absorbérů
4. Caruso, H., Hidden Assumptions in Temperature and Vibration Test Time Compression Models Used for Durability Testing, IES Proceedings, 1994
Skryté předpoklady u modelů časové komprese při zkoušení teploty a vibrací používaném pro zkoušení životnosti
5. Caruso, H., A Check List for Developing Accelerated Reliability Tests, Journal of the Institute of Environmental Sciences, January/February 1997
Kontrolní seznam pro zpracování zrychlených zkoušek spolehlivosti
6. Caruso, H., The Facts of Life About Accelerated Testing (Taking a Look at G's and Degrees), Test Engineering and Management, December/January 1997/98
Skutečnosti týkající se zrychleného zkoušení (Pohled na G a stupně)
7. Caruso, H. and Dasgupta, A., A Fundamental Overview of Accelerated Testing Analytical Models, Journal of the Institute of Environmental Sciences and Technology, January/February 1998
Základní přehled analytických modelů zrychleného zkoušení
8. Caruso, H.J., Environmental Aspects of Accelerated Life Testing, Class Notes, Institute of Environmental Sciences and Technology Tutorial, 1998
Vlivy prostředí zrychleného zkoušení životnosti
9. Caruso, H.J., Products Don't Have a Life (Taking a Look at G's and Degrees), Test Engineering and Management, August/September 1999
Výrobky nemají životnost (Pohled na G a stupně)
10. Chick, S. and Mendel, M.B., Deriving Accelerated Life time Models from Engineering Curves with an Application to Tribology, IES Proceedings, 1994
Odvození modelů zrychleného času životnosti z technických křivek s použitím tribologie

Příloha C

(informativní)

11. Cluff, K.D. and Barker, D.B., Tailoring Temperature/Humidity Life Tests With In-Service Environment Data, Proceedings of the IEST, 1998

Přizpůsobení zkoušek působení teploty a vlhkosti na životnost s použitím údajů o provozním prostředí

12. De Winne, J., Equivalence of Fatigue Damage Caused by Vibrations, IES Proceedings, 1986

Ekvivalence únavového poškození způsobeného vibracemi

13. Ellnre, P.M. and Woodworth J., A Maturity Metric for Accelerated testing of Complex Subsystems and Assemblies, Journal of the Institute of Environmental Sciences, January/February 1996

Vyspělá metrika pro zrychlené zkoušení komplexních podsystémů a sestav

14. Feinberg, A.A., Gibson, G.J., White, J.V. and Briggs, R.E., A Corrosion Simulation Environment for Maintenance of Aging Aircraft, IES Proceedings, 1994

Simulace korozního prostředí pro údržbu stárnoucích letadel

15. Gatscher, J.A. and Kawiecki, G., Comparison of Mechanical Impedance Methods for Vibration Simulation, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Paper Number AIAA-95-1341-CP

Porovnání metod mechanické impedance pro simulaci vibrace

16. Gottlieb, R.P., Time Acceleration in Climate Simulations, IES Proceedings, 1990

Časové urychlení při simulaci klimatických podmínek

17. Henderson, G.R. and Piersol, A.G., Fatigue Damage Related Descriptor for Random Vibration Test Environments, Sound and Vibration, October 1995

Deskriptor související s únavovým poškozením pro zkušební prostředí s náhodnými vibracemi

18. Holcomb, C. and Lessman, K.M., Application of Modeling and Simulation to a Weapon System Sustainment Program, ITEA Modeling and Simulation Conference Proceedings

Aplikace modelování a simulace na program zabezpečení zbraňových systémů

19. Hu, J.M., Life Prediction and Acceleration Based on Power Spectral Density of Random Vibration, IES Proceedings, 1994

Předpověď a urychlení životnosti založená na výkonu spektrální hustoty náhodných vibrací

20. Hu, J.M. and Salisbury, K., Temperature Spectrums of Automotive Environment for Fatigue Reliability Analysis, IES Proceedings, 1994

Teplotní spektrum automobilního prostředí pro analýzu únavové spolehlivosti

21. Hu, J.M., Correlation of a Sinusoidal Sweep Test to Field Random Vibration, Journal of the Institute of Environmental Sciences, November/December 1977

Souvislost zkoušky sinusoidního rozmítání s náhodnými terénními vibracemi

Příloha C
(informativní)

22. Hurd, A., Combining Accelerated Laboratory Durability with Squeak and Rattle Evaluation, SAE International Paper Number 911051
Kombinace urychlené laboratorní životnosti s vyhodnocením skřípání a rachocení
23. Lall, P., Pecht, M. and Barker, D., Development of an Alternative Wire Bond Test Technique, IES Proceedings, 1994
Vývoj alternativních zkušebních technik pro drátové spoje
24. Lambert, R.G., Accelerated Test Rationale for Fracture Mechanics Effects, IES Proceedings, 1990
Zrychlené zkušební principy pro vlivy mechaniky lomu
25. Lambert, R.G., Accelerated Test (Time-Compressed) Methodologies for Elastomeric Isolators Under Random Vibration, IES Proceedings, 1994
Metodika zrychlené zkoušky (Časová komprese) pro elastomerické izolátory při působení náhodných vibrací
26. Lambert, R.G., Analytical Aspects of Accelerated Life Testing, Class Notes, Institute of Environmental Sciences and Technology Tutorial, 1998
Analytické aspekty zkoušení prodloužené životnosti
27. Leak, C.E., Epilogue to MERIT: Lessons Learned in Developing an Interactive Environmental Database, IES Journal July/August 1999
Vývoj interaktivní databáze prostředí
28. Minor, E.O., Deppe, R.W. and Stolt, S.S., Initial Environmental Stress/Life Testing of Boeing 777 Avionics, IES Proceedings, 1994
Počáteční zátěžové působení prostředí / Zkoušení životnosti avioniky Boeingu 777
29. Moss, R., Gasper, B.C. and Neale, M.P., The Assessment of the Response of Munitions to the Mechanical Environment, Parari Safety Symposium, 1997
Zhodnocení reakce munice na působení mechanického prostředí
30. Richards, D.P. and Neale, M.P., The Effects of Phase Relationship in Helicopter Vibrations, IES Proceedings, 1994
Vlivy fázových vztahů při vibracích vrtulníku
31. Schubert, H., Schmitt, D. and Ziegahn, K-F., Accelerated Tests for Environmental Simulation - Benefits and Risks, IES Proceedings, 1993
Zrychlené zkoušky pro simulaci prostředí - Výhody a rizika
32. Schutt, J.A., Accelerated Life/Reliability Testing of Electronic Interconnects, Materials and Processes, IES Proceedings, 1994
Zrychlené zkoušené životnosti a spolehlivosti elektronických propojení
33. Socie, D. and Downing, S., Statistical Strain-Life Fatigue Analysis, SAE International Paper Number 960566
Statistická analýza únavové deformace

Příloha C

(informativní)

34. Stadterman, T.J., Connon, W. and Barker, D., Accelerated Vibration Life Testing of Electronic Assemblies, Proceedings of the IES, 1997

Zrychlené zkoušení působení vibrace na životnost elektrických sestav

35. Sun, F-B., Kececioglu, D.B., and Yang, J., Fatigue Ageing Acceleration Under Random Vibration Stressing, Proceedings of the IEST, 1998

Zrychlení únavového stárnutí při působení náhodných vibrací

36. Sun, F-B and Yang, J., HDD Accelerated Life Test Modeling and Software Development, Proceedings of the IEST, 1999

HDD modelování zrychlených zkoušek životnosti a vývoj software

37. Svensson, T. and Torstensson, H.O., Utilization of Fatigue Damage Response Spectrum in the Evaluation of Transport Stresses, IES Proceedings, 1993

Využití reakcí spektra únavového poškození při vyhodnocení zátěžového působení přepravy

38. Sweitzer, K.A., A Mechanical Impedance Correction Technique for Vibration Tests, IES Proceedings, 1987

Korekční techniky mechanické impedance pro zkoušky vibrace

39. Varoto, P.S. and McConnell, K.G., READI – A Vibration testing Model for the 21st Century, Sound and Vibration, October 1996

Zkušební model vibrací pro 21. století

40. Yowell, L. and Connon, W.H., Efficient Testing Using Previously Acquired Data, IES Proceedings, 1997

Účinné zkoušení s využitím předem získaných údajů

41. Zhao, K. and Somayajua, G., Accelerated Product Development Using Dynamic Simulation and RPC Test, SAE International Paper Number 961841

Zrychlený vývoj výrobků s použitím dynamické simulace a RPC zkoušek

42. Ziegahn, K-F, Furrer, E. and Braunmiller, U., How to Determine Transportation Loads - New German DIN Standards for the Measurement and Analysis of Vehicle Vibrations, Proceedings of the IEST, 1998

Jak určit zátěž vznikající při přepravě - Nové německé normy DIN pro měření a analýzu vibrací vozidla

ČÁST 2 – DOKUMENTY ZABÝVAJÍCÍ SE ZEJMÉNA FYZIKOU PORUCH A ZPŮSOBY PORUCH

1. Colin, B., Evaluation de la durée de vie de composants mécaniques soumis à un environnement chenillé, ASTELAB 90
Vyhodnocení životnosti mechanických složek pásových vozidel
2. Cushing, M.J., Stadterman, T.J., Krolewski, J.G. and Malhotra, A., Design Reliability Evaluation of Competing Causes of Failure in Support of Test-Time Compression, IES Proceedings, 1994

Vyhodnocení spolehlivosti konstrukce konkurenčních příkladů závad při podpoře časové komprese při zkoušení

3. Dietrich, D.L. and Hassett, T.F., A Bayesian Perspective on Using Physics-of-Failure Approaches for Test Time Compression, IES Proceedings, 1994
Bayesiánská perspektiva při použití fyziky závad pro časovou kompresi zkoušení
4. Gendre, D., Matra Baé Dynamics, Comportement thermo-hygrométrie d'emballages pressurisés, Moist control in pressurised containers ASTELAB 97
Kontrola vlhkosti v tlakových kontejnerech ASTLAB 97
5. Grégoire, R., Analyse des sollicitations de service, Mémoires et Etudes Scientifiques, Revue de métallurgie, Novembre 1982
Analýza zkušeností z provozu
6. Grégoire, R., La prévision de durée de vie en service des structures travaillant en fatigue, Bulletin SFM, Revue Française de Mécanique n°1988-1, 1988
Předpověď životnosti při provozu konstrukcí s únavovým zatížením
7. Hu, J.M., Accelerated Automotive Electronics Testing: A Physics-of-Failure Approach, TEST Engineering and Management, August/September 1996
Zrychlené zkoušení automobilní elektroniky
8. Kowal, M., Equations for Failure Modes of Mechanical Systems, NASA Tech Briefs, LEW-16497
Rovnice pro poruchové režimy mechanických systémů
9. Lalane, C., CEA CESTA, A test comparison methodology for dynamic thermal environment field, ASTELAB 90
Porovnávací metodika zkoušek dynamických teplotních polí
10. Oliveros, J.H., A Statistical Thermodynamic Physics of Failure Reliability Model, Proceedings of the Institute of Environmental Sciences and Technology (IEST), 1998
Statistická termodynamická fyzika spolehlivostního modelu závad
11. Pecht, M. and Dasgupta, A., Physics-of-Failure: An Approach to Reliable Product Development, Journal of the Institute of Environmental Sciences, September/October 1995
Přístup k vývoji spolehlivého výrobku
12. Perrin, R., Fatigue sous chocs, Rapport ETCA 91 R 095 Décembre 1992
Únava vyvolaná rázy
13. Sow, A., Dridi, C., Analyse des défaillances et estimations prévisionnelles des taux, (Synergie du retour d'expérience et de l'expertise ; approche Bayésienne), ISDF, ESSTIN, ISI, 1997
Analýza závad a předběžné zhodnocení úrovně

Příloha C

(informativní)

14. Spang, K., Experimental methodology for accelerated ageing of electrical component, DNV INGERANSSON AB, ASTELAB 92

Experimentální metodika pro zrychlené stárnutí elektrických komponent

15. Stadterman, T.J., Hum, B., Barker, D.B. and Dasgupta, A., A Physics-of-Failure Approach to Accelerated Life Testing of Electronic Equipment, Proceedings of the IES, 1995

Fyzika poruch. Přístup ke zrychleným zkouškám životnosti elektronických zařízení

16. Trinquet, P., Thomson CSF, Cosnard, J., AS, Le rayonnement solaire et son influence thermique réelle, ASTELAB 97

Pomůcky pro technickou praxi

Pomůcky v přílohách E až L poskytují další pokyny pro praktické řešení podrobných technických problémů Desetistupňové metody.

Seznam pomůcek

Příloha E – Pomůcka 601: Zpětná analýza

Příloha F – Pomůcka 602: Časová komprese

Příloha G – Pomůcka 603: Přírůstková akvizice

Příloha H – Pomůcka 604: Fyzika poruch

Příloha J – Pomůcka 605: Požadované informace pro LCEP (stupně 1 až 3)

Příloha K – Pomůcka 606: Pravděpodobnostní analýza

Příloha L – Pomůcka 607: Změny funkce a nasazení vojenského materiálu

Pomůcka 601 – Zpětná analýza

E.1 Rozsah

Účelem této pomůcky je poskytnout návod na zpětnou analýzu profilů okolního prostředí při životním cyklu (LCEP) pro první etapu (zahrnuje stupně 1 až 4) procesu podle AECTP 600, který je transformován do tohoto ČOS. Zpětná analýza se používá k vytvoření společného datového formátu pro data vznikající v projekci, provozu a při laboratorních zkouškách na stupních 1, 2 a 3 podle tohoto ČOS. Společný formát umožňuje hodnocení závažnosti konkrétních podmínek okolního prostředí na stupni 4. Cílem stupně 4 je zhodnocením dostupných datových zdrojů ověřit, zda závažnost podmínek okolního prostředí pro součet dosavadní a navrhované prodloužené životnosti je vyšší nebo nižší než závažnost podmínek okolního prostředí stanovených pro původní konstrukci nebo ověřovací zkoušky.

E.2 Okolnosti

E.2.1 Metodiku zpětné analýzy, která je mnohdy nezbytná v první etapě tohoto ČOS, v níž se provádí přímé srovnání předchozích a současných provozních podmínek nebo výsledků zkoušek působení okolního prostředí, často není možné použít přímo. Nezbytnost použití by mohla vzejít z rozvoje v oblasti technologií konstrukce zařízení (tj. konkrétního vojenského materiálu) nebo pokroků v technologiích redukce dat a zkoušení nebo technických požadavků na specifikaci okolního prostředí v provozu. Zpětnou analýzu je možné pravděpodobně použít například v situacích, kde:

- použití prvků s vyšší pevností usnadňuje dosažení požadavků na návrhové zatížení, ale jejich pevnostní charakteristiky mohou být vyjádřeny v různých formátech
- kde druhotní dodavatelé zařízení mohou vyžadovat aktualizaci technologie na původní kvalifikaci a postupy přejímacích zkoušek
- se požadovalo, aby původní vyrobená zařízení byla zkoušena spíše uhlazenými sinusovými vibracemi než na míru přizpůsobenými širokopásmovými náhodnými vibracemi.

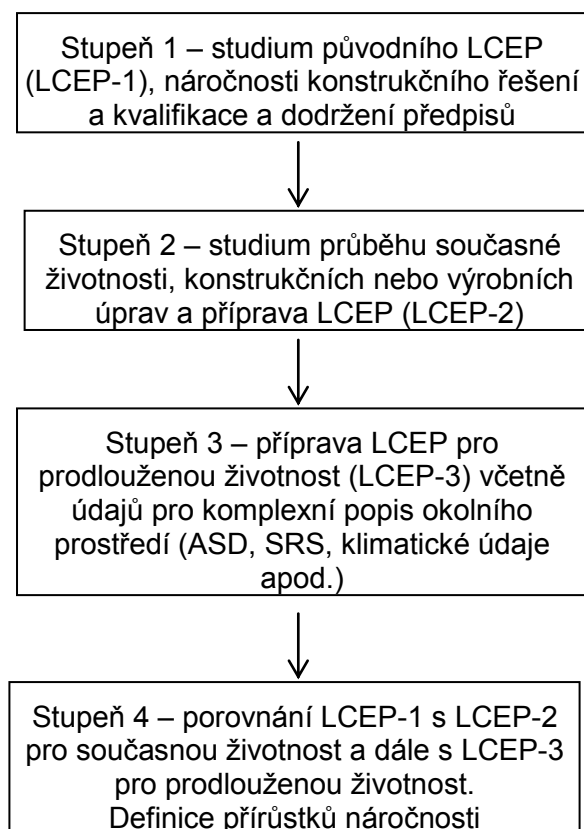
E.2.2 Etapa 1 Desetistupňové metody podle tohoto ČOS, která obsahuje stupně 1 až 4, v níž probíhá zpětná analýza je znázorněna na obrázku E.1.

E.2.3 Pokud součet původní a navrhované prodloužené životnosti přesahuje možnosti původní konstrukce zařízení nebo kvalifikačních zkoušek, je tím dána existence přírůstku náročnosti, který je třeba řešit v průběhu zbývajících stupňů procesu prodloužení životnosti. Přírůstek náročnosti je stav okolního prostředí určený z porovnání dat LCEP, který ukazuje, že je ohroženo navrhované prodloužení provozní životnosti. Například, pokud zařízení nevyhovuje při působení vibrací vyvolaných jiným vrtulníkem z důvodu možnosti mechanického selhání izolátoru, přírůstek náročnosti je vibrační prostředí vrtulníku. Přírůstky náročnosti se řeší na stupních 5 až 10 podle tohoto ČOS. Pokud navrhovaná prodloužená životnost nevytváří přírůstek náročnosti, může se proces prodloužení životnosti uzavřít na stupni 4.

E.3 Omezení

Omezení postupu zpětné analýzy jsou:

- přesnost výsledků je velmi závislá na přesnosti a podrobnosti původní laboratorní zkušební dokumentace
- je třeba věnovat pozornost výkladu zpráv o poruchách ve smyslu rozlišení mezi poruchami způsobenými obsluhou a poruchami způsobenými konstrukčními omezeními zařízení
- úspěch úkolu zpětné analýzy ovlivňují zkušenosti technických specialistů na okolní prostředí.



Obrázek E.1 – Etapa 1 Desetistupňové metody

E.4 Postup

E.4.1 Postup při zpětné analýze vyžaduje intenzivní shromažďování a vyhodnocování všech dostupných informací a údajů o konstrukci zařízení, dosavadní a navrhované životnosti. Typické otázky pro stupně programu prodloužení životnosti jsou uvedeny dále.

E.4.2 Shromažďovat příslušné údaje a odpovědět na otázky potřebné k vyhodnocení závažnosti podmínek okolního prostředí. V případě potřeby použít zpětnou analýzu nebo syntézu okolního prostředí k převedení dat do společného srovnatelného formátu. Základem pro srovnání na stupni 4 může být jeden nebo několik formátů, jako je doba provozu, ekvivalentní laboratorní doba zkoušení, mez namáhání nebo doba trvání u únavové poruchy nebo srovnání pomocí podobnosti s jiným zařízením.

Příloha E

(informativní)

E.4.3 Etapa 1 zpětné analýzy může postupovat několika cestami v závislosti na dostupné dokumentaci pro konstrukční návrh zařízení, z předchozího zkoušení a LCEP. Pro důkladně zdokumentované zařízení může být etapa 1 potřebná pouze pro porovnání přirozeného nebo vynuceného prostředí ke stanovení, zda prodloužená životnost překročí konstrukční limity. Například pro konstrukci se známým specifikovaným spektrem vibrací ASD a životností může být možnost vzniku přírůstku náročnosti hodnocena na základě úrovně ASD pro provoz a prodlouženou životnost. V jiném případě pro objekt namontovaný na vozidle je možné použít celkový počet ujetých kilometrů jako srovnávací základnu pro vibrační prostředí za předpokladu, že vyvolané vibrace jsou během životnosti objektu přibližně stejné.

E.4.4 Existují případy, kdy zpětná analýza pro stanovení přírůstků náročnosti není tak jednoduchá. Například nedostatečně jasná srovnávací základna pro kvantifikaci přírůstků náročnosti může vyžadovat, aby hodnotitel předpokládal jeden nebo několik druhů poruchy jako je únava a tento druh (příp. druhy) použil v etapě 1 hodnocení. Předpokládání nějakého druhu poruchy na stupni 4 etapy 1 je jednoduchý mechanismus pro vyhodnocení přírůstků náročnosti, když jiné možnosti neexistují. To nenahrazuje potřebu přistoupit k úplnému vyhodnocení poruchových stavů na stupni 5 (v etapě 2). Může být také výhodné provést dvě hodnocení s různými porovnávacími základnami s cílem zvýšit spolehlivost závěrů o výskytu přírůstků náročnosti.

E.4.5 K této pomůcce jsou připojeny příklady zpětné analýzy pro prostředí s vibracemi a vysokými teplotami. Jedná se o zjednodušené případy, které hodnotí pouze jedno navozené prostředí, ale ilustrují typické problémy při stanovení porovnávací základny a potřebu zpětné analýzy v etapě 1 procesu. V příloze C a v pomůčkách 602 a 604 jsou uvedeny odkazy na odbornou technickou literaturu z oblastí fyziky poruch, časové komprese a dalších modelovacích metod.

E.5 Typické požadavky na shromáždění informací pro etapu 1

Stupeň 1

- jaký byl původní kvalifikační požadavek na zařízení?
- jaké simulační zkoušky okolního prostředí byly provedeny při ověření kvalifikace zařízení?

Stupeň 2

- jaký byl dosavadní vývoj okolního prostředí při provozu zařízení až do současnosti?
- nastaly v průběhu provozní životnosti nějaké změny konstrukce, hardware, nebo konfigurace zařízení?
- jaké jsou časové průběhy údržby a poruchovosti zařízení?
- jaké simulace okolního prostředí byly provedeny při překvalifikaci nebo výrobních přijímacích zkouškách zařízení?

Stupeň 3

- je k dispozici definované okolní prostředí pro prodlouženou provozní životnost nebo kompletní LCEP?

Stupeň 4

- mohou být informace o původní kvalifikaci a o časovém průběhu životnosti vyjádřeny ve stejném formátu jako informace o navrhovaném prodloužení životnosti? Pokud ne, je nezbytná zpětná analýza nebo transformace datových formátů na společný základ
- jsou k dispozici dostatečně podrobné informace pro učinění konečného závěru na stupni 4? Pokud ne, k umožnění vyhodnocení informací je nezbytná syntéza konstrukce nebo okolního prostředí při dosavadní životnosti.

E.6 Příklad 1 pro zpětnou analýzu – vibrační prostředí

Požadavek na prodloužení životnosti – Elektrický rozvaděč (ER) na pásovém vozidle byl navržen a uznán způsobilým (kvalifikován) pro pásová vozidla před 20 lety a byl zkoušen vibracemi se sinusovým průběhem. ER je elektromechanická hardwarová komponenta pro zabezpečení regulace napětí, spínání elektroniky a jištění elektrických obvodů a je instalován v prostoru pro osádku na vozidle. Navrhuje se prodloužení životnosti ER o dalších 10 let nebo o 30 000 km na téže vozidle nebo na pásovém vozidle s podobnou konfigurací. Vibrační prostředí pro vozidlo je nyní stanoveno jako úzkopásmové vibrace s náhodným průběhem (NBROR) a s náhodným opakováním. Je plánované pokračování použití hardwaru ER přípustné bez úpravy rozvaděče a bez rekvalifikačních zkoušek?

Vyhodnocení v etapě 1 – Tento příklad se zabývá pouze vibračním prostředím a opomíjí odpovědi na některé otázky v etapě 1. Pro hodnocení ER je společnou základnou doba nasazení vozidla při plnění úkolu. Pro porovnání budou původní zkoušky sinusovou vibrací vyjádřeny v provozních hodinách. Pro kompletní hodnocení by bylo potřeba zhodnotit všechny faktory jako teploty okolí a stabilitu EMI/RFI. V návaznosti na výše uvedené obecné otázky zpětné analýzy jsou aktuální informace z průzkumu a zbývající hodnotící otázky a odpovědi následující.

Stupeň 1

Jaký byl původní požadavek na zařízení (ER)?

- původní požadavek specifikuje dvacetiletou životnost zařízení při instalaci na pásovém vozidle. Požadovaná spolehlivost je 99,9 % pro průměrnou dobu provozu (zahrnuje plnění úkolů, výcvik a údržbu) 1 500 hodin ročně.

Jaké simulační zkoušky okolního prostředí byly provedeny při kontrolních zkouškách zařízení?

- jeden ER byl laboratorně zkoušen sinusovými vibracemi s logaritmickým přeladěním ve frekvenčním rozsahu 5 až 500 Hz se zrychlením 5 g (špička - špička) s dobou trvání 500 h ve třech pravoúhlých osách
- jeden ER byl laboratorně zkoušen sinusovými vibracemi na jednotlivých frekvencích 75, 150 a 225 Hz se zrychlením 5 g (špička - špička) s dobou trvání 30 minut ve třech pravoúhlých osách
- spolehlivost a provádění údržby zařízení byly součástí vývojových zkoušek vozidla na jednom vozidle jízdou po zpevněných vozovkách a v terénu různou rychlostí. Nevyskytly se žádné problémy

Příloha E

(informativní)

- jakou ujetou vzdálenost představují sinusové vibrace? (Pomůcka 602 pro časovou dekompresi je aplikována v příloze F).

Stupeň 2

Jaký byl dosavadní průběh podmínek okolního prostředí při provozu zařízení?

- na jakém prostředku byl ER instalován? Na dvou podobných pásových vozidlech
- jaká byla celková doba činnosti a ujetá vzdálenost? Průměrná roční provozní doba při plnění úkolů, výcviku a údržbě je 1 620 h
- jaké bylo rozložení profilu životnosti? Jaká část rozložení by se měla použít?
- v jakých zeměpisných oblastech byla vozidla provozována? Byla používána po celém světě
- jaké jsou odhadované úrovně vibrací při provozu vozidla? Podle aktuálních údajů, které jsou k dispozici je typická úroveň frekvenčního rozsahu 5 až 500 Hz s náhodným výskytem se zrychlením nižším než 2,0 g rms ve svislé ose a nižším než 0,6 g rms ve vodorovné nebo příčné ose
- probíhal provoz a výcvik v mírových nebo válečných podmínkách? V obojích
- byl ER používán pouze v souladu se svým určením? Ano
- existují nějaké speciální okolnosti z hlediska typů nebo odbornosti uživatelů? Ne.

Nastaly v průběhu životnosti nějaké změny konstrukce, hardwaru nebo konfigurace?

- informovat se u programových manažerů, zkušebních techniků nebo u výrobce
- plánovaly se nějaké konstrukční změny pro odstranění problémů s vibracemi? Ne
- byly nějaké konstrukční změny anulovány ověřovacími zkouškami? Nejsou známe
- byly v provozu ER i některého jiného výrobce? Druhý dodavatel zahájil výrobu a dodávky ER za 15 let. U tohoto dodavatele neproběhly ověřovací zkoušky ER
- shodují se obě provedení ER? ER od obou dodavatelů jsou shodné.

Jaké byly intervaly údržby a jak se vyvíjela poruchovost zařízení??

- tyto informace použít pro potvrzení platnosti ověřovacích (kvalifikačních) zkoušek
- pomocí těchto údajů se zaměřit na kritické díly
- nejsou dosavadní poznatky z provádění obsluhy a údržby v rozporu s výsledky vývoje a kvalifikačních zkoušek zařízení?

Logistické a uživatelské informace svědčí o tom, že ER má přijatelnou spolehlivost, ale vyskytují se občasné poruchy elektrických obvodů neznámého původu. Záznamy o údržbě zařízení, u nichž nastaly poruchy, neuvádí konkrétní problémy se spolehlivostí dílčích součástí.

Jaké simulační zkoušky okolního prostředí byly prováděny ve výrobě při přejímce nebo při zkouškách na potvrzení kvalifikace zařízení?

- cyklická funkční zkouška při přejímce sériové výroby byla prováděna laboratorně sinusovými vibracemi s logaritmickým přeladěním ve frekvenčním rozsahu 5 až 500 Hz se zrychlením 5 g (špička - špička) s dobou trvání 24 h ve třech pravouhlých osách
- cyklická funkční zkouška při přejímce sériové výroby byla prováděna laboratorně sinusovými vibracemi na jednotlivých frekvencích 75, 150 a 225 Hz se zrychlením 5 g (špička - špička) s dobou trvání 30 minut ve třech pravouhlých osách.

Stupeň 3

Je k dispozici definované okolní prostředí nebo úplný LCEP pro prodlouženou provozní životnost?

- při údržbě a budoucí modernizaci vozidla se nepředpokládají změny vibračního prostředí vozidla
- odhadovaná roční provozní doba a proběh vozidla v LCEP-3 je stejná jako současná v LCEP-2, tj. 1 620 hodin.

Stupeň 4

Mohou být informace o původní kvalifikaci a dosavadní životnosti vyjádřeny ve stejném formátu jako informace o navrhované prodloužené životnosti?

- převést data z kvalifikace, současné a prodloužené životnosti na bázi doby expozice
- alternativně by bylo možné sladit kvalifikační zkoušky sinusových vibrací s aktuálním vibračním prostředím NBROR, které je charakterizováno úzkopásmovými náhodnými kmity.

Dostačují podrobné informace, které jsou k dispozici k učinění konečného závěru na stupni 4?

- pokud možnost poškození při součtu dosavadní a prodloužené životnosti naznačuje riziko poruchy, jedná se o přírůstek náročnosti
- zvážit všechny zmírňující okolnosti nebo údaje.

Hodnocení doby expozice

V následující tabulce E.1 jsou shrnuty doby expozice ER na stupních 1 až 3 s použitím známých informací a dále uvedených předpokladů.

Předpoklady:

1. Vibrační zkoušky ve třech osách napodobují víceosé působení vibrací. Vypočítaná doba trvání kvalifikační zkoušky 500 h je založena na zkoušení v jedné ose.
2. ER je osazen prvky s typickými elektromechanickými vlastnostmi.
3. Prvotní příčinou poruchy zařízení je únava materiálu.

Ekvivalentní doba působení pro kvalifikační zkoušky přeladovanými sinusovými vibracemi a jednotlivými frekvencemi se počítá podle Minerova pravidla s činiteli materiálu: exponent cyklického namáhání $b = 9$, exponent tlumení $n = 2,4$ a činitel zvětšení zrychlení 2,0.

Tabulka E.1 – Souhrn doby expozice

Stupeň číslo	Zkouška expozice	Ekvivalentní doba [h]	Součtová doba [h]
1	Konstrukční požadavek: 20 let, 1 500 h za rok Kvalifikační zkoušky: - přeladovaný sinusový průběh, špička 5 g, 500 h	N/A 45 225	30 000

Příloha E
(informativní)

Stupeň číslo	Zkouška expozice	Ekvivalentní doba [h]	Součtová doba [h]
	- jednotlivé sinusové frekvence: 75, 150, 225 Hz po 30 min	136	45 391
2	Výrobní zkoušky: přeladovaný sinusový průběh a jednotlivé frekvence Skutečný provoz: 20 let, 1 620 h za rok	2 308 32 400	34 708
3	Provozní životnost: 20 let Prodloužená životnost: 10 let, 1 620 h za rok	34 708 16 200	50 908

Závěr

Doby expozice v tabulce E.1 ukazují, že odpovídající doba expozice přeladovaných a jednotlivých sinusových vibrací 45 391 hodin při kvalifikačních zkouškách ER je delší než návrhová doba 30 000 hodin. Skutečná doba působení za provozu je také delší než 30 000 hodin, avšak podle logistických záznamů na stupni 2 dochází k občasným poruchám elektrických přístrojů. Prodloužené používání ER o 10 let by způsobilo, že doba expozice přesáhne dosavadní ekvivalentní dobu zkoušek – rozdíl je 5 571 hodin nebo přibližně 3 roky.

Na základě předchozích informací se působení vibrací za provozu vozidla po dobu požadovaného prodloužení životnosti o 10 let považuje za přírůstek náročnosti. Rozhodnutí ovlivňují některé faktory. Kvalifikační zkoušky byly provedeny pouze s jedním vzorkem ER, což dává menší spolehlivost výsledků, než kdyby byl zkoušen rozsáhlejší vzorek. Kvalifikační zkoušky nebyly provedeny v regulovaných klimatických podmínkách, aby se prokázala schopnost spolehlivého provozu ER po celém světě.

Další možností je přímé porovnání ekvivalence mezi působením vibrací se sinusovým průběhem a vibrací s náhodným průběhem. To však vede k diskuzím o předpokladech a volbě ekvivalentních výpočtů. Přesná korelace mezi dřívějšími zkouškami se sinusovým průběhem vibrací a moderními zkouškami s náhodným průběhem vibrací je obtížná pro důkaz, že původní zkoušky splňují soudobé prostředí.

E.7 Příklad 2 pro zpětnou analýzu – prostředí s vysokými teplotami

Požaduje se prodloužení životnosti regulátoru napětí instalovaného v motorovém prostoru vozidla, který byl navržen a ověřen pro dvě pásová vozidla T1 a T2 před 20 lety. Navržené prodloužení životnosti regulátoru napětí je 5 let (25 000 km) na pásovém vozidle T2, které bude v provozu v oblasti s vysokou teplotou okolí (50 °C). Je plánované použití regulátoru na vozidle T2 přípustné bez změny konstrukce a nových kvalifikačních zkoušek?

Hodnocení v etapě 1 – V tomto případě byly kvalifikační zkoušky provedeny s ohledem na teploty ve vozidle a neopravňují k posouzení vlivu teploty okolního prostředí. Pomocí zpětné analýzy budou původní konstrukce a informace z kvalifikačních zkoušek hodnoceny z hlediska působení vysoké teploty okolí.

V návaznosti na obecný přehled otázek pro uplatnění zpětné analýzy jsou dále uvedeny aktuální zjištěné informace a zbývající otázky pro hodnocení.

Příloha E
(informativní)

Tento příklad se zabývá pouze postupem při zpětné analýze a většina detailů byla odstraněna. U daného přístroje se předpokládá, že provozní prostředí je náročnější než prostředí při skladování. Další otázky spojené s provedením stupňů 2 a 3 se řeší v pomůcce 605.

POZNÁMKA Dále uvedené desetinné vyjádření teplot je poplatné převodu z °F na °C.

Stupeň 1

Jaký byl původní požadavek na zařízení?

- původní požadavek specifikuje dvacetiletou životnost zařízení při instalaci na dvou pásových vozidlech (T1 a T2) v rozsahu provozních teplot od -51,1 do +121,1 °C a rozmezí relativních vlhkostí 5 až 95 % při teplotách od 59,4 do 4,4 °C. Požadovaná skladovací teplota je od -51,1 do +54,4 °C.

Jaké simulační zkoušky okolního prostředí byly provedeny při kvalifikačních zkouškách zařízení?

- byla provedena zkouška při stálé teplotě 137,8 °C po dobu 3 000 h
- byla provedena zkouška při nepříznivé kombinaci teploty a vlhkosti s trváním 240 h (10 cyklů). Jeden klimatický cyklus obnášel rozmezí teplot 15,6 až 60 °C při relativní vlhkosti 95 %
- byly provedeny zkoušky v neprovozním stavu zařízení při stálých teplotách - 51,1 °C a 54,4 °C po dobu 48 h.

Stupeň 2

Jaký byl dosavadní průběh podmínek okolního prostředí při provozu zařízení?

- na jakém vozidle byl regulátor instalován?
- jaká byla celková doba činnosti a nečinnosti a při jakých teplotách?
- jaké bylo rozložení profilu životnosti? Jaká část rozložení by se měla použít?
- v jakých zeměpisných oblastech byla vozidla provozována?
- jaké byly teploty okolí při provozu regulátoru?
- byl regulátor v činnosti při plnění úkolu a výcviku v mírových nebo válečných podmínkách?
- byl regulátor používán pouze v souladu se svým určením?
- z hlediska typů nebo odbornosti uživatelů neexistují žádné speciální okolnosti.

Nastaly v průběhu životnosti nějaké změny konstrukce, hardwaru nebo konfigurace?

- informovat se u programových manažerů, zkušebních techniků nebo u výrobce
- plánovaly se nějaké konstrukční změny pro odstranění problémů s teplotami?
- byly nějaké konstrukční změny anulovány kvalifikačními zkouškami?
- byl v provozu regulátor napětí i nějakého jiného výrobce?
- shodují se obě provedení regulátorů napětí?

Jaké byly intervaly údržby a jak se vyvíjela poruchovost zařízení?

- tyto informace použít pro potvrzení platnosti kvalifikačních zkoušek
- pomocí těchto údajů se zaměřit na kritické díly
- nejsou dosavadní poznatky z provádění obsluhy a údržby v rozporu s výsledky vývoje a kvalifikačních zkoušek zařízení?

Příloha E

(informativní)

Jaké simulační zkoušky okolního prostředí byly prováděny ve výrobě při přejímce nebo při zkouškách na potvrzení kvalifikace zařízení?

- při přejímce sériové výroby proběhla zkouška při stálé teplotě 137,8 °C po dobu 24 h.

Odpovědi na výše položené otázky jsou obecně použitelné na Desetistupňovou metodu. V tomto příkladu však byly odpovědi jednodušší, poněvadž doba a náročnost činnosti byly menší než konstrukční požadavky na zařízení.

Stupeň 3

Je k dispozici definované okolní prostředí nebo úplný LCEP pro prodlouženou provozní životnost?

- byl realizován program měření teplot na vozidle T2 a naměřená data jsou k dispozici
- byla vyvinuta nová specifikace provozních dat
- je k dispozici odhadovaná roční provozní doba a odpovídající teplota okolí.

Pro použití v tomto příkladu byl z naměřených dat zpracován teplotní profil LCEP-3. LCEP-3 prezentoval extrémní hodnoty a průměrný denní cyklus.

Stupeň 4

Mohou být informace o původní kvalifikaci a dosavadní životnosti vyjádřeny ve stejném formátu jako informace o navrhované prodloužené životnosti?

- převést data z kvalifikace, současné a prodloužené životnosti na ekvivalentní degradaci, např. pomocí Arrheniovy rovnice. Jaká ekvivalence je mezi dobou kvalifikačních zkoušek a provozní dobou? V některých případech udané podmínky okolního prostředí nebudou mít smysl. Tyto případy se musí technicky posoudit a může nastat stav, že se nepoužijí všechny výsledky zkoušek
- alternativní formát použitý v tomto příkladu výhodně používá zdokumentované analytické postupy
- měla by se použít doplňková metoda cyklického namáhání, avšak nejsou k dispozici podrobná kritéria cyklu původních kvalifikačních zkoušek, takže neexistuje srovnávací základna.

Dostačují podrobné informace, které jsou k dispozici k učinění konečného závěru na stupni 4?

- pokud možnost poškození při součtu dosavadní a prodloužené životnosti ukazuje riziko poruchy, jedná se o přírůstek náročnosti
- zvážit všechny zmírňující okolnosti nebo údaje.

Úkolem stupně 4 v tomto příkladu zpětné analýzy je převést data ze stupňů 1 až 3 do společného formátu. Poněvadž LCEP-3 uvádí extrémní hodnoty a čtyřadvacetihodinový cyklus, má logicky následující krok vyjádřit stejným způsobem údaje ze stupňů 1 a 2. Pro řešení potenciálních druhů poruch je potřeba řešit chemické stárnutí a tepelné namáhání. Pro vyhodnocení tepelně mechanického namáhání je rozhodující amplituda teplotních extrémů a počet teplotních změn, zatímco pro vyhodnocení chemického poškození je rozhodující celková doba trvání vysoké teploty (více informací uvádí pomůcky 602 a 604).

Příloha E
(informativní)

Původní zkouška skladování (trvání 3 000 h při teplotě 137,8 °C) a úspěšné odolávání vysokým teplotám po dobu 20 let ukazují, že přírůstky náročnosti by měly pocházet spíše z cyklického tepelného namáhání než ze stálého působení vysokých teplot. Pro zhodnocení těchto namáhání je nezbytné všechna data vyjádřit v nějakém společném použitelném formátu. V tomto příkladu se považuje za společný formát únavové poškození působením tepelně vyvolaného mechanického namáhání a všechna data ze zkoušek a cyklicky působících teplot v průběhu životního cyklu jsou převedena na relativní měření únavového poškození.

Hodnocení tepelně mechanického namáhání

Na stupni 1 při kvalifikačních zkouškách byla získána data z celkově deseti teplotních změn o 44,4 °C. Dodatečně byla provedena jedna zkouška při změně teploty o 54,4 °C a jedna zkouška při změně teploty o 15,6 °C.

Podle logistických zpráv ze stupně 2 spolehlivost regulátoru napětí byla 99 % během 200 dní provozu v pouštní oblasti (21,1 °C až 121,1 °C, 200 cyklů). Doplnkově na jednom vzorku byla zjištěna spolehlivost 90 % během 20 let používání při průměrném teplotním cyklu 15,6 až 104,4 °C a 1 000 cyklech.

Na stupni 3 byly naměřeny extrémní teploty -28,9 °C až 121,1 °C, proběhlo 100 cyklů s nízkými teplotami od -28,9 do 48,9 °C a 400 cyklů s vysokými teplotami od 21,1 do 121,1 °C.

Tyto informace jsou shrnuty v následující tabulce E.2. Písmeno – číselné označení klimatických kategorií ve sloupci Skladování a doprava (např. A2, C0).

Tabulka E.2 – Podmínky skladování a dopravy a nasazení

Stupeň číslo	Skladování a doprava	Nasazení (používání)
1	-51,1 °C po dobu 48 h	137,8 °C po dobu 3 000 h
	54,4 °C po dobu 48 h	15,6 až 60 °C při 95 %, 240 h
2	A2, A3, B2, C0, C1 po dobu 20 let při relativní vlhkosti 90 %	137,8 °C po dobu 24 h LAT
	A2, A3, B2, C0, C1 po dobu 10 let při relativní vlhkosti 99 %	21,1 až 121,1 °C, 200 cyklů
	B3 po dobu 200 dní	15,6 až 104,4 °C, 1 000 cyklů
3	A2, A3, B2, C0, C1 po dobu 5 let při relativní vlhkosti 90 %	extrémy -28,9 až 121,1 °C
	B3 po dobu 200 dní při 90 %	-28,9 až 48,9 °C, 100 cyklů
		21,1 až 121,1 °C, 400 cyklů

Takovou situaci lze posoudit několika odlišnými způsoby, avšak jako základ by se měla použít Miner – Palmgrenova hypotéza kumulativního poškození (detaily jsou uvedeny v pomůcce 602) ke stanovení, zda tepelné namáhání na stupni 2 je dostatečné k pokrytí nového LCEP.

Miner – Palmgrenova analýza používá předpoklady:

Příloha E

(informativní)

Počet cyklů do poruchy pro daný rozsah namáhání lze odhadnout podle rovnice

$$N_i = c \Delta S_i^{-b}$$

Poškození pro rozsah namáhání se může vypočítat jako počet aktuálních cyklů při tomto rozsahu namáhání dělený dovoleným počtem cyklů do poruchy N_i při tomto rozsahu namáhání

$$D_i = \frac{n_i}{N_i}$$

Celkové poškození pro každou podmínku (např. na stupni 3) lze vypočítat jako lineární součet poškození pro každý rozsah namáhání v rámci této podmínky

$$D = \sum D_i$$

Rozsah namáhání je lineárně úměrný teplotnímu rozsahu (viz literatura s pořadovým číslem 20 v příloze C, část 1)

$$\Delta S \approx k \Delta T, \text{ a tedy } N_i = ck \Delta T_i^{-b}$$

Rychlost změny teploty a teplotní rozsah (ΔT) je mezi stupni 1, 2 a 3 přibližně stejný. Použije se materiálová konstanta $b = -5$. To poskytuje konzervativní odhad srovnání a používá se pro malý počet cyklů ($< 1\,000$ cyklů).

Poměrnou míru poškození mezi dvěma podmínkami lze popsat rovnicí:

$$D_1 / D_2 = (n_1 / N_1) / (n_2 / N_2) = n_1 N_2 / n_2 N_1 = n_1 / n_2 * N_2 / N_1 = n_1 / n_2 * (\Delta T_2 / \Delta T_1)^{-b}$$

Lze porovnat ekvivalentní poškození pro každou cyklickou podmínku a nějakou referenční podmínku (např. skupina 400 cyklů na stupni 3). Poškození pro každý stupeň může být sečteno a porovnáno se součtovým poškozením na stupni 3.

Tabulka E.3 – Poškození při tepelném cyklu

Stupeň číslo	Cyklování teplot	Poškození vzhledem ke 400 cyklům na stupni 3
1	teplota okolí -51,1 °C po dobu 48 h (1 cyklus)	0,00049
	teplota okolí 54,4 °C po dobu 48 h (1 cyklus)	0,00001
	15,6 až 60 °C, 10 cyklů	0,00043
2	21,1 až 121,1 °C, 200 cyklů	0,5
	15,6 až 104,4 °C, 1 000 cyklů	1,387
3	-28,9 až 48,9 °C, 100 cyklů	0,071
	21,1 až 121,1 °C, 400 cyklů	1,000

Tabulka E.4 – Souhrn tepelného poškození

Stupeň číslo	Celkové relativní poškození	Poškození vzhledem ke stupni 3
1	0,00093	0,00087
2	1,887	1,762
3	1,071	1,000

Tabulky prokazují, že zkoušky na stupni 1 nedostačují k řešení požadavků na stupni 3, avšak úspěch na stupni 2 ukazuje, že regulátor napětí má výrazně delší životnost (při cyklických teplotách) než se požaduje na stupni 3. Nové nebo stávající regulátory napětí s provozní životností menší než extrémní příklady uvedené na stupni 2 splní požadavky na prodloužení životnosti na stupni 3. Podobné posouzení tepelné a chemické degradace lze provést pomocí Arrheniových rovnic.

Závěr

V tomto příkladu byl pomocí zpětné analýzy učiněn závěr, že tepelné prostředí nevytváří přírůstek náročnosti. Pokud nebyly zjištěny jiné přírůstky náročností, může se použít výstupní kritérium 1.

Příloha F
(informativní)

Pomůcka 602 – Časová komprese (urychlení plynutí času)

F.1 Rozsah

Tato pomůcka se zabývá běžně používanými metodami časové komprese a poskytuje návod a omezení pro provedení zpětné časové komprese za účelem odhadu původních naměřených provozních hodnot (viz pomůcka 601) nebo poskytnutí společné časové základny při srovnání různých prostředí. Obsahuje odkazy na dostupné bibliografické informace a ČOS 999933, kapitola 2310 a ČOS 99906, kapitola 2410. Uvádí příklady podmínek prostředí, kdy je použití časové komprese vhodné a kdy vhodné není.

F.2 Definice a okolnosti

Časová komprese je proces zvyšování míry degradace vojenského materiálu kvantitativním způsobem. Cílem je zkrátit dobu zkoušek zvýšením náročnosti prostředí pomocí fyzikální metody, která zachovává správné mechanismy vzniku poruchy, aniž by to vyvolalo další poruchy. Při správném použití je časová komprese vratný proces (tj. míru degradace lze zvýšit nebo snížit).

Jak je uvedeno v článku 9.4.3, metody časové komprese a dekomprese jsou potřebné pro podporu porovnání úrovní. Dále podle odstavce 9.8.2 jsou potřebné technické postupy pro přizpůsobení náročnosti zkoušek tak, aby zkouška byla ekonomická. Tato metoda je nedílnou součástí procesu zpětné analýzy.

F.3 Omezení

Při zvažování použití metod časové komprese je třeba vzít v potaz následující omezení a upozornění:

- náročnost některých podmínek při zkouškách nebyla původně stanovena s ohledem na použití časové komprese, a proto takové podmínky nejsou vratné
- dokumentace původní časové komprese nemusí být k dispozici, a tudíž předpoklady a používané technické postupy nemusí být pochopeny
- u druhů poruch, které lze přesně předvídat, není vždy dostatečně vystižen vztah mezi fyzikálními mechanismy vzniku poruch a časovou kompresí
- návaznost technických postupů časové komprese použitých pro některé zkušební programy může být neznámá
- složitost zařízení je taková, že je obtížné vytřídit vhodné druhy poruch pro časovou kompresi
- je třeba zajistit, aby zvýšení amplitud namáhání za účelem zkrácení doby zkoušení nezměnilo druh poruchy.

F.4 Časová komprese – mechanická prostředí

F.4.1 Obecně

Časovou kompresi lze dosáhnout v dynamickém mechanickém prostředí pomocí metod frekvenčních oblastí a časových oblastí. Obě jsou založeny na ekvivalentní únavě mezi provozním a zkušebním prostředím a jsou založeny na formách Miner-Palmgrenovy hypotézy kumulace poškození. Ve frekvenční oblasti se časová komprese obvykle provádí prostřednictvím aplikace "faktoru zveličení", zatímco metoda komprese v časové oblasti je známa jako "editace únavy". Metoda frekvenční

Příloha F
(informativní)

oblasti zachovává spektrální obsah (a tím i přenosovou funkci systému, probíhá-li správně), ale předpokládá, že namáhání materiálu v celém spektru je přímo úměrné zrychlení. Je vhodná v situacích, kdy porucha může nastat v určité vzdálenosti od místa měření (např. na desce plošných spojů v rozhlasovém přijímači, kde se měření provádí na vstupu do přijímače). Editace únavy nezachovává frekvenční obsah dat a je obecně použitelná pro zkoušení stejné komponenty, na níž bylo měřeno mechanické napětí (např. zavěšení ramena nápravy vozidla v provozu a při laboratorních zkouškách).

F.4.2 Metoda frekvenční oblasti

F.4.2.1 Vojenský materiál je vhodnější zkoušet v reálném čase, aby působení provozních podmínek bylo simulováno co nejučinněji. Avšak v mnoha případech nelze zkoušky v reálném čase provést z důvodu vysokých nákladů, a proto je obvyklé používat přijatelný algoritmus zkrácení doby zkoušek zvýšením amplitudy zkoušek. Za předpokladu, že při zkouškách je únava významným potenciálním kritériem pro vznik poruchy vojenského materiálu lze zkrácení akceptovat při dodržení přísných omezení. Zejména je nutné, aby zkušební amplitudy nepřekročily stanovené již tak náročné (nebo zrychlené) hodnoty k jednoduchému zkrácení doby zkoušky. Nadměrné amplitudy mohou vyvolat vznik nedostatečně reprezentativních poruch a způsobit, že dodavatelé místo toho, aby vojenský materiál vyhovoval v provozních podmínkách, ho budou konstruovat tak, aby splnil subjektivní zkoušky. Proto jakékoli zkrácení doby zkoušky musí být omezeno na zvýšení zkušební amplitudy pouze na mezní náročnost odvozenou z provozních podmínek. V rámci tohoto omezení obvykle existuje značný prostor ke zkrácení trvání zkoušky.

F.4.2.2 Nejpoužívanější metodou pro výpočet zkrácení doby zkoušky je Miner-Palmgrenova hypotéza, tj.

$$\frac{t_1}{t_2} = \left[\frac{S_2}{S_1} \right]^n \quad \text{rovnice (1)}$$

kde t_1 = ekvivalentní doba zkoušky
 t_2 = provozní doba za specifikovaných podmínek
 S_1 = náročnost (rms) za zkušebními podmínkami
 S_2 = náročnost (rms) za provozními podmínkami
 n = sklon únavové křivky S/N pro příslušný materiál; obvykle se používá hodnota 5

F.4.2.3 Protože se vibrační prostředí většinou vyjadřuje výkonovou spektrální hustotou, používá se rovnice (1) ve tvaru:

$$\frac{t_1}{t_2} = \left[\frac{W(f)_2}{W(f)_1} \right]^{n/2} \quad \text{rovnice (2)}$$

kde t_1 = ekvivalentní doba zkoušky
 t_2 = provozní doba za specifikovaných podmínek
 $W(f)_1$ = funkce výkonové spektrální hustoty (PSD) za zkušebními podmínkami
 $W(f)_2$ = funkce výkonové spektrální hustoty (PSD) za provozními podmínkami

Příloha F

(informativní)

n = sklon únavové křivky S/N pro příslušný materiál; obvykle se používá hodnota 5

F.4.2.4 V mnoha případech tyto rovnice nabízí uspokojivé řešení, avšak měly by se používat obezřetně. Některé metody popisu stupňů náročnosti vibrací, zejména PSD nemusí nutně při laboratorních zkouškách vyvolat stejnou odezvu jako za provozních podmínek.

F.4.3 Metoda časové oblasti

Metoda časové komprese pracující s údaji časové oblasti je také založena na ekvivalenci únavy, ale místo zveličené amplitudy používá proces editace únavy. Tato metoda se uplatňuje na údaje naměřené při mechanickém napětí místo při zrychlení. Metoda počítání cyklů jako „deště“ se provádí s údaji časových řad a hodnota, při níž nastalo poškození únavou, se vypočítá z výsledků histogramu deště. Proto je možné přiřadit hodnotu únavového poškození k různým zkušebním podmínkám nebo k různým úsekům dlouhého datového záznamu. Časová komprese se dosáhne tím, že se odstraní všechny zkušební podmínky nebo úseky datového záznamu, které nepřispívají k celkovému únavovému poškození. Editované úseky celkového souboru dat se pak spojí a vytvoří časově omezený záznam, který odpovídá původnímu záznamu s únavovým poškozením.

F.5 Časová dekomprese – mechanická prostředí

Je důležité si uvědomit, že časová dekomprese je platná pouze v případě, že mechanismy poruchy nejsou ovlivněny dekompresí a že rychlost změny degradace mezi komprimovanými a nekomprimovanými hodnotami je předvídatelná. To bude platit jen v omezeném rozsahu dekomprese s nevýznamnými nelinearitami. Například nelineární (dynamicky) spojky a drnčící komponenty nejsou vhodnými kandidáty pro dekompresi, ledaže jsou dobře známy maximálně ovlivněné naměřené údaje.

Při pokusu o dekompresi je třeba věnovat pozornost plánování zkoušek. Není moudré dekomprimovat do bodu, v němž jsou dekomprimované výsledky méně závažné, v části kmitočtového spektra, kde nejsou maximálně ovlivněná změřená data.

F.6 Časová komprese – klimatická prostředí**F.6.1 Obecně**

S ohledem na teplotu a vlhkost v přírodním prostředí je doba trvání expozice většiny materiálů taková, že zkoušky v reálném čase nejsou možné. Proto zkoušky působení těchto prostředí jsou prakticky proveditelné jedině pomocí nějaké formy časové komprese. Časovou kompresi působení klimatických podmínek je možné dosáhnout tam, kde je jeden dominantní mechanismus chemické degradace materiálu součástí, který je závislý na teplotě nebo na teplotě a vlhkosti. Existuje mnoho forem modelu časové komprese a jejich využitelnost je závislá na dominanci určitých aspektů probíhajících chemických reakcí.

Všechny modely jsou v podstatě založeny na exponenciálním vztahu, v němž je exponentem aktivační energie (E_a - minimální množství energie potřebné k aktivaci reakce). Není-li aktivační energie dominantního mechanismu v materiálu známa, pak

Příloha F
(informativní)

časovou kompresi nelze dosáhnout. Touto formou časové komprese mohou být odpovídajícím způsobem simulovány známé degradační mechanismy jako úbytek stabilizátoru v pryži ($E_a = 100+$ kJ / mol), oxidace ($E_a = 76-96$ kJ / mol), migrace změkčovadla v plastických hmotách ($E_a = 75-85$ kJ / mol) a difúze vlhkosti ($E_a = 70$ kJ / mol). Kompresi lze vypočítat, protože vztah mezi teplotou a časem je log-lineární. To bude platit jen ve velmi úzkém rozsahu teplot. Kompresní modely, které přesahují tento teplotní rozsah, jsou nevhodné buď z důvodu přirozené nelinearity v materiálu, jako jsou skokové změny (např. skelný přechod, tavení) nebo protože uvažovaný degradační mechanismus při těchto teplotách již není dominantní.

F.6.2 Arrhenius-Berthelot-Eyringův vztah

Běžně používaný model časové komprese původně odvodil Berthelot z Arrheniovy rovnice. Rovnice (3) představuje jeho nejužitečnější tvar a obsahuje také součinitel vlhkosti uvažovaný Eyringem:

$$K = \frac{t_1}{t_2} = e^{\frac{-E_a}{R[T_1]}} \times e^{\frac{E_a}{R[T_2]}} \times f(H) \quad \text{rovnice (3)}$$

kde K = poměr zkušební a přirozené doby
 t_1 = komprimovaná doba
 t_2 = přirozená doba
 E_a = aktivační energie
 R = plynová konstanta (je rovna 0,0083143, pokud E_a je udána v kJ/mol)
 T_1 = průměrná (racionalizovaná) teplota během zkoušky / časové komprese
 T_2 = průměrná (racionalizovaná) teplota v přirozeném prostředí
 $f(H)$ = funkce nebo součinitel vlhkosti. Výchozí hodnota je 1 (viz odkaz 8 v příloze C)

Výraz $f(H)$ představující modifikující funkci nebo součinitel vlhkosti materiálu je obvykle neznámý. Počítá se s ním jen tehdy, je-li znám a byl experimentálně ověřen.

V mnoha aplikacích tento model poskytuje dostatečně krátkou dobu trvání zkoušky bez překročení teplotního rozmezí platného pro studované chemické procesy. Je však třeba jej používat pečlivě a neměl by být aplikován bez dobré znalosti všech základních chemických a biologických procesů ve všech použitých materiálech.

Tento model a většina ostatních empirických modelů časové komprese by neměly být použity pro žádný materiál, pokud teploty T_1 nebo T_2 jsou menší než 10 °C nebo větší než 80 °C, jinak výsledky budou v lepším případě zavádějící a v horším případě nebezpečné. Při použití některých metod je potřebná referenční teplota. Referenční teplota musí být vždy vyšší nebo nižší než obě teploty T_1 a T_2 a měla by zůstat v teplotním rozsahu stanoveném studovaným degradačním procesem.

F.6.3 Racionalizace

Při velmi zjednodušujících podmínkách všechny běžně používané modely časové komprese kladou rovnítko mezi celkovou energií předanou materiálu v reálných prostředích a celkovou energií předanou při zkouškách. Teplotu a čas si lze představit jako dvě strany obdélníku a energii jako plochu takového obdélníku. Modely porovnávají obdélníky, a pokud mají stejnou plochu, pokládá se celková degradace materiálu za stejnou. Protože se jedná o případ, v němž v posuzovaném

Příloha F

(informativní)

období nastává kolísání teploty, je racionální uvést jednu teplotu, která se v modelech použije.

Data musí být kompletní a mít formát, který pomocí dostatečně malých časových kroků poskytne dostatečný popis průběhu prostředí, v němž byly pořízeny. Pak mohou být data racionalizována použitím Arrheniovy rovnice pro každý jednotlivý časový krok a výpočtem průměru ze všech výsledků před zpětným převodem na racionalizovanou teplotu. Protože však data nejsou vždy pro tuto metodu dostačující, jako měřítko poklesu je často třeba v modelu použít maximální, střední nebo střední hodnotu maximální teploty. Použitá hodnota bude záviset na aplikaci, materiálu a důvěryhodnosti dostupných dat (viz ČOS 99933, kapitola 2310 pro úplný popis racionalizace dat o teplotě a vlhkosti).

F.6.4 Celodenní cyklování, pevná teplota a stárnutí při zhoršených podmínkách

V přirozeném prostředí je cyklus teploty vzduchu rozdílný ve dne a v průběhu celých 24 hodin. Obecně platí, že je chladněji za tmy, teplota trvale stoupá k odpolednímu vrcholu a pak opět klesá, přičemž průběh teploty se zpožďuje za relativním pohybem slunce. Nejčastěji používané klimatické modely časové komprese neodpovídají cyklování s délkou cyklu 24 hodin. Avšak aplikace výše popsané mechanické metody časové oblasti může být použita ve spojení s podobným tepelným modelem, pokud aplikace vyžaduje takovou úroveň detailů. Bez ohledu na modely je vhodné do každého testovacího programu zařadit cykly s délkou 24 hodin. Změny teploty mohou odhalit skutečné slabé stránky materiálu v souvislosti s rozdílnou rozpínavostí a difúzí plynu, které by se neprojevíly při jediné, racionalizované teplotě. Avšak tyto mechanismy vzniku poruchy jsou citlivé na rychlosti změn teploty, stejně jako celková předaná energie, protože cykly 24 hodin by se neměly odlišovat od cyklů probíhajících v přirozeném prostředí. Často se zjistí, že nejúčinnějším profilem pro časovou kompresi je cyklus „1 % maximum“ pro nejteplejší klimatickou oblast, v níž se materiál bude nacházet.

Stárnutí při působení stálé teploty by se mělo většinou používat pouze pro reprezentaci dlouhodobého skladování nebo skladů s řízenou teplotou. Není vhodné pro simulaci skladování nebo použití ve zcela přírodním prostředí, protože neprověřuje materiál tepelně-mechanicky. Preferovaným způsobem zkoušek s časovou kompresí by měl být cyklus s délkou 24 hodin, ledaže je zcela objasněn mechanismus u zvláště citlivého materiálu na teplotní cyklování.

Ve zkouškách, kde je nezbytná časová komprese/dekomprese není vhodné používat teplotní cyklování s přitěžujícími podmínkami. Zvláště náročné cykly, při nichž rychlost změny nebo maximální (minimální) teplota (nebo vlhkost) přesahuje přirozenou maximální úroveň nelze komprimovat / dekomprimovat, protože neexistuje přímé srovnání mezi komprimovanými a dekomprimovanými profily. Zvláště náročné cykly jsou opravdu vhodné pouze pro předběžné zkoušení nebo experimentování, kde vlastnosti materiálu jsou ve stadiu ověření normovaných hodnot, před použitím v novém systému.

F.7 Časová dekomprese – klimatická prostředí

Je důležité si uvědomit, že stejně jako u časové komprese je časová dekomprese platná pouze v rozmezí vhodných teplot a je-li známo, že převažující mechanismus degradace zůstane stejný při kompresi i dekompresi.

Pokus o dekompresi zkušebního profilu je třeba provádět pečlivě. Vždyť pokud je slepičí vejce ohříváno při 95 °C po dobu 10 minut, výsledkem je vajíčko natvrdo. Pokud by stejné vejce bylo ohříváno při 37 °C po dobu tří týdnů, výsledkem by bylo pobíhající kuře.

Pomůcka 603 – Přírůstková akvizice

G.1 Rozsah

Přírůstková akvizice umožňuje začlenění plánovaných modernizací do programů pořizování vojenského materiálu, u něhož se očekává technický pokrok v průběhu provozní životnosti systému a využití technických zlepšení by mělo mít významné přínosy z hlediska bezpečnosti nebo výkonu. Tato činnost se musí provádět v co nejranější fázi programu pořízení a nesmí se zaměřovat se střednědobou modernizací, které se vztahuje na zařízení, které je již v provozu.

Tato pomůcka obsahuje návod na vhodnou strategii pro přírůstkovou akvizici vojenského materiálu, a jak Desetistupňová metoda může podporovat řízení tohoto procesu.

G.2 Použitelnost

Pomůcka je použitelná pro všechny programy pořizování vojenského materiálu, v nichž se od počátku plánují významné vývojové úpravy, které nastanou během životnosti systému vojenského materiálu.

G.3 Okolnosti

Přírůstková akvizice může být velmi užitečná u programu pořízení, jehož cílem je zkrátit čas potřebný k zavedení nových klíčových technologií do provozu. Přestože sama o sobě nepředstavuje požadavek prodloužené životnosti, je uvážlivé zapůjčit si pro řízení tohoto procesu nástroje Desetistupňové metody.

Každý nový program, který obsahuje přírůstkovou akvizici, by měl přijmout zásady Desetistupňové metody od samého počátku. Tedy vojenský materiál by měl být vyvinut a kvalifikován v uznané formě technického zvládnutí okolního prostředí a procesu řízení. Dokonce i v jiných případech by mělo být možné použít tento proces pro každou technicky spolehlivou metodiku opětovného nakonfigurování příslušných informací tak, aby se uvedly do souladu s Desetistupňovou metodou podle tohoto ČOS.

Za předpokladu, že nejsou uplatněny žádné změny funkce nebo nasazení, přírůstky náročnosti na stupni 4 budou v podstatě původním profilem okolního prostředí pro životní cyklus (LCEP), ale může být zkrácena požadovaná životnost. Pokud jsou uplatněny změny funkce nebo nasazení, měly by následovat změny LCEP a být dodržovány pokyny uvedené v pomůcce 607.

Přírůstková akvizice umožňuje plánovaným způsobem modernizovat zařízení z původního provedení se specifikovanými minimálními přijatelnými provozními vlastnostmi na eventuální dosažení cílových provozních vlastností, čímž:

- se snižují rizika ve srovnání s riziky u tradičních metod pořízení, u nichž jsou velká zlepšení parametrů uskutečněna v jediném hlavním technologickém kroku a snižuje riziko dodání zastaralého zařízení a překročení nákladů
- umožňuje vývoj a uvedení systémů do provozu, které budou obsahovat vyvíjející se technologie a dá je k dispozici, čímž urychluje zavádění nových technologií do provozu

Příloha G
(informativní)

- u velmi rychle se rozvíjejících technologií (např. projekty s velkým podílem softwaru) umožňuje vývoj systémů s otevřenou architekturou pro maximální využití nových vhodných případů.

Přírůstková akvizice plánovaná od počátku je zcela odlišná od modernizace stávajícího zařízení během jeho životnosti. Takové modernizace se řeší běžnými postupy akvizičního cyklu a vznikají tak, že po přezkoumání všech dostupných možností lze požadavek na zlepšení parametrů nejlépe splnit modernizací provozovaného zařízení. Tyto aktivity jsou plánovány, schvalovány a prováděny jako projekty podle vlastních předpisů.

Pro nástin ukázky použití tohoto přístupu je uveden příklad pro obecnou letounovou raketu středního dosahu (MRAAM).

G.4 Důsledky a omezení

Při zvažování pořízení vojenského materiálu pomocí přírůstkové akvizice je nutné řešit následující otázky:

- vojenský materiál musí být konstruován tak, aby bylo usnadněno provádění jeho modernizací
- od samého začátku musí být uvažovány všechny potenciální interakce mezi modernizovaným a původním systémem, například hmotnost, těžiště, elektrické napájení, software, rozhraní, atd.
- bude se muset prokázat, do jaké míry modernizace splňuje požadavky na systém z hlediska výkonu, bezpečnosti, okolního prostředí, životnosti atd.
- požadavky na životnost jednotlivých subsystémů mohou být nižší než na celkovou životnost systému
- musí se zavést řízení zásob a postupy sledování majetku, a tím zajistit, že jsou k dispozici informace o veškerém majetku a jeho složkách ve standardní struktuře a z historie používání
- řízení programu modernizace může pomoci kolísání nákupu raket v průběhu několika let.

Příklad – Raketový systém MRAAM

Požadavek

Požaduje se zavést raketu se schválenými základními parametry a počáteční životností systému 10 let (s budoucím prodloužením na 15 let).

Plánované modernizace jsou: zdokonalení zaměřovače po 3 letech provozu, zdokonalení jednotky zajištění a odjištění (SAU) po 6 letech provozu a vylepšení motoru rakety po 8 letech provozu.

Přehled plánovaného harmonogramu je uveden v tabulce G.1.

Koncepce a konstrukce

Jsou zpracovány uživatelské požadavky a požadavky na systém a je rozhodnuto o pořízení systému MRAAM pomocí přírůstkové akvizice.

Požaduje se zapojení průmyslu a byl vybrán jediný dodavatel.

Příloha G

(informativní)

Základní parametry

Schopnost raketového systému plnit požadavky na bezpečnost, výkonnost, okolní prostředí a životnost je posuzována pomocí zásad Desetistupňové metody.

Všechny prvky systému jsou certifikovány / ověřeny / schváleny jako bezpečné a provozuschopné. (To lze dosáhnout přidělením počáteční životnosti - např. 5 let - pro každý prvek s postupným zvyšováním životnosti na základě dalšího zkoušení, sledování a hodnocení).

První akviziční přírůstek (po 3 letech provozu)

V souladu s dohodnutými časovými lhůtami byl vyvinut zdokonalený zaměřovač. Následuje ukázka prokázání schopnosti jednotky plnit výkonnostní a integrační požadavky a program posouzení okolního prostředí a životnosti. Toho se dosáhne pomocí Desetistupňové metody upravené následovně:

- Stupeň 1 Původní LCEP byl určen v koncepční a konstrukční fázi
 - Stupeň 2 Nepoužit
 - Stupeň 3 Připravit LCEP pro zbývající životnost rakety vycházející z původního LCEP
 - Stupeň 4 Přírůstky náročnosti pro zaměřovač jsou vlastně výstupem stupně 3
 - Stupeň 5 Identifikovat možné druhy poruch pro jednotku zaměřovače a určit, které vyvolávají potenciálně kritické případy
- Stupně 6 až 9 jsou stejné jako u standardní Desetistupňové metody
- Stupeň 10 Vyhodnotit výsledky úkolů a vystavit osvědčení o životnosti pro jednotku zaměřovače s hodnocením, do jaké míry je splněn požadavek na prodloužení životnosti.

V tomto případě jsou nutné dodatečné zkoušky pouze v omezeném rozsahu a osvědčení o životnosti je založeno především na analýzách a odhadech.

Druhý akviziční přírůstek (po 6 letech provozu)

V souladu s dohodnutými časovými lhůtami byla vyvinuta zdokonalená jednotka SAU, ale integrační problémy vedly k menším úpravám mechanické konstrukce. Po schválení těchto úprav se program posouzení okolního prostředí a životnosti provádí podle následující upravené Desetistupňové metody:

- Stupeň 1 Původní LCEP byl určen v koncepční a konstrukční fázi
 - Stupeň 2 Nepoužit
 - Stupeň 3 Připravit LCEP pro zbývající životnost rakety vycházející z původního LCEP
 - Stupeň 4 Přírůstky náročnosti pro SAU jsou vlastně výstupem stupně 3
 - Stupeň 5 Identifikovat možné druhy poruch pro SAU a určit, které vyvolávají potenciálně kritické případy
- Stupně 6 až 9 jsou stejné jako u standardní Desetistupňové metody

Příloha G
(informativní)

Stupeň 10 Vyhodnotit výsledky úkolů a vystavit osvědčení o životnosti pro SAU s hodnocením, do jaké míry je splněn požadavek na prodloužení životnosti.

Vzhledem k tomu, že SAU obsahuje energetické komponenty a plní primární bezpečnostní funkci v konstrukci rakety, je zapotřebí přísnější postup včetně provedení důležitých zkoušek. To zahrnuje povinné zkoušky bezpečnosti, zkoušky výkonu a spolehlivosti, zkoušky simulace LCEP a dále zrychlené stárnutí k posouzení životnosti energetických komponent.;

Třetí akviziční přírůstek (po 8 letech provozu)

Byl vyvinut zlepšený raketový motor, ale zpoždění programu znamená, že program prodloužení životnosti původního motoru se prodlužuje do konce desátého roku. Tato část prodloužení životnosti se provádí v souladu se standardní Desetistupňovou metodou.

Po vyřešení problémů zlepšeného raketového motoru se dále postupuje v souladu s výstupy upravené Desetistupňové metody:

Stupeň 1 Původní LCEP byl určen v koncepční a konstrukční fázi

Stupeň 2 Nepoužit

Stupeň 3 Připravit LCEP pro zbývající životnost rakety vycházející z původního LCEP

Stupeň 4 Přírůstky náročnosti pro raketový motor jsou vlastně výstupem stupně 3

Stupeň 5 Identifikovat možné druhy poruch pro raketový motor a určit, které vyvolávají potenciálně kritické případy

Stupně 6 až 9 jsou stejné jako u standardní Desetistupňové metody

Stupeň 10 Vyhodnotit výsledky úkolů a vystavit osvědčení o životnosti pro raketový motor s hodnocením, do jaké míry je splněn požadavek na prodloužení životnosti.

Vzhledem k množství energetického materiálu (paliva) v raketovém motoru a následkům možné nehody se vyžaduje striktní dodržování postupu včetně důležitých zkoušek. Osvědčení o životnosti raketového motoru platí pro celou zbývající životnost rakety (tj. do 15 let).

Prodloužená životnost (po 10 letech provozu)

V desátém roce byly dokončeny všechny modernizace a zásoby raket sestávají pouze z jednoho standardního provedení. Požadavek prodloužení životnosti energetických komponent na 15 let byl splněn přímým použitím standardní Desetistupňové metody ve dvou fázích (viz tabulka G.1). Je třeba si však uvědomit, že v tomto případě zlepšený raketový motor nevyžaduje prodloužení životnosti.

Tabulka G.1 – Plánovaný harmonogram přírůstkové akvizice rakety MRAAM

Fáze přírůstkové akvizice	Raketový systém – roky provozu															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Stanovení základních parametrů	•															
Uvedení do provozu	•															
První akviziční přírůstek - vývoj		•	•													
První akviziční přírůstek – ukázka a ověření			•	•												
První akviziční přírůstek – uvedení do provozu				•												
Druhý akviziční přírůstek - vývoj					•	•										
Druhý akviziční přírůstek - ukázka a ověření						•	•									
Druhý akviziční přírůstek – uvedení do provozu							•									
Třetí akviziční přírůstek - vývoj							•	•								
Třetí akviziční přírůstek - ukázka a ověření								•	•							
Třetí akviziční přírůstek – uvedení do provozu									•							
Prodloužení životnosti – fáze 1											•					
Prodloužení životnosti – fáze 2														•		
Vyřazení z provozu																•

POZNÁMKA Harmonogram předpokládá, že sada raket je zakoupena v roce 0.

Pomůcka 604 – Fyzika poruchy

H.1 Rozsah

Cílem pomůcky 604 je poskytnout návod na použití metod fyziky poruchy (FP) ke zjištění, zda podmínky okolního prostředí s přírůstkem náročnosti uspíší vznik kritických poruch založených na požadavcích prodloužení životnosti.

H.2 Definice

Fyzika poruchy je matematické vyjádření vztahu mezi vlivy okolního prostředí a mechanismy poruchy. Tento přístup modeluje základní příčiny poruch, jako jsou únava, lom, opotřebenění a koroze.

H.3 Okolnosti

Pro řešení různých mechanismů a polohy porušení materiálu byly vyvinuty nástroje počítačem podporované projektování (CAD). FP poskytuje možnost určit míru již spotřebované "životnosti" z poměrné doby provozu systému v určitém prostředí a míry nahromaděného poškození.

Pro účinné uplatnění strategie prodloužení životnosti bude muset technik znát nejen příslušný mechanismus poruchy, která byla předpovězena pomocí modelů FP, ale také skutečné provozní podmínky, jejichž působení je systém vystaven. Je proto nutné vytvořit metodiku procesu FP, která zajistí, že pro modely únavy a opotřebenění FP jsou nebo byly shromážděny správné provozní údaje a údaje o okolním prostředí. To je důležité, protože:

- poruchy jsou časově a amplitudově závislé, proto není možné provést rychlé posouzení
- proces FP vymezuje úroveň působení okolního prostředí na součást, která byla určena jako kritická
- proces FP umožní zaměřit se na kritické podmínky okolního prostředí (vyskytují se v misích)
- proces FP sdružuje synergické efekty (například působení teploty, vlhkosti a vibrací)
- proces FP umožňuje vyhodnocení alternativních konstrukčních řešení nebo metod zmírnění vlivů okolního prostředí
- proces FP poskytuje kvantitativní odpověď - nejen vyhovuje nebo nevyhovuje.

H.4 Omezení

Omezení tohoto přístupu k problému jsou:

- modely jsou spíše deterministické než stochastické
- modely musí být ověřeny zkouškami
- modely nemohou opakovat zpracování výstupů.

Příloha H
(informativní)

H.5 Vztah k ČOS 399007

V článku 9.5.6 v ČOS 399007 se požaduje použití procesů fyziky poruch k vyčíslení vztahu mezi podmínkami okolního prostředí a potenciálně kritickými druhy poruch.

H.6 Příklad procesu fyziky poruchy

Fyzika poruchy je proces, který se zabývá mechanismy základních příčin a hnacími silami odpovědnými za poruchy zařízení. Mechanismy mohou obsahovat přerušení elektrického kontaktu nebo strukturní degradaci následkem koroze, mechanické napětí v materiálu následkem dynamických nebo tepelných vlivů, úbytek materiálu způsobený otěrem nebo nedostatečným mazáním a tepelně vyvolané změny stavu materiálu (tento výčet není úplný). Následující příklad procesu FP použitý pro strategii prodloužení životnosti řeší pouze únavovou poruchu kovového materiálu následkem působení drsného dynamického prostředí.

Příklad procesu fyziky poruchy

Obecně

Cílem tohoto příkladu je ukázat vývoj procesu výpočtu spotřebované životnosti (tj. kumulovaného poškození) kritické součásti vojenského přívěsu. Proces je založen na modelování vibrace přívěsu počínaje modelem vhodného terénu. Konkrétní kroky v tomto procesu se rozvíjejí a obsahují analýzu FP pro výpočet poškození přívěsu následovně:

- vývoj pevných a pružných modelů dynamické analýzy a návrhu systému přívěsu (DYNAMIC)
- vývoj modelu konečných prvků (MKP) přívěsu
- různá fyzikální měření na přívěsu pro získání vstupů modelu a jejich ověření
- dynamická měření a analýzy přívěsu ke stanovení časového vývoje zrychlení a mechanického namáhání na vybraných druzích terénu
- prognóza životnosti oje přívěsu (nejslabší část přívěsu) pro každý druh terénu.

Výběr kritických komponent je kombinací nejméně spolehlivých komponent a komponent, které jsou rozhodující pro funkčnost zařízení. Pro proces výběru lze použít kombinaci obecné technické analýzy, minulého případu a údajů ze zkoušek. Nejsou-li k dispozici údaje z dřívějška, může se technická analýza provést pomocí známých vlivů okolního prostředí (např. vibrace a nárazy tažného vozidla, voda a terénní podmínky). Ke stanovení vysoce namáhaných částí přívěsu lze použít zjednodušenou analýzu konečných prvků.

Modelování procesu a modely

Činnost při modelování a simulaci zahrnuje několik technických oborů, včetně:

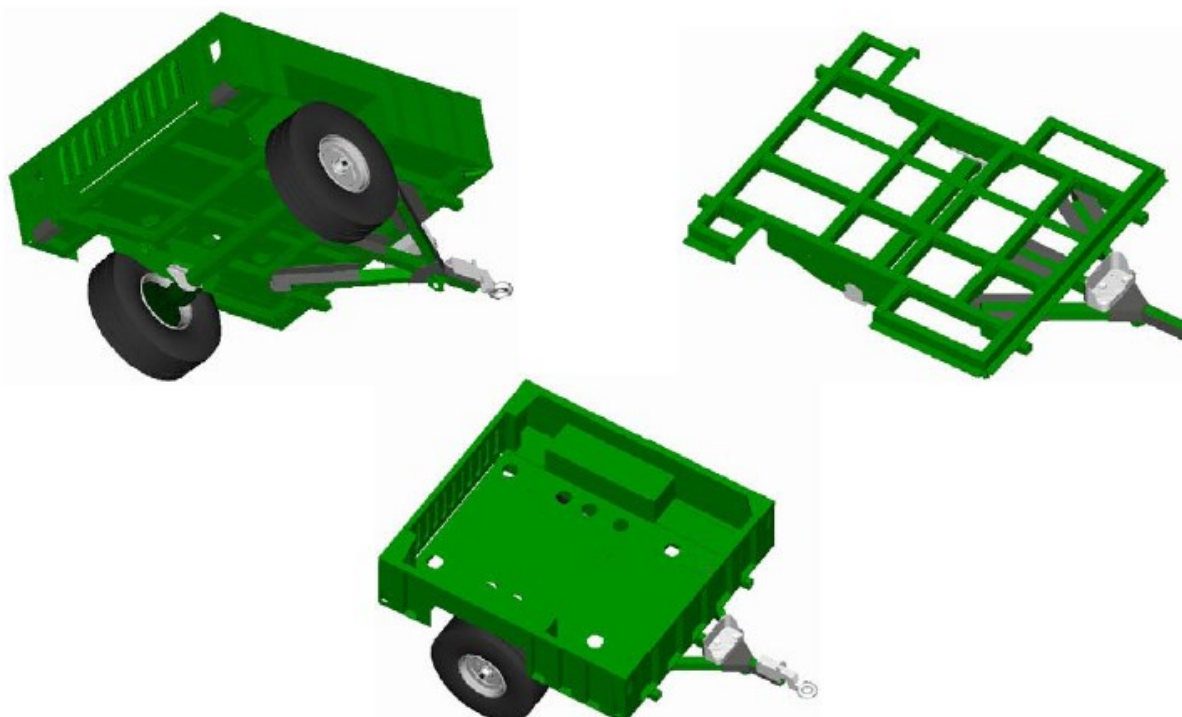
- počítačem podporovaného (CAD) trojrozměrného modelování
- analýzy konečných prvků pro deformace a mechanické napětí
- mnohotělesové dynamické analýzy pro simulaci časového vývoje dynamického zatížení

- simulace únavové životnosti pro analýzu trvanlivosti
- experimentálních zkoušek ověření správnosti modelu.

Modelování začíná použitím terénních údajů ze zkušebního střediska pro dynamické modely. Dynamické modelování se používá pro analýzy pevných a pružných těles pomocí metody konečných prvků. Dynamický model pružného tělesa se používá ke stanovení dynamických zrychlení ve všech bodech přívěsu při simulované jízdě přívěsu v daném terénu. Nakonec se pomocí speciálního softwaru integrují výsledky dynamického modelování a modelování metodou konečných prvků pro stanovení časového vývoje mechanického napětí a deformace a únavové životnosti. V následujících částech je nastíněn proces, jak toto modelování probíhá na přívěsu.

Počítačový návrhový model

Proces výpočtu únavové životnosti mechanického systému začíná vývojem trojrozměrného parametrického modelu CAD. Ke každé části modelu CAD jsou přiřazeny hmotnostní a materiálové parametry, které se porovnávají se skutečným přívěsem. Porovnávají se celková hmotnost, poloha těžiště a celkové setrvačné hmotnosti. Je velmi důležité, aby model CAD co nejpřesněji vystihoval skutečný přívěs, protože z něj se odvodí výpočetní modely jak konečných prvků, tak mnohotělesové dynamiky. Model CAD také tvoří základ pro bezrozpornost dalších podobných modelů.



Obrázek H.1 – Pevný model přívěsu

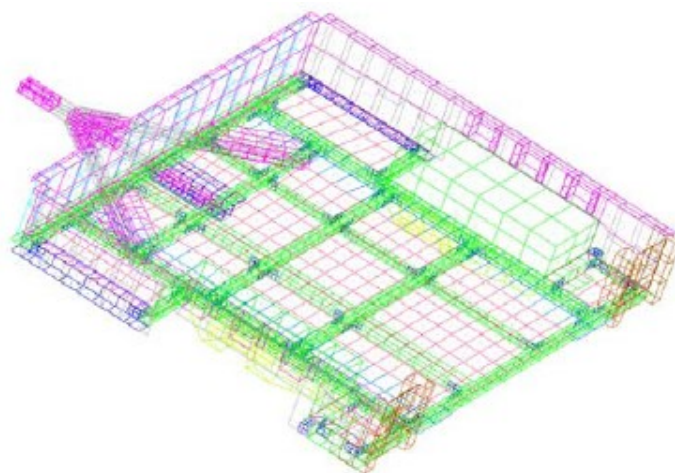
Příloha H

(informativní)

Model konečných prvků

V této metodě FP se model konečných prvků používá k několika účelům. Prvním je vyhodnocení skladby vibrací, které se používá k vytvoření dynamického modelu s mnoha pružnými tělesy. Simulovaná skladba se ověřuje porovnáním s analýzou experimentálně zjištěné skladby vibrací na skutečném přívěsu. Druhým účelem modelu konečných prvků je vyhodnocení deformací přívěsu, které se používají jako statické korekční módy v modelu s mnoha pružnými tělesy. Třetím účelem je hodnocení sil a jimi způsobených namáhání při dynamickém zatížení, které se používá pro vyhodnocení únavové životnosti jednotlivých komponent. Drátěný model konečných prvků přívěsu znázorněný na obrázku H.2 je odvozen z modelu CAD pomocí exportu rámu a nákladní plošiny ve formátu IGES. IGES je komerčně dostupný software.

Počet uzlů:	5 114
Typ a počet prvků:	
- čtyřúhelníkových	3 929
- trojúhelníkových	12
- nosných	
144	
- tuhých příčlů	1 542
- celkový počet prvků	5 627
Stupně volnosti:	30 684



Obrázek H.2 – Model konečných prvků přívěsu

Vibrační odezva přívěsu se stanoví analýzou vlastních módů pomocí společných pravidel pro analýzu metodou konečných prvků. První analýza vlastních módů se odvodí bez vazeb a experimentální modální analýza se ukončí aproximací přívěsu bez vazeb. To umožňuje přímé porovnání experimentálních a analytických módů kmitočtů a tvarů vibrací. Druhá analýza vlastních módů přívěsu se zkompletuje zavazbením bodů, v nichž se karoserie přívěsu připevňuje k tažné oji a nápravám. Postupným použitím jednotkové síly na každé zavazbené místo se z tohoto modelu s vazbami také určí tři statické deformační módy. Kombinace vlastních módů s vazbami a statických deformačních módů tvoří základ Craig-Bamptonovy metody deformace, která se používá v dynamickém modelu s mnoha pružnými tělesy.

Dynamický model

Počáteční dynamický model s mnoha tuhými tělesy se vytvoří pomocí komerčního softwaru pro dynamické modelování přímo z CAD modelu, a proto má odpovídající hmotnostní a setrvačné vlastnosti. Je třeba poznamenat, že dynamický model s tuhými tělesy je nutným přípravným krokem k vytvoření dynamického modelu s pružnými tělesy. Výstup modelu s pružnými tělesy se používá jako vstup do analytického nástroje DRAW. Pro vytvoření funkčního modelu jsou nutné dynamické parametry tlumičů, náprav a pneumatik, které se zjistí zkouškami. Jakmile jsou tyto

Příloha H
(informativní)

parametry experimentálně stanoveny, model s tuhými tělesy simuluje pád přívěsu z malé výšky na zem a umožňuje dynamické ustálení. To slouží pro porovnání světlych výšek a konečných poloh těžišť mezi analytickým a skutečným přívěsem.

Model s mnoha tuhými tělesy se potom kombinuje s existujícím modelem s tuhými tělesy tažného vozidla, jak je znázorněno na obrázku H.3. S využitím údajů o terénu ze zkušebního střediska se kombinovaný model vozidla s přívěsem pohybuje konstantní rychlostí po simulované zkušební dráze. To umožňuje vyhodnocení všech simulovaných problémů s přídavnými účinky kloubového spojení, dříve než nastanou komplikace modelu přívěsu.

Dynamický model s pružným tělesem se liší od modelu s tuhým tělesem pouze tím, že rám a nákladní plošina přívěsu jsou pružné zpracováním Craig-Bamptonovy metody deformace. Jak již bylo zmíněno, jedná se o řešení problému vynucených vlastních módů konečných prvků a řady deformačních režimů, které se označují jako statické korekční režimy. Software dynamického modelu používá pro řešení dynamiky pružných složených těles metodu předpokládaných režimů. Je ponecháno na uživateli, aby vybral vlastní módy a statické korekční režimy zastoupené v modelu. V tomto případě byly vybrány vlastní módy se třemi nejnižšími vlastními kmitočty společně se třemi statickými korekčními režimy. Statické korekční režimy pomáhají kompenzovat režimy, které nejsou modelovány, vyšší kmitočet, nízkoenergetické režimy. Před použitím v simulaci je třeba ortogonalizovat šest režimů. Pak se pružná tělesa rámu a nákladní plošiny přívěsu nahradí tuhými tělesy z předchozí dynamické simulace. Pro pokus o výpočet časového vývoje dynamického zatížení je zásadně důležitý správný výběr režimů pružných těles. Potom probíhá simulace shodná s modelem předchozí dynamické simulace tuhých těles, která zachycuje historii zatížení náprav a oje přívěsu a také distribuované setrvačné zatížení pružného tělesa.



Obrázek H.3 – Kombinovaný dynamický model tažného vozidla a přívěsu s mnoha tuhými tělesy

Analýza únavy v pracovní oblasti analýzy životnosti a spolehlivosti (DRAW)

Softwarový balík nazvaný DRAW se používá ke stanovení životnosti přívěsu na základě historie dynamického namáhání vypočítané z dynamického modelu.

Příloha H

(informativní)

Historie dynamického namáhání, stanovená pomocí simulace, se používá jako okrajové podmínky modelu konečných prvků pro kvazistatické stanovení historie mechanického napětí a deformace rámu a nákladní plošiny přívěsu. Postup analýzy mechanického napětí a deformace v software DRAW pomocí nové kvazistatické hybridní metody spřahuje nelineární celkový pohyb s lineární plastickou deformací. Postup odhaduje víceosou, elasto-plastickou historii mechanického napětí a deformace ve vybraných lokálních oblastech. K získání historie dynamické deformace používá DRAW známé metody Neuberovu a Glinkovu, jež jsou obě založeny na přizpůsobování známého elastického a neznámého elasto-plastického řešení pomocí energie.

Software DRAW pak používá k počítání cyklů při cyklickém zatěžování metodu stékajícího deště. Vzhledem k tomu, že historie dynamického namáhání obsahuje velký objem dat s proměnlivými amplitudami, před určením únavové životnosti je nutné použít editaci vrcholů a dolin. Při editaci se odstraňují malé cyklické změny, které by se v diagramu mechanického napětí a deformace zobrazily jako přímky a ponechávají se cykly, které vyústí do uzavřených hysterezních smyček. Tyto cykly se pak transformují do několika průběhů s konstantními amplitudami deformace, které se používají v procesu prognózování únavové životnosti. K posouzení škod způsobených každým cyklem zatížení software DRAW používá Palmgren-Minerův zákon lineárního kumulativního poškození (Minerovo pravidlo). Minerovo pravidlo prostě konstatuje, že porucha nastane, když součet škod způsobených jednotlivými cykly D překročí jedničku, neboli

$$D = \sum_{i=1}^n D_i = 1$$

kde n je celkový počet cyklů spočítaných metodou stékajícího deště a D_i je poškození akumulované z i -tého cyklu. Minerovo pravidlo definuje poškození během jednotlivého cyklu vztahem

$$D_i = \frac{1}{(N_f)_i}$$

kde $(N_f)_i$ je počáteční životnost únavové trhliny v i -tém cyklu, získaná z nelineární rovnice deformace. Počáteční životnost únavové trhliny nastane, když cyklické zatížení způsobí trhlinu 2 mm. Nechť je celkové kumulované poškození v bloku zatížení D_{block} . Minerovo pravidlo předpovídá vznik poruchy, když $D_{block} = 1$. Po stanovení únavové poruchy z reprezentativního segmentu nebo bloku historie zatížení, je únavová životnost pro každý blok vypočítána z převrácené hodnoty. To může být vyjádřeno ve formě, která přímo dává proměnnou amplitudu únavové životnosti v "bloku do poruchy" L_f takto:

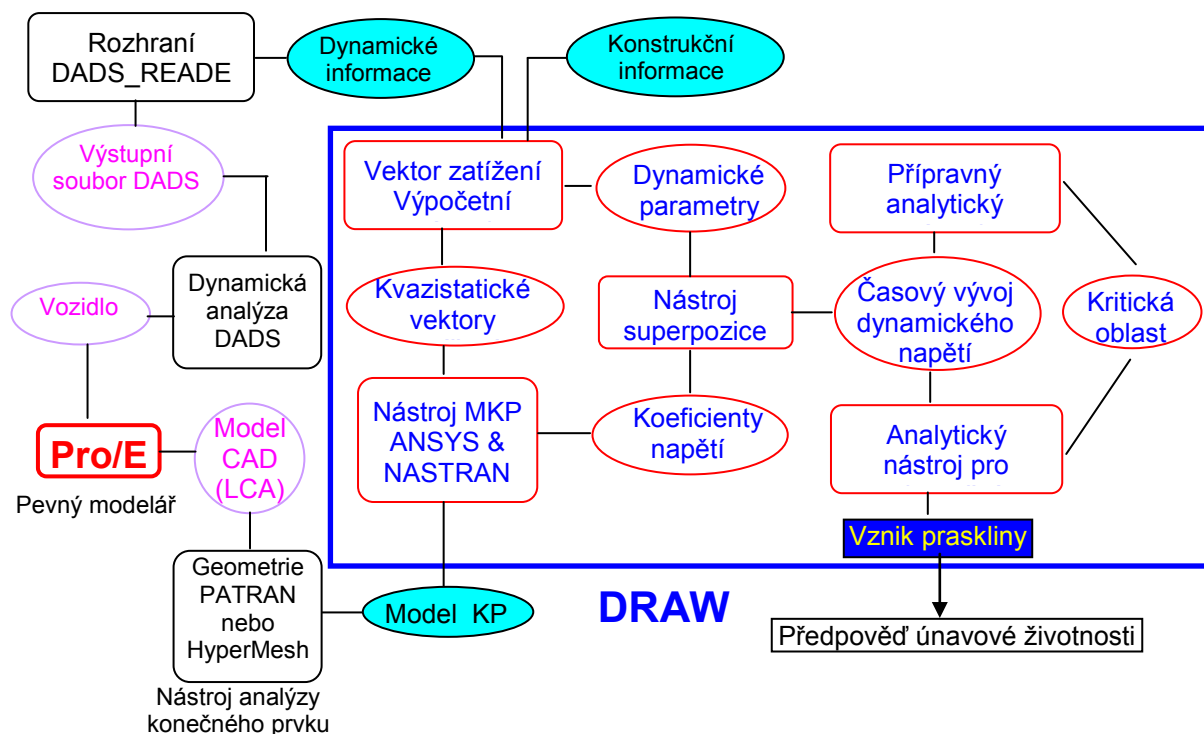
$$L_f = \frac{1}{D_{block}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n D_i} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{(N_f)_i} \right)}$$

kde n = počet cyklů v bloku zatěžování, N_f = počet cyklů do poruchy.

U přívěsu se von Misesova metoda deformace zpočátku používá k určení "horkých míst", nebo uzlů konečných prvků s nejnižší únavovou životností v dané oblasti. Síť konečných prvků kolem těchto uzlů je zjemněná. Z tohoto vytříbeného modelu

Příloha H
(informativní)

konečných prvků je znovu definován a simulován aktualizovaný dynamický model s pružnými tělesy pro výpočet správného zatížení od setrvačných sil pro algoritmus výpočtu dynamického napětí. K přesnějšímu posouzení únavové životnosti v těchto oblastech se následně použije DRAW pro aplikaci metody kritické roviny (založené buď na tahu, nebo na smyku). Tento dvoustupňový postup je nutný, protože není možné simulovat nebo analyzovat celý přívěs pomocí zcela zjemněné sítě konečných prvků. Obrázek H.4 znázorňuje tok informací v rámci DRAW.



OBRÁZEK H.4 – Tok informací v DRAW

Souhrn experimentálního ověřování

V této studii je značnou výhodou, že je k dispozici skutečný přívěs, který lze zkoušet a porovnat s virtuálními modely prototypu. Obecně platí, že při použití jakéhokoli výpočetního nástroje musí být model ověření a kontroly platnosti začleněn do celkového systému vývoje a modelování. Virtuální prototypový proces a zejména výpočetní analýza životnosti se nemá přednostně zaměřovat na zmenšení počtu vývojových zkoušek, ale na stanovení druhu potřebných zkoušek a jejich přístrojového vybavení. V uvedené studii přívěsu experimentální zkoušky zahrnují:

- měření profilů zkušebních drah použitých pro ověření skutečného přívěsu
- fyzická měření komponent přívěsu, které se odlišují od dokumentace nebo v ní nejsou uvedeny
- měření hmotnosti a setrvačnosti přívěsu, jeho podsestav a jednotlivých dílů
- dynamické zkoušky charakteristik pružin, tlumičů a pneumatik přívěsu
- zkoušky modální analýzy (vlastních frekvencí) rámu přívěsu a nákladní plošiny
- instrumentované zkoušky jízdní soupravy tažného vozidla a přívěsu na zkušebních drahách použitých v simulacích.

Příloha H
(informativní)
Fyzická měření

Měření rozměrů a měření hmotnosti a setrvačnosti se používají k ověření souladu modelu CAD se skutečností. Ověřují se hmotnosti, poloha celkového těžiště a moment setrvačnosti přívěsu ke svislé ose. Momenty setrvačnosti kola a nápravy a celého přívěsu se stanoví pomocí kmitající plošiny, jak je znázorněno na obrázcích H.5 a H.6.



OBRÁZEK H.5 – Měření momentu setrvačnosti kola a nápravy



OBRÁZEK H.6 – Měření momentu setrvačnosti celého přívěsu

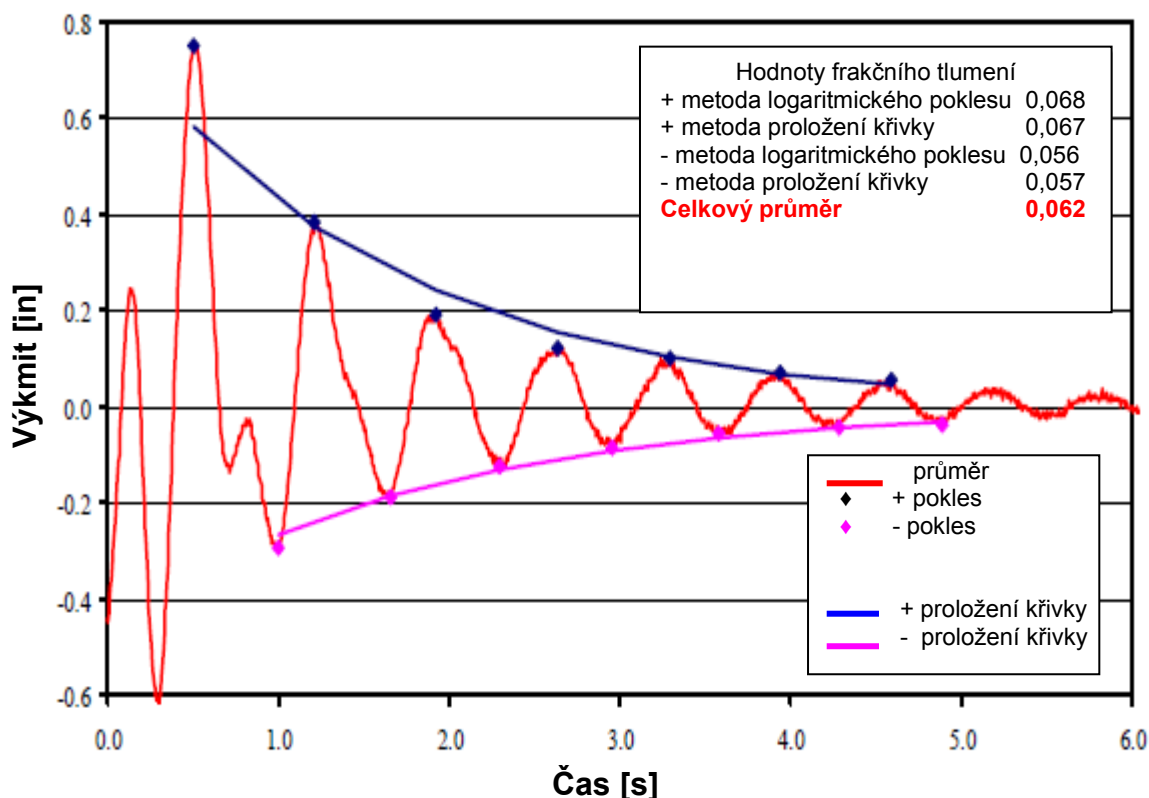
Protože ostatní výpočtové modely byly odvozeny z modelu CAD, před jakýmkoli pokračováním modelování se požadují uvedené parametry. V této fázi by mohly vyvolat mnohé otázky a nejistoty prvky jako jsou pneumatiky a závěsné zařízení,

Příloha H
(informativní)

kteří nejsou specifické pro tento přívěs. Stejná kola a pneumatiky používá tažné vozidlo.

Jakmile je model CAD přívěsu kompletní a ověřený, může pokračovat vývoj modelu konečných prvků a mnohotělesového dynamického modelu. Každý model vyžaduje různé údaje a postupy jejich ověřování. Zejména mnohotělesový dynamický model vyžaduje údaje o komponentách, které nemohou být charakterizovány přesnými geometrickými údaji. Pro pérování a pneumatiky přívěsu jsou zapotřebí charakteristiky per a tlumičů. Tuhosti pérování a pneumatik se stanoví vzájemně nezávisle měřením deformací způsobených statickými silami. Tlumící a vlastní frekvence se stanoví metodou pádu. Počítání cyklů výkmitů na časovém průběhu se používá pro výpočet vlastní frekvence a metoda proložení vrcholů výkmitů křivkami logaritmického poklesu a exponenciálního průběhu v témže časovém průběhu se používá pro výpočet útlumu. Ve fázi měření pneumatik je pérování přívěsu neaktivní a zkoušky jsou prováděny při tlacích v pneumatikách 0,117 MPa (huštění pneumatik přívěsu), 0,179 MPa, 0,241 MPa (huštění předních pneumatik tažného vozidla) a 0,276 MPa (huštění zadních pneumatik tažného vozidla). Typický časový průběh tlumení je znázorněn na obrázku H.7.

Typická dynamická zkouška pneumatiky
Průměrný časový průběh ze všech vertikálních
pádů
Pravá pneumatika – huštění 0,117 MPa



OBRÁZEK H.7 – Stanovení poměrného útlumu z časového průběhu tlumení

Příloha H
(informativní)

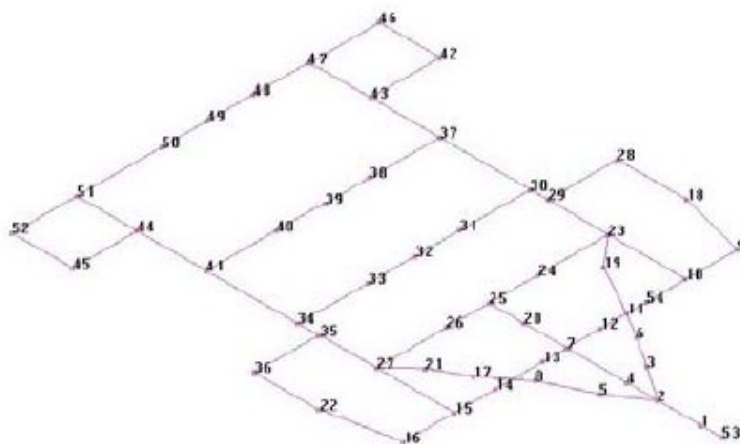
Kromě zkoušek pádem pro stanovení vlastních frekvencí pneumatik se provádí zkoušky otáčejících se pneumatik na dlážděné zkušební dráze čtyřmi různými rychlostmi a při čtyřech tlacích v pneumatikách.

Frekvence a profily módů (režimů)

Zatímco model konečných prvků lze vyvinout výhradně na základě vlastností materiálu a geometrických údajů, pro ověření modelu konečných prvků je nezbytná experimentální modální zkouška. Experimentální modální analýza se provádí metodou instrumentovaného rázového kladiva. Reakce se měří na 54 místech na spodní části rámu / ložné plochy přívěsu. Přívěs se zkouší bez kol a nápravy (pouze s rámem a ložnou plochou) a je zavěšen na pružných lanecch připojených ke zdvihacím místům na každém rohu přívěsu k podvěsnému rámu. Tato konfigurace představuje neomezený soubor okrajových podmínek pro přívěs. Na obrázku H.8 je fotografie základního nastavení a na obrázku H.9 je geometrické rozdělení míst měření odezvy. První tři režimy experimentálních postupů a analýzy konečných prvků ukazují velmi dobrou shodu profilu a frekvence.



OBRÁZEK H.8 – Uspořádání experimentální modální analýzy ukazuje pružná závěsná lana a rázové kladivo



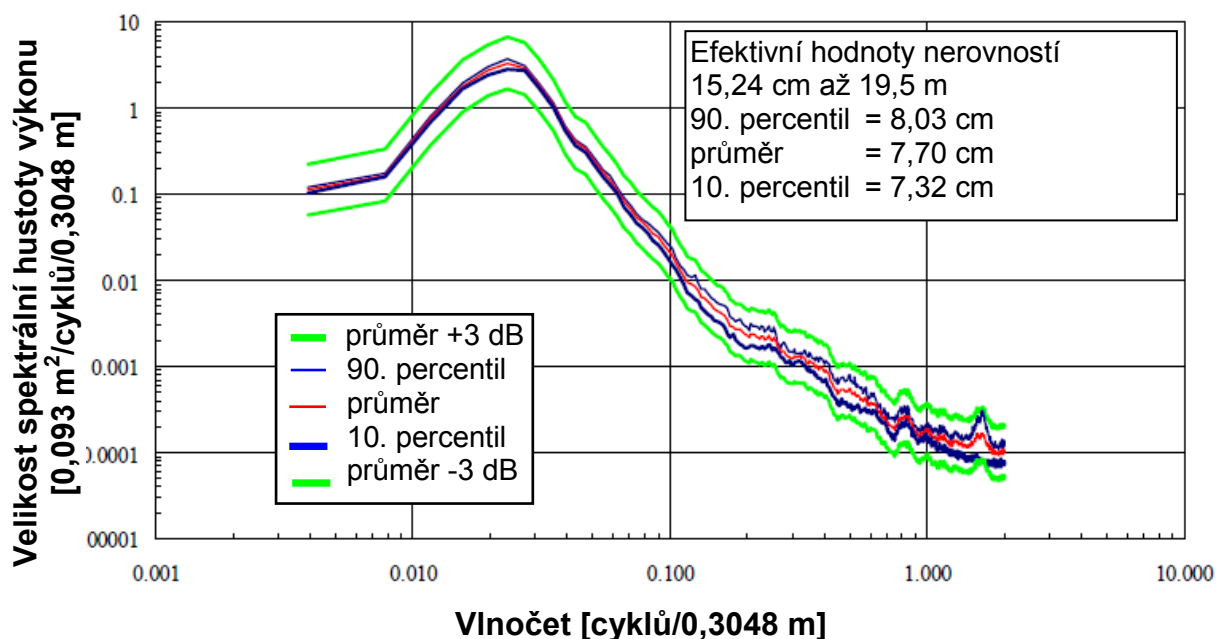
OBRÁZEK H.9 – Rozložení míst reakce při experimentální modální analýze

Měření namáhání

Konečné ověření se provádí instrumentovanými zkouškami na zkušební dráze. Na místech určených výpočtovou analýzou se instalují akcelerometry a tenzometry. Zkušební dráha jak pro výpočtové tak pro fyzikální zkoušení je delší než 3,2 km (dvě míle). Svislé výšky se měří profilometrem s krokem 76,2 mm (3 palce) s využitím pro digitální zobrazení zkušební dráhy. Údaje o převýšení zkušební dráhy jsou prezentovány jako vertikální převýšení v závislosti na délce zkušební dráhy a spektru vlnočtu (spektrální hustota výkonu v prostorové oblasti působení). Příklad naměřených převýšení zkušební dráhy je uveden na obrázku H.10. Výsledky pružné mnohotělesové dynamické analýzy lze ověřit akcelerometrem, zatímco dynamická namáhání stanovená programem DRAW se ověřují tenzometrem.

Příloha H
(informativní)

**Typický mikroprofil zkušební dráhy
Spektrum vlnočtu**



OBRÁZEK H.10 – Spektrum vlnočtu zkušební dráhy

Shrnutí

Přesné modely nelze vyvíjet bez adekvátních vstupních naměřených údajů a bez ověření vůči naměřeným datům. Tak složitý projekt vyžaduje týmovou práci mezi tvůrci analytických modelů a zkušebními laboratorními pracovníky. Obecně platí, že modeláři nejsou zběhlí ve zkoušení a pracovníci zkušebny nejsou modeláři, ale obě odbornosti mají zásadní význam pro proces fyziky poruch.

Dynamický model by měl být zevrubně ověřen v různých zkušebních podmínkách, než se přikročí k další analýze (například k predikci únavy). Ukazuje se, že nejobtížnější částí procesu je přesnost dynamického modelu.

Pro detekci chyb naměřených dat a údajů získaných z modelů by se měly používat stejné metody. To je běžná praxe kontroly naměřených dat na zdroje chyb (výpadky, kolísání proudu, šumové špičky atd.). Údaje získané z modelů se obvykle uznávají bez přezkoumání. Zanedbání uvedené zásady může způsobit problém, pokud by se zjistilo (později v projektu), že se poškozená data „usadila“ a vyskytla v dynamickém modelu. Poškozená data mohou způsobit výrazně vychýlenou předpověď únavy. Zjištěné problémy v naměřených datech, jako je vzorkování se také mohou objevit v datech získaných z počítačových modelů.

Pomůcka 605 – Požadavky na informace pro LCEP (stupně 1 až 3)

J.1 Rozsah

Pomůcka dává specifické pokyny a vodítka:

- k informacím / údajům potřebným k provedení stupňů 1, 2 a 3 Desetistupňové metody
- jak načíst / získávat, ověřovat, zpracovávat a ukládat požadované informace / data
- o stávajících vhodných zdrojích dat.

Většina požadovaných informací / údajů souvisí s profily okolního prostředí v průběhu životního cyklu vojenského materiálu ve fázi vývoje (viz AECTP 100, kapitola 6 a její přílohy D a E).

Údaje o okolním prostředí pro vojenský materiál, odpovídají procesu přizpůsobení (viz AECTP 100, kapitola 5), s vyšší pravděpodobností poskytnou efektivní vstupy do procesu prodloužení životnosti představovaný Desetistupňovou metodou.

J.2 Souvislosti

Pro programy prodloužení životnosti je k dispozici rozsáhlé množství důležitých informací z vývoje vojenského materiálu a následně z jeho provozu.

Na stupních 1, 2 a 3 Desetistupňové metody jsou třeba nejrozsáhlejší údaje o logistických aspektech, programech misí a operací. V ideálním případě jsou tyto údaje dokumentovány během počátku vývoje vojenského materiálu a nasazení do používání. Tyto údaje mohou také zahrnovat posouzení konstrukčních úprav vojenského materiálu, které vyplývají z nových provozních požadavků.

Zvláště se to týká:

- změn v používání, při nichž by se mohly projevit vlivy okolního prostředí, s nimiž se neuvážovalo v původní konstrukci a během kvalifikačních zkoušek
- údajů ze současných používaných postupů při manipulaci s materiálem v oblasti logistiky, které nemusí být v použitelném formátu pro tento proces. Konkrétně, shromážděné informace mohou být ve formátu odlišném od formátu použitého při původním posouzení nebo současné mechanické podmínky jsou evidentně odlišné od původně použitých v logistickém cyklu.

Pomůcka 606 je určena na pomoc při sestavování a ověřování existujících informací a definici požadavků na získávání nových informací.

J.3 Typy požadovaných dat

J.3.1 Stupeň 1

Stupeň 1 se skládá především ze zkoumání dokumentů původního profilu okolního prostředí během životního cyklu (LCEP) materiálu. Výsledkem je profil, který se v tomto ČOS označuje LCEP-1.

U staršího vojenského materiálu, je nezbytné zkoumat existující dokumenty, jako jsou kritéria okolního prostředí uplatněná při zpracování konstrukční dokumentace, specifikace okolního prostředí při zkouškách, logistické požadavky atd.

Příloha J

(informativní)

U nedávno vyvinutého vojenského materiálu se většina potřebných informací nachází v dokumentech shromážděných během vývojového procesu, například profily životního cyklu, profily okolního prostředí během životního cyklu, požadavky a specifikace okolního prostředí při zkouškách, logistické požadavky atd.

J.3.2 Stupeň 2

Na stupni 2 se zkoumá aktuální časový průběh provozu vojenského materiálu. Výchozím bodem pro tento stupeň mohou být informace získané na stupni 1 pozměněné nebo rozšířené tak, aby odrážely skutečné využití vojenského materiálu v současnosti. Vyhodnocují se provozní záznamy, včetně:

- chronologických protokolů a zpráv o závadách a poruchách systému, konstrukčních úprav a výrobních změn
- údajů terénních záznamových zařízení jako jsou meteorologické stanice (EDL)
- rezerv spolehlivosti, monitorovacího systému a dat ze sledování.

Tyto informace mohou být uloženy ve formě databází, které obsahují diskrétní nebo analogová data nebo v záznamech o provozu, závadách a poruchách (v provozních sešitech).

Uvedená dokumentace se používá k vytvoření aktuálního provozního profilu LCEP. Výsledkem je profil, který se v tomto ČOS označuje LCEP-2.

K dosažení účinného LCEP-2 je rozhodující dokončit hodnocení různých konfigurací vojenského materiálu, které jsou v současné době v provozu. V důsledku změn výrobních procesů, polních oprav a řady uživatelských profilů může existovat mnoho různých konfigurací vojenského materiálu a uživatelských profilů. Aby prodloužená životnost byla platná pro všechna provedení vojenského materiálu, měly by se začlenit každá konfigurace a profil a při hodnocení by se měly považovat za rozdílné provedení.

J.3.2 Stupeň 3

Stupeň 3 se zaměřuje na přípravu LCEP pro požadavky na navrhovanou prodlouženou životnost. Výsledkem je profil, který se v tomto ČOS označuje LCEP-3.

Jak je uvedeno výše, návrh LCEP by měl dostatečně podrobně popisovat úplně specifikované podmínky prostředí, které vyvolávají napětí ve vojenském materiálu. Pro sestavení LCEP-3 jsou potřebné stejné kategorie údajů, které se zkoumají u LCEP-2.

J.4 Úvahy o databázi

Jsou-li zásady stupňů 1, 2 a 3 dobře pochopeny, pak by mělo být také jasné, že pro dosažení účinného LCEP na každém stupni je nezbytné vyvinout značné úsilí. Mělo by být také zřejmé, že tři profily LCEP by měly být zpracovány v jednotném formátu. Požadované údaje pro LCEP lze rozdělit do různých kategorií.

J.4.1 Data, které nejsou specifická pro program

Jedná se například o:

- přírodní klimatické údaje (charakteristiky okolního prostředí pod otevřenou oblohou)

- dynamické prostředí během logistické přepravy nespécifickými dopravci
- okolní elektromagnetické prostředí při manipulaci a skladování.

Tyto údaje mohou již být získány, zpracovány a uloženy v databázích, které splňují potřebné normy kvality. Například přírodní klimatické údaje jsou získány a zpracovány podle mezinárodně dohodnutých postupů, které poskytují spolehlivé statistické informace. Při řešení dynamického prostředí během přepravy jsou také užitečné vydané standardy (např. DIN 30787).

J.4.2 Data, které jsou specifická pro program

Jedná se například o:

- indukované teploty během taktického nasazení
- dynamická napětí během taktických úkolů
- elektromagnetická prostředí během operačních úkolů.

Tuto druhou kategorii dat je obtížné získat bez specifických měření. Někdy lze pro její získání použít numerickou simulaci a laboratorní zkoušky.

Dostupnost uvedených údajů může být omezena na subjekty podílející se na programu. Tyto údaje také nejsou vždy archivovány ve víceúčelových databázích. Programoví manažeři by měli brát v úvahu potřebu načítání těchto dat (a související zpracování dat) po několika letech provozu, kdy se předpokládá ověření prodloužení životnosti vojenského materiálu. Tento problém určitě pomůže vyřešit uložení ve standardizovaném formátu ve zvláštní databázi pro každý program.

J.5 Zdroje dat a informací

Článek uvádí existující zdroje publikovaných údajů, které se mohou využít pro programy prodloužení životnosti. Je důležité poznamenat, že vyjmenované zdroje umožňují provedení pouze části procesu. Chybějící údaje jsou obvykle specifické pro jednotlivý program vojenského materiálu a měly by se opatřit prostřednictvím programového manažera.

Popis životního cyklu

- STANAG 4370 AECTP 100
- CIN-EG01 (standard Francie)

Klimatická data

- STANAG 4370, AECTP 200, 230 a 300 (999933 a 999905)
- Def Stan 00-35 (standard Velké Británie)
- Mil-Hbk-310 (USA)
- GAM-EG 13 Annexe données d'environnement (Francie)
- Národní meteorologické služby

Mechanická data

- Def Stan 00-35 (Velká Británie)
- STANAG 4370, AECTP 240 a 400 (ČOS 999934 a 999902)
- Mil-Std-810 (USA)
- Def Stan 00-35 (Velká Británie)

Příloha J

(informativní)

- GAM-EG 13 Annexe données d'environnement (Francie)

Příklad typických otázek k řešení při přípravě LCEP-2 a LCEP-3

Je zvolen příklad vně upevněného leteckého podvěsu, jehož životnost při letecké přepravě se má prodloužit. Podvěs bude přepravován na originálních plošinách letadel. Tento příklad se zabývá dvěma typickými prostředími (jedním mechanickým a jedním klimatickým prostředím), jimž je podvěs vystaven.

Následující seznam obsahuje přehled otázek, které se musí řešit:

Informace o průběhu používání

- konstrukční a výrobní změny
- uživatelské změny
- přepravní plošina pro zavěšení
 - pevné nebo rotující křídlo
 - zavěšení na pylonu, trupu nebo na konci křídla
- typ vypouštěcího zařízení
- průběh skladování
 - typ přístřešku a doba trvání
 - geografická poloha
 - odchylky
- manipulace
- přeprava
- údržba
- opravy
- průběh nasazení
- průběh výcviku
- zkoušení
 - zprávy z kvalifikace
 - zprávy ze sledování
 - MTBF (střední doba mezi poruchami)

Údaje popisující okolní prostředí

Mechanické prostředí

Vibrace

Přeprava se zavěšením

- plošina
- konfigurace plošiny

- manévry (typ akce)
- úhel náběhu
- rychlost
- činitel zatížení
- letová výška
- doba trvání akce
- poloha na plošině
- typ vypouštěcího zařízení

Podmínky skladování

- materiální
- zapnuto / vypnuto

Přístrojové vybavení

- poloha a zaměření
- frekvenční charakteristika
- typ převodníku

Analýza dat

- doba sběru dat
- časový průběh
- spektrální analýza (metodika výpočtu)
- šířka pásma frekvenční analýzy
- stupně volnosti (kritéria kvality)

Klimatické prostředí

Citlivost za letu na:

- písek a prach
- tvoření námrazy – mrznoucí déšť
- vodní srážky (kroupy, sníh, déšť)
- mlhu
- nízký tlak
- teplotu

Teplota při letecké přepravě

Přeprava se zavěšením

Plošina

Manévry (typ akce)

Příloha J
(informativní)

- úhel náběhu
- rychlost
- letová výška
- povětrnostní podmínky
- doba trvání (parametry)
- poloha
- typ vypouštěcího zařízení

Uspořádání

- skladování (materiálu)
- zapnuto / vypnuto

Přístrojové vybavení

- poloha a zaměření
- frekvenční charakteristika
- typ převodníku

Analýza dat

- doba sběru dat
- časový průběh (metodika výpočtu)
- maximální, minimální a průměrné hodnoty (kritéria kvality)

Pomůcka 606 – Pravděpodobnostní analýzy

K.1 Rozsah

Tato pomůcka obsahuje pokyny pro situace, v nichž je potřebné zohlednit statistické rozdíly ve vlivech okolního prostředí a konstrukce vojenského materiálu nebo výrobní tolerance pomocí pravděpodobnostní analýzy. V této souvislosti se pravděpodobnostní analýzy používají k hodnocení rizika neúspěchu pro pravděpodobné zatížení vojenského materiálu vnějšími vlivy a pravděpodobné výsledné reakce (odolnosti) vojenského materiálu na tato zatížení během prodloužené životnosti.

K.2 Souvislosti a definice

Pomůcka doplňuje Desetistupňovou metodu tím, že stanovuje postup pro:

- a. Určení přírůstků náročnosti podle tohoto ČOS (stupeň 4).
- b. Vyhodnocení přírůstků náročnosti a souvisejícího poruchového režimu jako kritického stavu podle tohoto ČOS (stupeň 6).
- c. Definici dodatečných zkušebních zatížení v případě, když se zkoušky navrhují jako nápravné opatření podle tohoto ČOS (krok 7).

Pomůcka se vztahuje na reálné prostředí, které se může vyskytnout v profilech okolního prostředí v životním cyklu (LCEP), s ním související druhy poruch a přípustné namáhání vojenského materiálu. Předpokládané úrovně spolehlivosti jsou odvozeny pro navrhované úrovně zkoušek, jejichž provedení se očekává k prokázání schopnosti vojenského materiálu splnit prodlouženou životnost.

Zavádějí se dva koeficienty, a to koeficient záruky (CG) a zkušební faktor (TF). Jejich pochopení je klíčové pro uspokojivé uplatňování této metodiky.

Definice

Zatížení vnějšími vlivy

Zatížení vnějšími vlivy vystupuje jako součást LCEP, který je musí popsat kvalitativně i kvantitativně. Popisy vlivů okolního prostředí jsou základem pro srovnávací studie, jejichž výstupem je skutečná historie životnosti do současnosti (stupeň 2) spolu s výstupem z rozšířeného LCEP (stupeň 3) – viz článek 7.2 v hlavním textu tohoto ČOS.

Kumulativní distribuční funkce

Funkce přiřazení pravděpodobnosti, že zatížení vnějšími vlivy je vyšší než daná hodnota.

$$FS(x) = \text{pravděpodobnost (zatížení} > x)$$

Pravděpodobnost poruchy

Pravděpodobnost určitého druhu poruchy je definována zvláštním zatížením vnějším vlivem, které urychlí vznik poruchy:

P = pravděpodobnost poruchy = pravděpodobnost (zatížení vnějšími vlivy > odolnost)

Příloha K

(informativní)

Potom je spolehlivost techniky pro daný druh poruchy doplňkovou funkcí pravděpodobnosti poruchy $R = (1 - P)$.

Funkce hustoty pravděpodobnosti

Tato funkce je odvozena z F .

$$f_S(x) = \text{pravděpodobnost } (x < \text{zatížení} < x + dx)$$

K.3 Použití

Pravděpodobnostní analýzy lze použít na následujících stupních Desetistupňové metody:

Stupeň 1 - pro popis původního profilu okolního prostředí LCEP (LCEP-1)

Stupeň 2 - pro popis historie profilu okolního prostředí do současnosti LCEP (LCEP-2)

Stupeň 3 - pro popis prodlouženého profilu okolního prostředí LCEP (LCEP-3)

Stupeň 5 - pro identifikaci potenciálně kritických případů (s ohledem na možné druhy poruch) Stupeň 6 – pro stanovení pravděpodobných kritických případů.

Popsaný přístup k řešení se musí použít u každého potenciálního druhu poruchy buď pro stanovení kritického stavu při poruše, nebo pro zajištění potřebných konstrukčních tolerancí vojenského materiálu, aby splnil prodlouženou životnost nebo pro nové zatížení vnějšími vlivy následkem změn funkce a nasazení vojenského materiálu.

K.4 Omezení

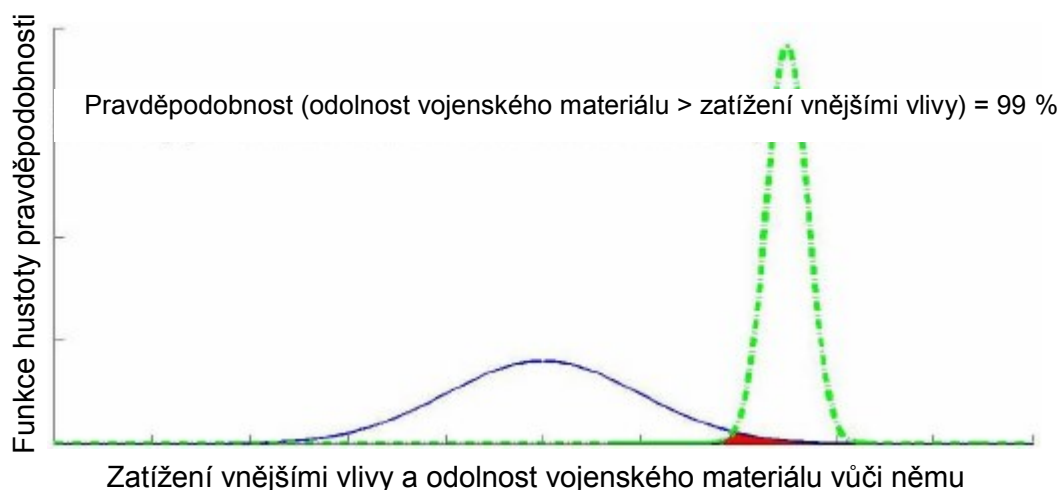
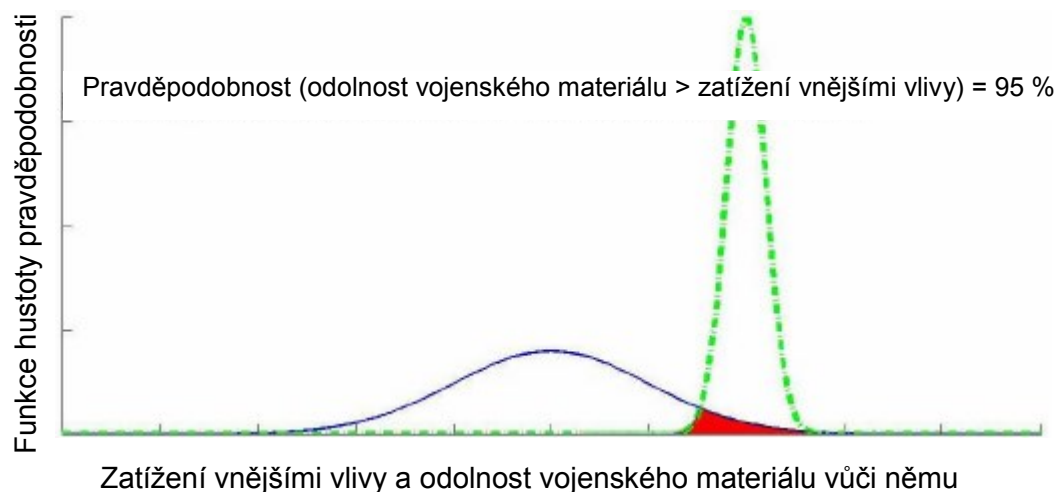
- a. Použití této metody vyžaduje znalost (a důvěru v) rozdělení vlivů okolního prostředí a odolnosti vojenského materiálu.
- b. Použití rozdělení pravděpodobnosti vyžaduje ověřit rozdělení zatížení vnějšími vlivy a odolnosti vojenského materiálu. Normální Gaussovo rozdělení pravděpodobnosti umožňuje zjednodušenou analýzu, avšak jedno nebo obě rozdělení může být jiné než Gaussovo.

K.5 Statistická definice zatížení vnějšími vlivy a dovolených zatížení vojenského materiálu

Charakteristiky zatížení vnějšími vlivy jsou takové, že často musí být vyjádřeny statistickými termíny. Často se popisují kumulativními distribučními funkcemi. Nejvyšší teplota v daném kalendářním měsíci nebude stejná každý rok. A pokud se zvažuje odolnost vojenského materiálu vůči vysoké teplotě, úplná Desetistupňová metoda potřebuje nějaké referenční hodnoty teploty k použití na stupni 1, 2 a 3 pro srovnání a na stupni 4 pro určení a dokumentování přírůstků náročnosti.

U konkrétního vojenského materiálu se odolnost vůči danému prostředí také může lišit kus od kusu. To také ovlivňují dosažitelné konstrukční tolerance. Grafické znázornění pravděpodobnosti poruchy je uvedeno na obrázku K.1. Pravděpodobnost, že zatížení vede k poruše lze znázornit překrytím statistického rozdělení intenzity zatížení vnějšími vlivy a statistického rozdělení odolnosti vojenského materiálu proti zvláštnímu zatížení, které jsou zakresleny ve stejném

obrázku. Horní graf na obrázku K.1 ukazuje 5 %-ní pravděpodobnost vzniku poruchy a dolní graf ukazuje 1 %-ní pravděpodobnost vzniku poruchy.



- (E) = okolí: skutečné rozdělení
- - - (R) = odolnost: vojenského materiálu vůči uvažovaným vnějším vlivům
- plocha (E > R): ↔ namáhání > dovolené zatížení

OBRÁZEK K.1 – Porovnání mezi zatížením vnějšími vlivy a dovoleným zatížením vojenského materiálu

K.6 Definice koeficientu záruky

Matematické vyjádření funkce F (odolnost > zatížení vnějšími vlivy) pro specifikovaný druh poruchy je dáno rovnicí [1]:

$$F = P(R > E) = P(R - E > 0) = \int_0^{+\infty} f_{R-E}(x) dx \quad [1]$$

Příloha K

(informativní)

Odvození této rovnice je uvedeno v dodatku této přílohy. Rovnice [2] definuje koeficient záruky, který bude stačit k prokázání, že technika se střední odolností \bar{R} odolá zatížení vnějšími vlivy se střední hodnotou \bar{E} s danou pravděpodobností F

$$CG = \frac{\bar{R}}{\bar{E}} \quad [2]$$

Pokud má jak zatížení vnějšími vlivy, tak odolnost vojenského materiálu normální rozdělení pravděpodobnosti, získá se rovnice [3]. Podle ní průměrná odolnost vojenského materiálu je vyjádřena jednoduchou funkcí

$$\bar{R} = \bar{E} + \text{Erfp}^{-1}\left(F - \frac{1}{2}\right) \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2} \quad [3]$$

Je častým případem, že standardní odchylka odolnosti vojenského materiálu není známa, ale je znám poměr variačního koeficientu odolnosti CVR a variačního koeficientu prostředí CVE

$$CVR = \frac{\sigma_R}{\bar{R}}, \quad CVE = \frac{\sigma_E}{\bar{E}}$$

Potom lze rovnici [1] psát ve tvaru:

$$F = \frac{1}{2} + \text{Erfp}\left(\frac{\bar{R} - \bar{E}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}}\right) = \frac{1}{2} + \text{Erfp}\left(\frac{CG - 1}{\sqrt{CVE^2 + CG^2 + CVR^2}}\right) \quad [4]$$

Lze použít zjednodušení:

$$\bar{R} = \bar{E} + A\text{erf} \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}$$

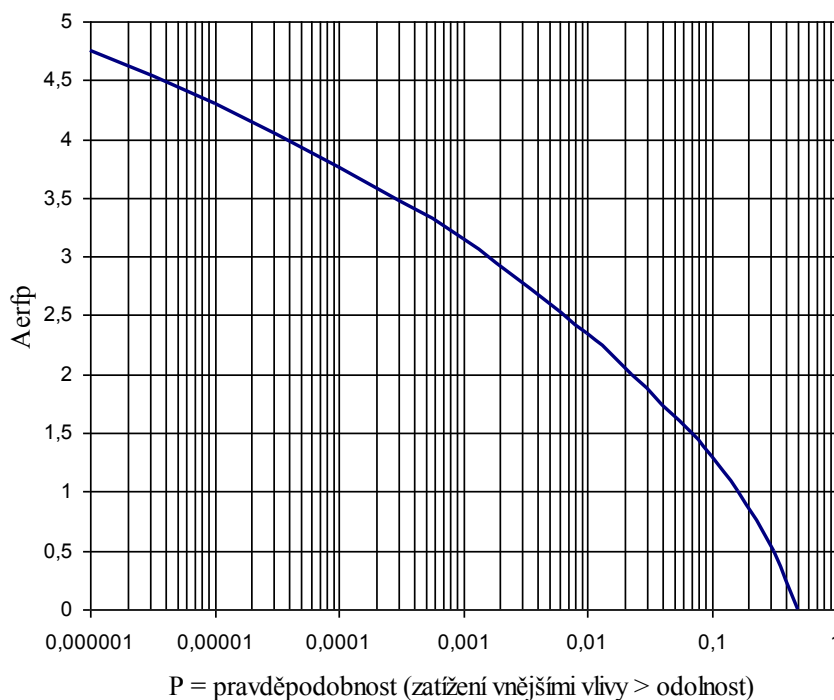
Na obrázku K.2 je graf závislosti $A\text{erf}$ na pravděpodobnosti poruchy $P = (1 - F)$.

Za předpokladu, že odolnost vojenského materiálu má normální rozdělení se standardní odchylkou 2 °C a provádí se hodnocení pro normální rozdělení teploty s průměrnou hodnotou 30 °C a standardní odchylkou 3 °C je nutné vypočítat minimální průměrnou odolnost vojenského materiálu s pravděpodobností poruchy nižší než 1%.

$$\bar{R} = \bar{E} + A\text{erf} \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}$$

$$\bar{R} = 30 + A\text{erf}(1 - 0,99) \times \sqrt{2^2 + 3^2} = 30 + 2,33 * \sqrt{13} \cong 38,4^\circ\text{C}$$

Uvažovaný vojenský materiál byl navržen a kvalifikován podle uvedené hypotézy. Je prokázáno, že má odolnost s normálním rozdělením s průměrnou hodnotou 40 °C a standardní odchylkou 2 °C.



OBRÁZEK K.2 – Graf závislosti funkce A erf p na pravděpodobnosti vzniku poruchy

Rozšířený LCEP zamýšlí nasazení v prostředí, v němž maximální denní teploty v srpnu mají normální rozdělení se střední hodnotou 32 °C a standardní odchylkou 2 °C. Je třeba vypočítat pravděpodobnost poruchy v daný srpnový den.

$$\bar{R} = \bar{E} + A \text{erf} \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2} \Leftrightarrow A \text{erf} = \frac{\bar{R} - \bar{E}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}}$$

pak

$$A \text{erf} = (40 - 32) / \sqrt{2^2 + 2^2} \cong 2,83$$

odtud podle obrázku K.2: **F = 100 % × (1 - 2 × 10⁻³) = 99,8 %**

Tedy je přibližně 0,2 %-ní pravděpodobnost, že zatížení vnějšími vlivy překročí odolnost vojenského materiálu. Lze proto učinit závěr, že prodloužení životnosti nevyžaduje další posouzení tohoto prostředí pro daný vojenský materiál.

V případě, že zatížení vnějšími vlivy nebo odolnost nemá normální (Gaussovo) rozdělení, se takové rozdělení vyjadřuje vhodným uzavřeným tvarem rovnice nebo numerickou funkcí. Mechanické systémy často mívají logaritmicko – normální rozdělení. Koeficient záruky pro konkrétní rozdělení může být zjištěn podobně jako u Gaussova rozdělení. Příklady jsou uvedeny v dodatku této přílohy.

K.7 Definice zkušebního faktoru

V případě, že na stupni 7 jsou navrženy zkoušky jako možné opatření, následující metodika umožňuje výpočet jejich náročnosti k prokázání, že vojenský materiál má

Příloha K

(informativní)

potřebnou střední odolnost vůči určenému druhu poruchy a s ním spojenému zatížení vnějšími vlivy. Zavedení koeficientu záruky pomáhá definovat střední odolnost vojenského materiálu, která se musí prokázat, aby se dosáhlo přijatelné riziko poruchy. Zavedení zkušebního faktoru pak zohledňuje omezený počet zkušebních vzorků pro provedení zkoušek. Podle pomůcky 606 jestliže se zkouší n položek, všech n musí být vyhovujících, přičemž n je velikost vzorku. Zkušební faktor je pak definován jako koeficient mezi střední odolností, která se musí prokázat a zkušební úrovní potřebnou k prokázání této střední odolnosti.

Metodika je založena na skutečnosti, že lze prokázat výkonové parametry celého souboru objektů tím, že se dokáže „něco více“ pouze na omezené skupině objektů. Matematické výrazy se zaměřují na kvantifikaci onoho "něčeho většího" zavedením pojmu "konfidenční úroveň". Následující aplikace ilustrují vztah mezi zkušebním faktorem a počtem zkoušených předmětů a konfidenční úrovní.

V případě, že odolnost vojenského materiálu má normální rozdělení, analytické vyjádření intervalu spolehlivosti podle rovnice [4] je následující:

$$\hat{X} - \text{Erfp}^{-1}\left(\frac{\pi_0}{2}\right) \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \bar{X} \leq \hat{X} + \text{Erfp}^{-1}\left(\frac{\pi_0}{2}\right) \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

\bar{X}, σ kde

\hat{X} jsou střední hodnota a standardní odchylka odolnosti techniky

π_0 je střední odolnost skupiny předmětů

je konfidenční úroveň

$$\text{Erfp}^{-1}\left(\frac{\pi_0}{2}\right)$$

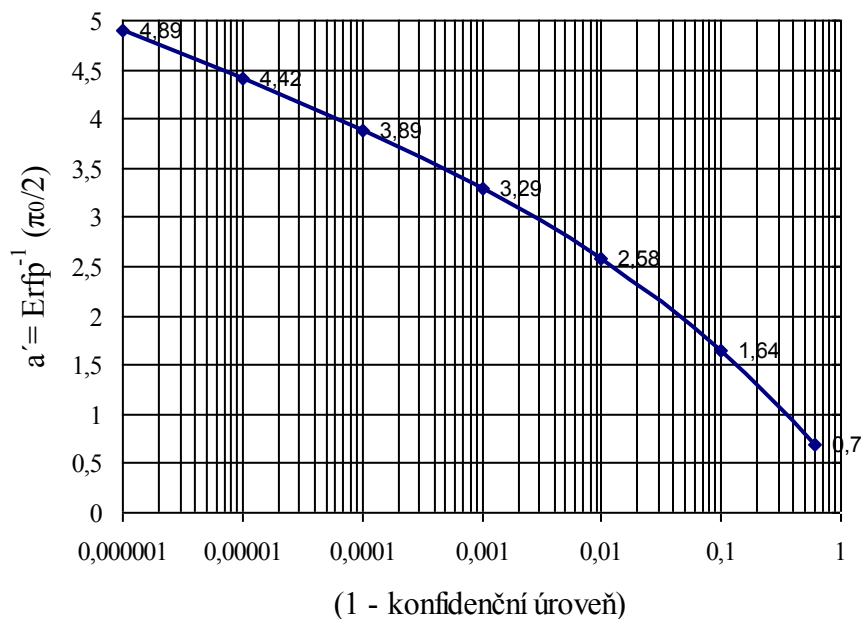
Funkce se nazývá koeficient pravděpodobnosti a označuje se \acute{a} . [5]

Zkušební faktor lze vypočítat podle následující rovnice:

$$TF = 1 - \text{Erf}^{-1}\left(\frac{\pi_0}{2}\right) \times \frac{CVR}{\sqrt{n}} \quad [6]$$

Pro ilustraci metodiky jsou dále uvedeny jednoduché aplikace.

Na obrázku K.3 je graf závislosti koeficientu pravděpodobnosti \acute{a} na konfidenční úrovni π_0 .



OBRÁZEK K.3 – Graf závislosti koeficientu pravděpodobnosti a' na konfidenční úrovni π_0

Příklad stanovení zkušební úrovně v souladu s danou konfidenční úrovní

Zkouší se skupina 4 objektů. Na základě zkušeností s použitou technologií se použije Gaussovo rozdělení odolnosti objektů se standardní odchylkou 2 °C. Cílem je dosažení konfidenční úrovně 90 %.

Jaká je zkušební úroveň, která bude demonstrovat na konfidenční úrovni 90 %, že průměrná odolnost předmětů je větší nebo rovna 40 °C?

Podle rovnice [5] je minimální zkušební teplota:

$$\hat{X} \geq 40 + \text{Erfp}^{-1}\left(\frac{\pi_0}{2}\right) \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cong 40 + 1,64 \times 2 / \sqrt{4} = 41,64 \text{ °C}$$

Vyhovující výsledky zkoušek se 4 vzorky, $n = 4$, při teplotě 42 °C dostačují k prokázání střední odolnosti předmětů 40 °C na konfidenční úrovni 90 %.

K.8 Přínosy

Použití pravděpodobnostních analýz má následující přínosy:

- Hodnotí se nejistoty ve vztahu mezi podmínkami prostředí a odolností konstrukce vojenského materiálu.
- Poskytuje přehlednou a analytickou metodiku pro stanovení pravděpodobných kritických případů pro použití v Desetistupňové metodě.
- Povzbuzuje manažery k plánování určených parametrů spolehlivosti vojenského materiálu;
- Dává k dispozici strukturovaný proces výpočtu náročnosti zkoušek pro použití v Desetistupňové metodě na stupni 7 (formulace možností opatření).

Příloha K
(informativní)

- e. Lze zvolit náročnost zkoušek k prokázání přijatelné úrovně spolehlivosti.
f. Zkoušky se mohou vybrat podle určených druhů poruch, které mohou být funkcí statické pevnosti nebo únavy a mohou nebo nemusí být funkcí času.

K.9 Odkazy a související dokumenty

- a. GAM EG-13, Annexe Generale Mecanique, Annexe 8
Přílohy obecné mechaniky. Příloha 8
b. Lalanne, Christian, Vibration and Mechanical Shocks, Volume 5, Hermes Edition
Vibrace a mechanické rázy. Svazek 5

Dodatek k příloze K - odvození koeficientu záruky

Za předpokladu normální funkce hustoty pravděpodobnosti pro zatížení vnějšími vlivy a odolnosti vojenského materiálu proti těmto vlivům:

$$F = P(R > E) = P(R - E > 0) = \int_0^{+\infty} f_{R-E}(x) dx$$

S využitím poznatku, že rozdíl dvou proměnných s normálním rozdělením má normální rozdělení, rozdíl $\Delta = R - E$ lze vyjádřit:

$$\Delta \in N(\bar{\Delta} = \bar{R} - \bar{E}, \sigma_{\Delta} = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2})$$

To předpokládá funkci hustoty pravděpodobnosti ve tvaru:

$$f_{\Delta} = \frac{1}{\sigma_{\Delta} \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(t-\bar{\Delta})^2}{2\sigma_{\Delta}^2}}$$

Potom

$$F = \int_0^{\infty} f_{\Delta}(x) dx = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_{\Delta} \sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{(t-\bar{\Delta})^2}{2\sigma_{\Delta}^2}} dt = \int_{-\infty}^{\frac{\Delta}{\sigma_{\Delta}}} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

Zápis s použitím chybové funkce *Erfp*:

$$F = \text{Erfp}\left(\frac{\bar{\Delta}}{\sigma_{\Delta}}\right), \text{ kde } \text{Erfp}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \times \int_0^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt$$

$$\bar{R} = \bar{E} + \text{Erfp}^{-1}\left(F - \frac{1}{2}\right) \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}$$

Nakonec

$$\bar{R} = \bar{E} + A \text{erf} \times \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}$$

spolu s

$$A \text{erf}(x) = \text{Erfp}^{-1}\left(F - \frac{1}{2}\right) = \text{Erfp}^{-1}\left(\frac{1}{2} - P\right)$$

Nebo zápis pomocí variačního koeficientu odolnosti (CVR) a variačního koeficientu prostředí (CVE):

$$CVR = \frac{\sigma_R}{\bar{R}}, CVE = \frac{\sigma_E}{\bar{E}} \quad \text{a} \quad CG = \frac{\bar{R}}{\bar{E}}$$

$$F = \frac{1}{2} + \operatorname{Erfp} \left(\frac{\bar{R} - \bar{E}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_E^2}} \right) = \frac{1}{2} + \operatorname{Erfp} \left(\frac{CG - 1}{\sqrt{CVE^2 + CG^2 + CVR^2}} \right)$$

Příloha L
(informativní)

Pomůcka 607 – Změny funkce a nasazení vojenského materiálu

L.1 Rozsah

Tato pomůcka poskytuje řadu předběžných opatření před aktivací Desetistupňové metody pro uplatnění revidovaných požadavků, které vyplývají ze změn ve funkci vojenského materiálu nebo scénářů jeho nasazení.

Opatření předcházejí předvídatelným poruchám z přerušení strukturovaného přístupu Desetistupňové metody. Zahrnují výchozí posouzení konstrukce s cílem snížit rizika při uplatňování zásad Desetistupňové metody méně přísným způsobem.

L.2 Souvislosti

Revidované požadavky, které ovlivňují změny funkce nebo nasazení vojenského materiálu mohou způsobit vysoké riziko nebo dokonce téměř jistotu, že původní řešení se ukáže jako nedostatečné. Například pro přizpůsobení extrémnějším podmínkám prostředí může být nezbytné doplnit konstrukci zařízení o tepelnou izolaci nebo o tlumiče. V takových případech je důležité, aby projektová činnost spojená s nezbytnými úpravami technického vybavení byla dokončena před přistoupením k Desetistupňové metodě. Jinak by se mohla ztratit důležitá doba procesem, který dokáže, že koncepce je neproveditelná a kde další kroky nemohou být dokončeny.

L.3 Omezení

Významným předpokladem pro postup podle tohoto ČOS je přijetí vhodných principů pro kvalifikaci původního okolního prostředí při návrhu a posouzení životnosti vojenského materiálu. Například lze očekávat, že pro vojenský materiál je zpracován celý profil okolního prostředí pro životní cyklus (LCEP). Pokud tomu tak není, bude nezbytné "zpětnou analýzou" podle pomůcky 601 získat podmínky okolního prostředí ze zkušebních dat do "rovnocenného" profilu LCEP. Mělo by však být možné použít opatření uvedená v této pomůcce pro jakýkoli vojenský materiál za předpokladu, že původní informace mohou být nakonfigurovány pro použití v Desetistupňové metodě.

L.4 Opatření

V tabulce L.1 jsou uvedeny úkony při předběžném posouzení konstrukce a také opatření pro snížení rizika před prováděním úplné Desetistupňové metody. Zmíněné úkony jsou podrobně rozepsány ve sloupcích A, B a C tabulky L.1 se stanovením, zda je vojenský materiál schopen se přizpůsobit změněným požadavkům na funkci nebo nasazení. Posouzení by se mělo uzavřít konstatováním, prezentovaným při první revizi konstrukce, zda byla zjištěna proveditelnost koncepce nebo jinak. Pokud se zjistí proveditelnost, součástí hodnocení by měl být také odhad rozsahu případných konstrukčních změn.

Při první revizi konstrukce by se také mělo zjistit, jaké konkrétní záležitosti je potřebné vyjasnit a která rizika je nutné snížit. Například, že prokázaná shoda u některých prvků původní konstrukce byla okrajová nebo nebyla dostatečně doložena technickou zprávou.

V rámci snížení rizika (viz tabulka L.1, sloupce D a E) je možné, že na podporu navrhované úpravy konstrukce může být vyžadována další analýza nebo zkoušky

Příloha L
(informativní)

v omezeném rozsahu. Případná rizika je třeba vyřešit před druhou revizí konstrukce, při níž by se mělo doporučit pokračovat ve výrobě vyvinutého vojenského materiálu.

Po povolení pokračování po druhé revizi konstrukce může být celý proces Desetistupňové metody zahájen podle popisu v hlavním textu tohoto ČOS (a jak je uvedeno v tabulce L.1, sloupec F). Výstup ze stupně 10 Desetistupňové metody tvoří hlavní vstup do třetí revize konstrukce, v níž se bude zvažovat, zda je či není přípustné pokračovat ve výrobě (viz tabulka L.1, sloupec G).

TABULKA L.1 – Souhrn opatření pro přizpůsobení vojenského materiálu změnám funkce a nasazení

Předběžné hodnocení konstrukce	A Provádět základní šetření	<ul style="list-style-type: none"> - ujistit se, že pro předběžné posouzení konstrukce je dostatečně definován profil LCEP pro změnu funkce nebo nasazení, - prošetřit původ-ní LCEP a související analýzy a zkušební protokoly k identifikaci prostředí, pro něž bylo zařízení konstruováno (ve zjednodušeném ČOS 399007 stupeň 1), - u konstrukčních nedostatků zkontrolovat následnou historii životnosti, konstrukční úpravy a zkoušení - (ve zjednodušeném ČOS 399007, stupeň 2), - prošetřit proto-koly o zkouškách a výkazy pevnosti pro stanovení mezí původní konstrukce a kritických případů (částečně ČOS 399007, stupně 5 a 6), - doplnit prozatímní LCEP pro identifikaci okolních podmínek, které by mohly zhoršit původní podmínky ovlivňující konstrukci a meze konstrukce (zjednodušený ČOS 399007, stupeň 3).
	B Získat důkazy o dostatečnosti konstrukce	<ul style="list-style-type: none"> - určit významné přírůstky náročnosti (ve zjednodušeném ČOS 399007 stupeň 4), - využít dosavadní kritické případy a potenciální konstrukční nedostatky (částečně ČOS 399007, stupeň 5) k odvození "definitivních" a "pravděpodobných" kritických případů (ve zjednodušeném ČOS 399007 stupeň 6). <p><u>Možné výstupy</u></p> <p>1a. „Definitivní“ kritické případy by vyžadovaly další konstrukční úpravy (a/nebo opatření pro snížení namáhání a/nebo výjimky při snížení namáhání).</p> <p>1b. „Pravděpodobné“ kritické případy mohou vyžadovat další konstrukční úpravy (a/nebo opatření pro snížení namáhání a/nebo výjimky při snížení namáhání).</p> <p>2. Je velmi nepravděpodobné, že jsou nutné konstrukční změny, a proto lze plně uplatnit bez zbytečného rizika Desetistupňovou metodu podle tohoto ČOS.</p>

Příloha L
(informativní)

		3. Vojenský materiál se považuje za vyhovující bez dalších opatření.
	C Provést první revizi konstrukce	<ul style="list-style-type: none"> - cílem této revize je stanovit proveditelnost přizpůsobení vojenského materiálu navrhované změně funkce, - na základě hodnocení výstupů ze sloupců A a B tato revize musí doporučit, zda koncepce je či není možná (tj. zda se bude nebo nebude pokračovat).
Snížení rizik	D Analyzovat budoucí rizika	<ul style="list-style-type: none"> - tento úkol se může omezit pouze na řešení konstrukčních nejistot podle možnosti 1b. ve sloupci B, - provést analýzu konstrukce a potřebné podpůrné zkoušky. Ve vhodných případech připojit FMECA (zjednodušený ČOS 399007, stupně 7, 8 a 9).
	E Provést druhou revizi konstrukce	<ul style="list-style-type: none"> - uvedená revize bude muset doporučit, zda pokračovat v konstrukčních úpravách/opatřeních ke zmenšení namáhání/výjimek při snížení namáhání a oprávnit k výrobě příslušného vyvinutého technického vybavení. <p><u>Možné výstupy</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Jsou nutné konstrukční úpravy a/nebo opatření ke zmenšení namáhání a/nebo výjimky při snížení namáhání. 2. Považuje se za přípustné aplikovat úplnou Desetistupňovou metodu podle ČOS 399007. 3. Považuje se za přípustné neprovádět další kroky (výstupem je stupeň 10 zjednodušeného ČOS 399007).
Úplná Desetistupňová metoda	F Zahájit úplnou Desetistupňovou metodu	<ul style="list-style-type: none"> - provést úplnou Desetistupňovou metodu k prokázání shody (viz obrázek 1 Desetistupňové metody), - výstup Desetistupňové metody bude tvořit hlavní vstup třetí revize (viz sloupec G).
	G Provést třetí revizi konstrukce	<ul style="list-style-type: none"> - tato revize bude potřebná pro vydání doporučení k tomu, zda je přípustné pokračovat plnou výrobou.

Osvědčení **o prodloužení životnosti vojenského materiálu** (Rámcový vzor)

1. Vojenský materiál:

(uvést identifikační údaje – název, typ, provedení (model), příp. KČM, NSN)

2. Výrobce:

(uvést identifikační údaje výrobce vojenského materiálu – název, adresa, stát, NCAGE)

3. Dodavatel:

(uvést identifikační údaje dodavatele vojenského materiálu – název, adresa, stát, NCAGE)

4. Původní životnost:

(uvést životnost v odpovídajícím vyjádření – roky používání, ujeté km apod.)

5. Prodloužená životnost:

(uvést životnost v odpovídajícím vyjádření – roky používání, ujeté km apod.)

6. Identifikace vojenského materiálu s prodlouženou životností:

(uvést podstatné znaky pro odlišení provedení vojenského materiálu s původní a prodlouženou životností)

a) Konstrukční změny

(uvést, zda byly provedeny konstrukční změny za účelem prodloužení životnosti a čeho se týkaly - stručně)

b) Změny v označení

(uvést, jak se odlišuje označení vojenského materiálu s prodlouženou životností od předchozího provedení)

c) Jiné charakteristické znaky

(uvést další významné identifikační znaky pro odlišení vojenského materiálu s prodlouženou životností od předchozího provedení – např. tvarové odlišnosti)

7. Důvod prodloužení životnosti

(uvést, kdo prodloužení životnosti inicioval - název, adresa apod.)

8. Metoda stanovení prodloužené životnosti

Desetistupňová metoda podle ČOS 399007

9. Řešitel stanovení prodloužené životnosti

(uvést organizaci, která stanovila prodloužení životnosti a její identifikační údaje - název, adresa, stát, NCAGE apod.; na základě čeho bylo stanovení provedeno – např. číslo objednávky; zmínit výběrové řízení, pokud proběhlo)

Příloha M
(informativní)

10. Podmínky prodloužené životnosti

(uvést všechny důležité vztažné podmínky, vzhledem k nimž byla prodloužená životnost stanovena)

a) Podmínky okolního prostředí

(uvést rozmezí okolních teplot při používání a uložení vojenského materiálu, mezní hodnoty vlhkosti, mechanických vibrací a rázů, EMI a další omezující parametry okolního prostředí)

b) Způsob nasazení

(uvést předpokládaný způsob nasazení vojenského materiálu – např. v misích, v hornatém terénu, na poušti, denní doba provozu apod.)

c) Jiné důležité podmínky

(uvést další významné podmínky, s ohledem na které bylo stanoveno prodloužení životnosti vojenského materiálu – např. kvalifikace obsluhy, provádění technické údržby apod.)

11. Přehled dokumentů

(uvést přehled a identifikační údaje všech písemných dokumentů – protokolů, technických zpráv apod., které řešitel zpracoval během procesu stanovení prodloužené životnosti a které dokládají průběh a výsledky jednotlivých stupňů Desetistupňové metody)

12. Platnost prodloužené životnosti

- od:

(uvést datum, výrobní číslo nebo jiný charakteristický údaj o počátku platnosti prodloužené životnosti)

- do:

(uvést datum nebo jiný charakteristický údaj, dokdy osvědčení platí – příp. může být i neomezená platnost, nebo platnost do konstrukčních změn, změn podmínek okolního prostředí nebo způsobu nasazení)

13. Osvědčení vystavil:

- V:

- Dne:

- Jméno, příjmení a funkce odpovědné osoby a razítko řešitele stanovení prodloužené životnosti

(VOLNÁ STRANA)

ČOS 399007
2. vydání
Změna 2

(VOLNÁ STRANA)

(VOLNÁ STRANA)

Účinnost českého obranného standardu od: **2. listopadu 2017**

Změny:

Změna číslo	Účinnost od	Změnu zapracoval	Datum zapracování	Poznámka
1	20. 9. 2019	Odbor obranné standardizace	23. 9. 2019	
2	4.11.2022	Odbor obranné standardizace	7. 11. 2022	

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: 2022, obsahuje 50 listů
Distribuce: Odbor obranné standardizace Úř OSK SOJ, nám. Svobody 471/4, 160 01 Praha 6
Vydal: Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti
oos.army.cz

NEPRODEJNÉ
