



ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

139501 1. vydání Změna 1	POSTUPY PRO HODNOCENÍ ŽIVOTNOSTI MUNICE
---	--

ZAVÁDÍ	STANAG 4315, Ed. 2 THE SCIENTIFIC BASIS FOR THE WHOLE LIFE ASSESSMENT OF MUNITIONS Vědecký základ pro hodnocení životnosti munice AOP-46(B) THE SCIENTIFIC BASIS FOR THE WHOLE LIFE ASSESSMENT OF MUNITIONS Vědecký základ pro hodnocení životnosti munice
NAHRAZUJE	ČOS 139501, 1. vydání POSTUPY PRO HODNOCENÍ ŽIVOTNOSTI MUNICE

ČOS 139501
1. vydání
Změna 1

(VOLNÁ STRANA)

ČESKÝ OBRANNÝ STANDARD

POSTUPY PRO HODNOCENÍ ŽIVOTNOSTI MUNICE

Základem pro tvorbu tohoto standardu byly následující originál dokumentů:

STANAG 4315, Ed. 2	THE SCIENTIFIC BASIS FOR THE WHOLE LIFE ASSESSMENT OF MUNITIONS Hodnocení munice z hlediska její životnosti
AOP-46(B)	THE SCIENTIFIC BASIS FOR THE WHOLE LIFE ASSESSMENT OF MUNITIONS Hodnocení munice z hlediska její životnosti

© Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti

Praha 2021

OBSAH

	Strana
1 Předmět standardu	6
2 Nahrazení předchozích standardů (norem)	6
3 Související dokumenty	6
4 Zpracovatel standardu	6
5 Použité zkratky a definice	6
5.1 Zkratky.....	6
5.2 Definice	7
6 Hodnocení životnosti munice	8
6.1 Východiska	8
6.2 Stanovení vnějšího prostředí	9
6.3 Výrobní standard	9
6.4 Balení munice.....	9
6.5 Mechanismy degradace	10
6.6 Hodnocení konstrukce a analýza rizik	11
6.7 Proces hodnocení životnosti.....	11
6.8 Zkoušky.....	12
6.9 Modelování	15
6.10 Provozní kontrola (ISS).....	16
6.11 Monitorování stavu.....	16
7 Souhrn	17
7.1	17
7.2	17
7.3	17
7.4	17
7.5	17
7.6	17
7.7	18
7.8	18
7.9	18
7.10.....	18
7.11.....	18

Přílohy

Příloha A Účinky vnějšího prostředí na munici	20
Příloha B Hodnocení konstrukce a analýza rizik.....	22
Příloha C Urychlení příčin vzniku poruch.....	23
Příloha D Příčiny vzniku poruch materiálu a aktivační energie	29
Příloha E Modelování a modální analýza	36
Příloha F Výchozí údaje pro hodnocení životnosti.....	38
Příloha G Počáteční hodnocení doby použitelnosti	39
Příloha H Optimalizace skladovacích podmínek pro zvýšení doby životnosti.....	40
Příloha J Prodlužování doby použitelnosti.....	42
Příloha K Konec životnosti.....	43

1 Předmět standardu

1.1 ČOS 139501, 1. vydání, Změna 1, zavádí STANAG 4315, Ed. 2, společně s přejímaným standardem - spojeneckou publikací AOP-46(B) do prostředí ČR. Standard stanovuje pravidla pro řízení procesů používaných k hodnocení životnosti vojenské munice (dále munice) včetně technické podstaty hodnocení.

1.2 Účelem ČOS je popsat omezující faktory životnosti munice, jejich teoretický základ a metodiku používanou při hodnocení celkové životnosti munice.

1.3 ČOS 139501, 1. vydání, Změna 1, není závazný pro konkrétní typ vojenské munice, jehož vývoj byl zahájen před dnem nabytí platnosti standardu a který bude zaveden do užívání u organizačních celků MO ve lhůtě maximálně 18 měsíců od data nabytí platnosti standardu.

1.4 Standard se použije na hodnocení životnosti nejaderné munice. Může být aplikován i na posouzení munice, u níž se předpokládá vzájemná výměna mezi ozbrojenými silami NATO.

2 Nahrazení předchozích standardů (norem)

Tento standard nahrazuje ČOS 139501, 1. vydání.

3 Související dokumenty

V tomto standardu jsou odkazy na dále uvedené dokumenty, které se tímto stávají jeho normativní součástí. U odkazů, v nichž je uveden rok vydání souvisejícího standardu, platí tento související standard bez ohledu na to, zda existují novější vydání tohoto souvisejícího standardu. U odkazů na dokument bez uvedení data jeho vydání platí vždy poslední vydání citovaného dokumentu.

ČOS 130004	HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI A POUŽITELNOSTI MUNICE
ČOS 137601	ORGANIZACE A METODY SCHVALOVÁNÍ ZPŮSOBILOSTI VÝBUŠNIN PRO VOJENSKÉ ÚČELY
ČOS 399007	METODA HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VOJENSKÉHO MATERIÁLU SPLNIT POŽADAVKY NA PRODLOUŽENÍ ŽIVOTNOSTI
ČOS 999933	VLIV OKOLNÍHO PROSTŘEDÍ NA VOJENSKOU TECHNIKU. KLIMATICKÉ PODMÍNKY

4 Zpracovatel standardu

VOP-026 Šternberk, s. p., divize VTÚVM Slavičín; Ing. Lumír Kučera

5 Použité zkratky a definice

5.1 Zkratky

V seznamu jsou uvedeny zkratky, jejichž význam nemusí být všeobecně známý:

Zkratka	Anglický název	Český překlad
CA	Criticality Analysis	analýza kritičnosti
ČOS		český obranný standard

FMEA	Failure Modes and Effects Analysis	analýza způsobů a důsledků poruch
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis	analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch
FTA	Fault Tree Analysis	analýza stromu poruchových stavů
HTPB	Hydroxyl-Terminated Polybutadiene	hydroxylem končený polybutadien
ISE	In-Service Experience	sledování provozních podmínek
ISS	In-Service Surveillance	provozní kontrola
MO ČR		Ministerstvo obrany ČR
PBX	Polymer Bonded High Explosive	trhavina s polymerním pojídlem

5.2 Definice

Níže uvedené definice mají usnadnit použití tohoto standardu.

Doba použitelnosti. Doba, po kterou lze očekávat, že munice zůstane za daných vnějších podmínek skladování a při následném použití za daných bojových a/nebo výcvikových podmínek bezpečnou a použitelnou. Doba použitelnosti je součtem doby životnosti skladových zásob a doby funkční životnosti.

Poznámky:

a) U některých položek nejsou souhrnné doby, po které je munice vystavena různým skladovacím nebo operačním prostředím, zaznamenávány nebo mezi ně není kladen rozdíl a nebylo by ani ekonomické takové záznamy zavádět. V takových případech může být termín „doba použitelnosti“ použit k vymezení celkového časového úseku, po který smí být předmět ponechán v používání před svou likvidací nebo spotřebováním.

b) U munice vstupující do používání je často nezbytné stanovit výchozí dobu použitelnosti, která je pak následně předmětem prodlužování.

Doba životnosti skladových zásob. Doba, po kterou lze očekávat, že munice zůstane za daných skladovacích podmínek bezpečnou a použitelnou.

Doba funkční životnosti. Doba, po kterou může být u munice očekáváno, že zůstane bezpečnou a použitelnou, je-li používána za daných bojových nebo výcvikových podmínek.

Doba vzdušné přepravy. Součást doby funkční životnosti, která se zpravidla vyjadřuje v letových hodinách a/nebo v počtu vzletů.

Doba setrvání ve stavu pohotovosti. Součást doby funkční životnosti, která se zpravidla vyjadřuje ve dnech a představuje časový úsek, kdy munice může být před svým bojovým nebo výcvikovým použitím vystavena vlivům mimo běžné skladovací podmínky. Příkladem může být střela připravená v odpalovacím zařízení nebo munice vyjmutá ze skladu a držená ve stavu připravenosti k bojovému použití.

Doba pro likvidaci. Časový úsek mezi koncem používání a likvidací, ve kterém se má za to, že munice zůstane bezpečnou pro skladování a logistickou manipulaci.

Prodloužení doby životnosti. Termín používaný ve vztahu k nárůstu doby životnosti munice nad dříve stanovenou dobu.

Počátek doby životnosti. Počátkem doby životnosti je u munice zpravidla datum plnění výbušné náplně zajišťující, že každé prodlení mezi vyrobením výbušniny a plněním nebo kompletací je pro schvalující orgán státu (národní autoritu) akceptovatelné. U celků obsahujících dvě nebo více výbušných součástí se počátek doby životnosti kompletu stanoví jako datum plnění součásti, u které se očekává dřívější uplynutí doby životnosti. Existují dvě výjimky:

a) Problémy se mohou vyskytnout u zahraniční munice, u které není datum plnění známo nebo nemůže být ověřeno. V takových případech musí být zvoleno vhodné datum, jako je např. termín převzetí zahraničním orgánem nebo dřívější při podezření, že některá součást podléhala v závažném rozsahu stárnutí před tímto datem.

b) V některých případech může být doba životnosti výbušné součásti určována stárnutím nevýbušného prvku v ní obsaženého. Potom je nezbytné počítat dobu životnosti součásti nebo kompletu od jiného data, než je datum plnění výbušninou.

Provozní kontrola (ISS). Provozní kontrola sestává z plánovaného vyjmutí munice z provozního prostředí, její podrobné prohlídky a/nebo zhodnocení technických parametrů.

6 Hodnocení životnosti munice

Životnost munice je významným faktorem každé studie nákladů na životní cyklus, která je prováděna pro zbraňový či muniční systém. Důvodem je skutečnost, že nahrazení munice či jejích částí s prošlou dobou životnosti je po pořizovacích nákladech hlavní položkou veškerých nákladů na celý životní cyklus. Zhodnocení životnosti je tudíž přinejmenším do okamžiku, kdy bude munice pravděpodobně spotřebována při výcviku nebo se stane zastaralou, zásadní pro efektivní a ekonomické řízení armádních operačních zásob.

6.1 Východiska

6.1.1 Od munice se zpravidla požaduje, aby odolala působení širokého rozsahu vlivů vnějších prostředí bez toho, že by se stala nebezpečnou nebo nepoužitelnou pro manipulaci, skladování nebo přepravu a aby poté fungovala určeným způsobem. To může znamenat, že munice je zatěžována nejextrémnějšími klimatickými prostředími souběžně s vyvolanými prostředími vyplývajícími z jejího provozního použití. Bezpečnost nebo použitelnost munice může být omezena nepřijatelným stupněm degradace komponent nebo materiálů po jejich vystavení normálním provozním prostředím nebo určitým extrémním podmínkám. V druhém případě musí munice zůstat bezpečnou pro následující likvidaci, ale nemusí být nezbytně použitelná. Degradace muničních komponent či materiálů při jejich normálním provozním použití vyvolá posléze kritickou poruchu, která se stává limitujícím faktorem životnosti. Takovým druhem poruchy může být tvorba trhlin ve výbušných náplních, defektní spoje a těsnění, rozměrové změny a porušení vnitřního uspořádání nebo pláště munice. Ucelenější přehled je uveden v příloze 1. Identifikace tohoto procesu za použití teoretických modelů a praktických zkoušek na vliv prostředí umožní odpovídající vyhodnocení doby životnosti.

6.1.2 Jedním z nejdůležitějších činitelů je u munice volba vhodných energetických materiálů. Pečlivý výběr je životně důležitý, protože má rozhodující vliv na bezpečnost při skladování, přepravě a funkčním použití. Pro zajištění požadovaných vlastností, které ji činí bezpečnou a použitelnou v konkrétní úloze,

musí mít výbušnina schválenou způsobilost. Principy a metodiky schvalování způsobilosti včetně příslušných zkoušek jsou uvedeny v ČOS 137601. Přezkoušení rizikovosti výbušnin s prošlou dobou životnosti poskytuje jistotu, že látky zůstanou v předpokládaném prostředí bezpečné po požadovanou dobu životnosti.

6.1.3 Schvalování způsobilosti je mezistupněm, který snižuje riziko při výběru výbušniny pro konkrétní použití, i když nezahrnuje všechny zkoušky výbušniny pro danou aplikaci. V zásadě musí být schvalování způsobilosti ukončeno předtím, než je proveden výběr výbušného materiálu. To však nemusí být vždy proveditelné. V takovém případě je třeba ukončit schvalování před zkouškami systému tak, aby mohly být vyhodnoceny všechny potenciální problémy týkající se výbušniny. Výbušnina může být schválena pro typové použití, byla-li posouzena jako část konstrukce konkrétní zbraně či munice a prokázalo se, že je v této úloze bezpečná a použitelná pro bojové a výcvikové použití.

6.1.4 Muniční konstrukce obsahují široký okruh materiálů zahrnující kovy, plasty, pryže, lepidla a výbušniny. Zásadním požadavkem je, aby mezi materiály v munici nenastala taková chemická nebo fyzikální reakce, která by v průběhu stanovené doby použitelnosti vedla k nepříjemnému snížení její bezpečnosti nebo použitelnosti. Všechny materiály a výbušniny, které budou v přímém kontaktu nebo do něj mohou přijít výpary z nich, musí příslušnými zkouškami prokázat vzájemnou snášenlivost. Totéž platí i pro balicí materiály, které musí být snášenlivé jak navzájem, tak s obsahem obalu. Zkušební postupy pro stanovení chemické snášenlivosti popisuje ČOS 137601.

6.2 Stanovení vnějšího prostředí

Doba životnosti munice se v podstatné míře mění v závislosti na jejím zatížení vlivem klimatických pásem, charakteru skladování a přepravy a na provozních podmínkách, pro které je určena. Přesnost všech předběžných výpočtů, ověření nebo oprav doby použitelnosti tedy závisí na znalosti vnějšího prostředí, kterým munice v provozu projde; z toho vyplývá zvláštní pozornost, která se věnuje získání potřebných údajů. K tomu se požaduje vyplnění dotazníku k identifikaci vnějšího prostředí provozu munice tak, jak je popsáno v ČOS 130004. Odpovědi na dotazník udají způsob, jakým bude materiál používán, přepravován a skladován (včetně časových měřítek) a rovněž klimatická pásma pro provozní použití. Tato informace pak umožní vypracování odpovídajícího profilu vnějšího prostředí životního cyklu, který reprezentuje právě ty podmínky, kterými munice v provozu projde.

6.3 Výrobní standard

Materiál používaný v průběhu vývojových zkoušek může mít mnoho odlišností ve srovnání s výrobním standardem konečného výrobku. Orgán státu (národní autorita - viz ČOS 137601 a ČOS 130004) však může rozhodnout o použití stanoveného provedení výrobního typu od konkrétního výrobce, místa a způsobu výroby. Změny těchto charakteristik včetně změn zdroje či druhu surovin a komponent nebo přerušení výroby by mohlo ovlivnit platnost původního hodnocení. Zvláště závažné jsou jakékoliv změny u energetických materiálů použitých v munici mající vliv na bezpečnost, technické parametry a parametry stárnutí.

6.4 Balení munice

Velká část munice stráví většinu své doby použitelnosti ve skladu. Období strávené v operačním používání bude kratší a balení (je-li použito) může být mnohem lehčí.

Během všech těchto period se požaduje přiměřená ochrana. Vhodné balení munice je tak tím, že poskytuje ochranu proti extrémním vlivům teploty, vlhkosti vzduchu, vibrací, rázů a dalších rizik vznikajícím působením vnějšího prostředí, nezbytné k zachování její bezpečnosti, použitelnosti a spolehlivosti. Obaly se zhotovují ze snášlivých materiálů, které záporně neovlivňují nebo nekontaminují municí. Zkoušky zabalené munice jsou zásadní pro potvrzení, že municí je poskytnuta odpovídající ochrana před hrubým zacházením a vlivy vnějšího prostředí, kterým bude munice s největší pravděpodobností vystavena v průběhu své doby použitelnosti.

6.5 Mechanismy degradace

Materiály použité při konstrukci munice se mohou znehodnocovat rozmanitými způsoby, a to náhle nebo postupně, vratně nebo nevratně. Druhy poruch lze rozdělit do následujících kategorií:

a) Tepelné (chemické). Tyto druhy poruch mohou být definovány jako změny nastávající v chemických látkách a mající za následek nepříjemné zhoršení bezpečnosti nebo funkčních charakteristik. Některé výbušné látky jsou přirozeně nestabilní a podléhají neustálému rozkladu i při teplotě okolí. Rychlost rozkladné reakce se mění v závislosti na teplotě a někdy i na dalších faktorech (např. na vlhkosti vzduchu). Příklady chemických druhů poruch zahrnují rozkladné reakce střelivin, korozi kovů, nesnášlivost mezi materiály a rovněž degradační účinek slunečního záření na přírodní a syntetické organické materiály (např. pryže a plasty).

b) Mechanické. Lze rozpoznat dva hlavní mechanické druhy poruch. Prvním je únava materiálu, kde se vlivem cyklického zatěžování tvoří trhliny, které se pak rozšiřují až ke vzniku poruchy součástky. Druhý způsob poruch vzniká v důsledku zatížení přesahujícího prahovou hodnotu a porušujícího součástku.

c) Speciálně u energetických materiálů dochází pohyby v místě vzájemného styku ke vzniku třecích (kontaktních) poruch způsobujících dva druhy problémů: úbytek materiálu a zahřívání. Úbytek materiálu je schopen vyvolat strukturální zeslabení nebo uvolnění slícovaných povrchů. Existence tření může za těchto podmínek u exponovaného povrchu výbušniny vést k tvorbě horkých jader s následným zahořením a/nebo výbuchem. Rovněž dochází k tvorbě výbušného materiálu ve formě prachu s vyšší citlivostí, než má původní kompaktní materiál, a ke vzniku rizikového stavu. Pronikání prachu do částí munice, kde může nastat přiskřípnutí materiálu často vede k jeho zážehu a zpětnému průšlehu plamene k výbušné náplni.

d) Termomechanické. Tento termín se vztahuje na mechanická pnutí v materiálech vyvolaná tepelnými vlivy a mající za následek mechanickou poruchu. Změna teploty v systému obsahujícím látku s rozdílnými tepelnými vlastnostmi, tepelnou vodivostí a koeficienty tepelné roztažnosti vytváří v materiálech (a zvláště ve spojích) pnutí. Koeficienty roztažnosti kovů jsou mnohem menší než koeficienty plastů a pryží. S takto vzniklými problémy je třeba počítat u raketových motorů, a to u spojů mezi hnací náplní, vložkou a tělem komory nebo mezi náplní a inhibitorem v případě volných náplní. Porucha spoje u takových styčných ploch obvykle vede ke katastrofálnímu selhání funkce. Účinky rozdílné tepelné roztažnosti a kontrakce materiálů v municí vedoucí k rozměrovým změnám mohou způsobit např. vznik trhlin ve výbušných náplních nebo poruchu těsnění; ve druhém případě by tak bylo umožněno pronikání vlhkosti k náplním se všemi svými důsledky nebo by docházelo k vypocování složek výbušniny. U tritolových hlavních trhavinových náplní je tvorba trhlin kritičtější, je-li náplň přilepena (přitmelena) k vnitřní stěně těla střely a tak je

při chladnutí omezeno její objemové smršťování. Všechny tyto jevy se s největší pravděpodobností budou stupňovat rychlými změnami teplot, např. při náhlé změně nadmořské výšky při vzdušné přepravě.

6.6 Hodnocení konstrukce a analýza rizik

6.6.1 Vyhodnocení konstrukce a analýzy rizik vůči schváleným konstrukčním principům je jako součást programu hodnocení životnosti nezbytné provést u veškeré munice ještě před praktickými zkouškami. Posouzení má zaručit, že jsou zjištěna potenciální rizika a druhy poruch, identifikovány rizikové stavy a stanoveno, zda porucha ovlivní bezpečnost a použitelnost munice. Metody hodnocení zahrnují analýzu způsobů a důsledků poruch (FMEA), analýzu způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA) a analýzu stromu poruchových stavů (FTA). Podrobnosti jsou uvedeny v příloze 2.

6.6.2 FME(C)A je analýzou zdola nahoru, která prověřuje nízkourovňové komponenty a posuzuje poruchy systémů vyplývající z odlišných druhů poruch komponent. Výhody této analýzy:

- a) umožňuje pochopení struktury systému a faktorů ovlivňujících spolehlivost;
- b) identifikuje komponenty, které jsou citlivější z hlediska spolehlivosti nebo rizikovější.

6.6.3 FME(C)A u každého druhu poruchy vyhodnotí:

- a) vliv na dílčí systémy do úrovně systému;
- b) pravděpodobnost výskytu;
- c) závažnost a kritičnost (u analýzy kritičnosti).

FME(C)A může být kvantitativní nebo kvalitativní nebo kombinací obou způsobů.

6.6.4 FTA doplňuje FME(C)A v tom, že je analýzou shora dolů, která začíná u chyby systému a závady analyzuje na základě poruch dílčího systému. Efektem je identifikace všech možných příčin selhání systému. Pro jednoduché systémy je výhodnější použití FME(C)A, avšak pro komplexní systémy je lepší FTA.

6.7 Proces hodnocení životnosti

6.7.1 Realistické posouzení životnosti vyžaduje přesné a podrobné znalosti konstrukce, použitých materiálů a funkčních aspektů munice společně s prostředím a podmínkami, kterým může být prostředek vystaven v provozu. Je nezbytné, aby výrobní standard (může jím být celá konstrukce) byl důkladně zdokumentován a pochopen a použité materiály, včetně výbušných látek, kriticky posouzeny. K identifikaci možných druhů poruch a jejich důsledků je důležité provedení podrobného hodnocení konstrukce a rizik. Stanovit s naprostou přesností očekávaná provozní prostředí včetně přepravy, skladování, manipulace a operačního použití je pro jejich rozmanitost velmi obtížné. Stejně tak přesné teplotní a mechanické podmínky, kterým bude munice vystavena, mohou být zpravidla určeny pouze co nejkvalitovanějším odhadem.

6.7.2 Programy hodnocení životnosti se musí k dosažení základního cíle, tj. maximalizace dob použitelnosti při minimálních nákladech, pro každý typ munice přizpůsobit. Mohou být potvrzeny dřívější prognózy doby použitelnosti a jako odpovídající rozšiřovány, dokud není dosaženo požadované životnosti.

6.7.3 Hodnocení relativně jednoduché a levné munice, u které je vyžadována pouze krátká doba použitelnosti a důsledky defektu představují malé riziko pro osoby a materiál, může obsahovat jen posouzení konstrukce a omezené nebo žádné praktické odzkoušení. Velké množství dané munice v provozu poskytuje prostřednictvím hlášení o závadách přiměřenou jistotu jejího bezpečného a použitelného stavu. U takových druhů munice se zpravidla nepožaduje další provozní přezkušování.

6.7.4 U složitějších muničních objektů s požadovanou dlouhou dobou použitelnosti, u nichž je počet prověřených kusů omezený a důsledky defektu představují riziko pro osoby a materiál, je vhodnější použít program, který obsahuje vyhodnocení konstrukce a rizika, modelování a rozsáhlé praktické zkoušky. Pro takovou municí je program hodnocení realizován v pěti etapách – viz obrázek 1.

6.7.5 Etapa 1 spočívá ve zhodnocení konstrukce za účelem identifikace potenciálních druhů poruch (viz příloha B). Hodnocení pokrývá celkovou konfiguraci systému, součásti a konstrukční materiály. Souběžně se posoudí životní cyklus a rovněž vnější prostředí, se kterými se munice setká. V etapě 2 jsou identifikovány všechny potenciální druhy poruch limitujících životnost. Etapa 3 představuje rozhodovací proces, při kterém jsou určeny metody použité pro hodnocení životnosti, tj. kombinace modelování, zkoušení, monitorování stavu a provozní kontroly. V etapě 4 se provádějí zkoušky formou kombinace postupných zkoušek a testů bezpečnosti. Závěrečná pátá etapa zahrnuje zpracování všech skutečností shromážděných v průběhu procesu a vyhodnocení doby životnosti, po kterou munice zůstane bezpečnou a použitelnou.

6.7.6 Podrobnosti o základních údajích potřebných pro hodnocení životnosti a faktory, které se musí vzít v úvahu při stanovení výchozí doby použitelnosti, jsou uvedeny v přílohách F a G. Krátký přehled zkoušek, modelování, provozní kontroly a monitorování stavu je podán v následujících kapitolách 7.8 až 7.11.

6.7.7 O zařazení munice do kategorií „jednoduchá“ a „složitější“ z hlediska hodnocení životnosti – a z něj vyplývajícího nezbytného rozsahu zkoušek – je závazné stanovisko orgánu státu (národní autority) pro hodnocení bezpečnosti munice zřízeného v souladu s ČOS 130004.

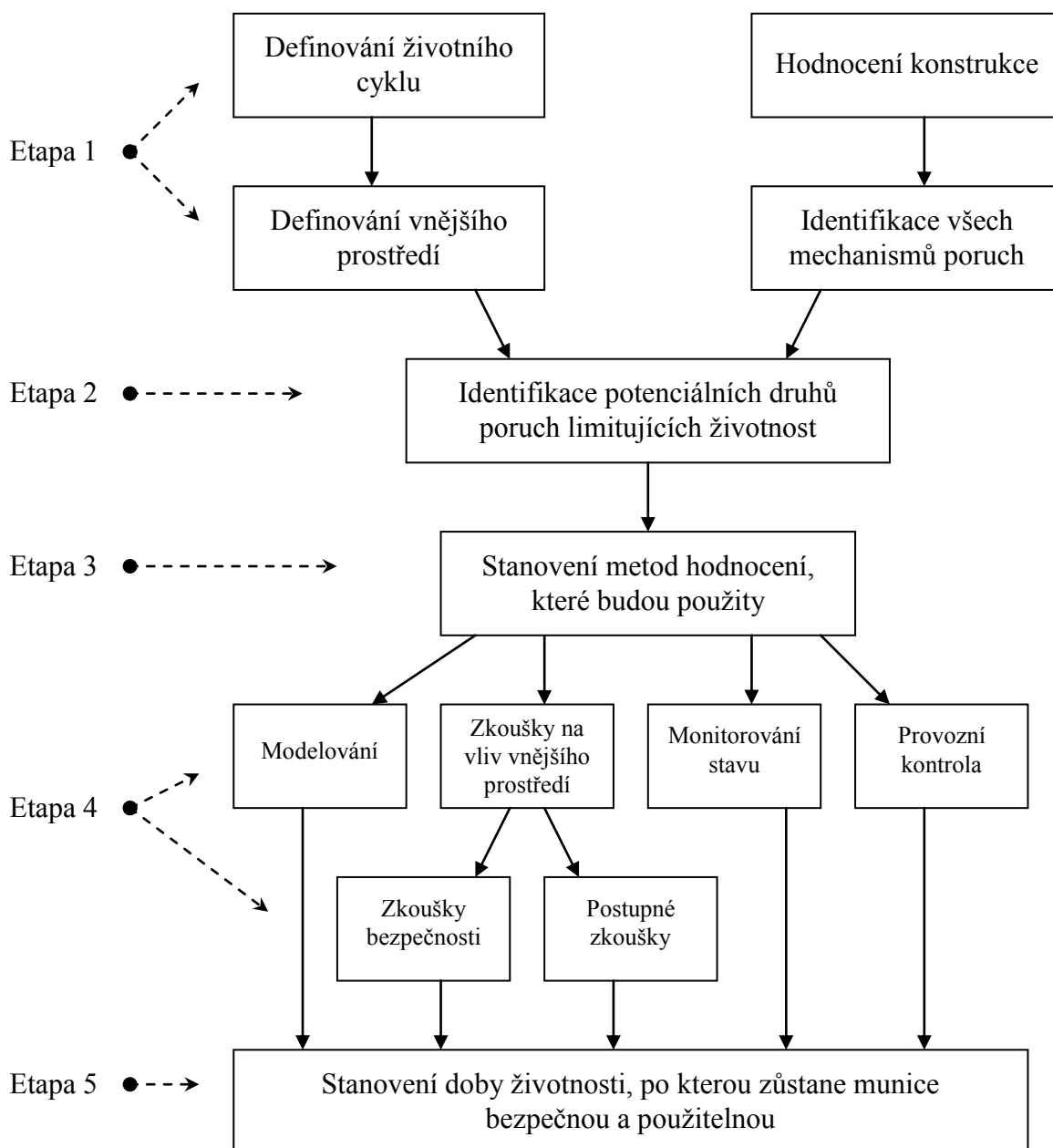
6.8 Zkoušky

6.8.1 Pokud jsou zkoušky na vliv vnějšího prostředí považovány za nezbytnou součást procesu hodnocení životnosti, měly by být, kdekoliv je to možné, seřazeny do postupného programu. Typický program postupných zkoušek vychází z životního cyklu munice a zahrnuje časové úseky přepravy, skladování, stavu operační připravenosti a dopravy na cíl. V podstatě se munice před svým rozhodujícím ověřením a střelbou podrobí umělému stárnutí vystavením sledu klimatických a dalších zkoušek. Ty zahrnují denní teplotní cykly, vibrační, rázové a manipulační zkoušky, které jsou co do délky a náročnosti uspořádány tak, aby výsledné stárnutí přiměřeně reprezentovalo předpokládanou dobu použitelnosti munice.

6.8.2 Použití urychlených zkoušek umožňuje v relativně krátké době posoudit reakci munice na očekávaná vnější prostředí. Koeficient urychlení je poměr mezi zhoršením stavu munice vlivem urychlené zkoušky a znehodnocením způsobeným nejhorším očekávaným provozním prostředím působícím po reálnou dobu. Podmínky urychlené zkoušky by neměly překračovat mezní hodnoty (nebo rychlosti změn hodnot), které se pravděpodobně vyskytnou v určeném provozním prostředí. Musí být rozpoznána

každá odchylka od podmínek provozního prostředí vztahující se k munici a mající za následek ztrátu reality a stupně důvěryhodnosti výsledků zkoušky. Zrychlení degradace se může dosáhnout nárůstem doby zkoušek za nejtěžších podmínek. Prognózy založené na urychlených zkouškách se považují za realističtější než předpovědi odvozené ze zkoušek za zhoršených podmínek, při kterých může dojít k překročení hodnot provozního prostředí. Pro mírná vnější prostředí však může být pro zvýšení náročnosti zkoušky přípustné zkrácení doby jejího trvání (tj. její větší urychlení).

6.8.3 Významným faktorem v programu zkoušek pro hodnocení životnosti je identifikace a zhodnocení stavu munice. Na počátku zkoušek se zpravidla provádí vizuální kontrola ke zjištění zjevných defektů (např. výskyt trhlin, koroze vnějších součástí), rentgenografie a požadovaná elektrická měření. U munice, která prošla požadovaným rozsahem programu zkoušek, je třeba pro stanovení vlivu zkoušek na její stav uskutečnit zevrubnou kontrolu a ověření funkce při přesných mezních teplotách. Pro určení fyzického stavu munice se obvykle užívají rentgenografické a ultrazvukové techniky. U demontované munice je možné stanovení fyzikálních (rozměry, hustota, pevnost spojů, mechanické vlastnosti atd.) a chemických charakteristik součástí a náplní. Pro energetické materiály lze využít metody uvedené v ČOS 137601. Význam a hodnota rozhodující kontroly se podstatně zvyšuje, jsou-li vlastnosti výbušných náplní známy v okamžiku jejich zalaborování do částí munice. V kontraktech na novou municí by měl být, pokud je to možné, obsažen požadavek na uvedení tohoto časového údaje.



Obrázek 1 Pět etap postupu hodnocení životnosti

6.8.4 Důležitý je výběr použité metody urychleného stárnutí. Chemická a termomechanická degradace může být urychlena aplikací zvýšených teplot, přičemž se užije buď konstantní teplota, nebo 1% denní cykly podle ČOS 999933. Denní teplotní cykly více odpovídají skutečnému průběhu zatížení a jejich prostřednictvím lze lépe stanovit druhy a průběhy poruch v munici. Pro určité modely životního cyklu může být odůvodněné použití kombinace stárnutí při konstantní teplotě a denních cyklů.

6.8.5 V případě, kdy je třeba munici věnovat zvýšenou pozornost v důsledku jejího vystavení vyšším zkušebním teplotám ve srovnání s předpokládanou průměrnou provozní teplotou, se použije při výpočtu koeficientu urychlení Arrheniova rovnice (nebo Berthelotův zákon). Hodnoty referenční provozní teploty a aktivační energie přiřazené zjištěnému kritickému druhu poruchy mají zásadní význam pro velikost koeficientu urychlení získaného ze zkoušek životního cyklu pro použití k předpovědi

prozatímní doby použitelnosti. Relativně malé změny aktivační energie mohou vést k velkým diferencím u koeficientu urychlení (viz příloha C).

6.8.6 Simulace vibračního prostředí, kterému je munice vystavena během své doby použitelnosti, není vždy možná a existuje zde trvalý stupeň neurčitosti. Pokud nejsou k dispozici reálné časové údaje, většina vibračních zkoušek inklinuje k nižší náročnosti, než je tomu ve skutečném provozním prostředí. Uspokojivé završení těchto zkoušek poskytuje důvěru ve schopnost munice odolat reálnému vnějšímu prostředí. Každé urychlení vibračních testů se musí aplikovat s patřičnou obezřetností. K vyjádření vztahu mezi zkušebními úrovněmi a dobami do naměřených úrovní a mezi vyžadovanými dobami použitelnosti se používá Minerova hypotéza¹. Ta je založena pouze na únavovém lomu v měkké oceli, nicméně s určitou opatrností může být aplikována na munici, i když ta je do značné míry zhotovena z jiných materiálů. Únavová analýza a lomová mechanika jsou obsáhleji diskutovány v příloze 3.

6.8.7 Na závěr programu zkoušky na vliv prostředí se pro stanovení jejich účinků provede posouzení stavu munice. Faktory ovlivňující bezpečnost systému jsou mnohem významnější než činitelé působící pouze na jeho použitelnost. Získání komplexní databáze podobné munice, která byla v provozu za analogických podmínek jako předmětná munice, může pomoci při celkovém zkvalitnění a zvýšení objektivnosti procesu hodnocení životnosti.

6.8.8 Podrobnosti metodik pro stanovení a hodnocení tří typů degradací definovaných v článku 7.5, které mohou vést k poruše munice, jsou uvedeny v příloze 3. Systém zkoušení je popsán v ČOS 130004.

6.9 Modelování

6.9.1 Modelování se při hodnocení bezpečnosti využívá stále více. Je tomu tak proto, že zkoušky neposkytují zcela kompletní soubor nezbytných údajů, což pak vede k nedostatku jistoty dosažitelné samotným zkoušením. Modelování by mělo kompenzovat tento nedostatek. Kromě toho použitím zkoušek, jako je standardní zkouška ohněm s použitím kapalného paliva, jsou faktory vnějšího prostředí ve vzrůstající míře omezovány. V současnosti jsou k dispozici modely, které dovedou přesně předpovědět dobu do reakce munice při jejím pomalém ohřevu. Stejnou měrou může modelování poskytnout cenné informace o pravděpodobnosti průrazu elementy o vysoké či nízké rychlosti. Kromě toho se může použít k vyhodnocení úrovní pnutí materiálu vzniklého v důsledku působení prostředí s teplotními a mechanickými vlivy.

6.9.2 Dobře propracované jsou modely pro vysokorychlostní náraz vedoucí k okamžitému vzniku šokového stavu, avšak u nižších rychlostí ještě existují při předpovědi důsledků děje problémy z důvodu těžkostí při modelování tepelného a mechanického působení spojeného s procesy, jako je možný přechod deflagrace v detonaci. Podobně nejednoznačné situace nastávají při modelování vlivu pomalého a rychlého ohřevu, kdy lze předpovědět čas do vzniku reakce, ale ne její důsledky.

6.9.3 V oblastech dynamického modelování a přestupu tepla je technologie, umožňující provedení analýz, pokročilejší. Tyto aplikace jsou významné pro mnoho scénářů popisujících chování munice, jako je tomu např. u dynamické reakce munice

¹ Miner, M. A.: Cumulative damage in fatigue. Journal of Applied Mechanics, 1945, roč. 12, s. 159 – 164.

na vibrace a diferenčního tepelného zatížení vznikajícího šokem v průběhu vzdušné přepravy. Takové modely již umožňují zdokonalené výpočty únavy materiálu a mechaniky lomu.

6.9.4 Je nepravděpodobné, že by při procesu hodnocení munice modelování zcela nahradilo zkoušky. Výsledky obou postupů mají pomoci při hodnocení, které dokazuje splnění požadavků z pohledu bezpečnosti a působení vnějšího prostředí. Proces hodnocení tak bude pravděpodobně zahrnovat kombinaci zkoušek a modelování.

6.9.5 Progresivní začleňování metod modelování vede ke změně povahy zkoušek, které se stále více zaměřují na potvrzování výsledků dosažených použitím modelů a stávají se tak levnějšími.

6.9.6 Podrobnosti některých počítačových modelů, používaných pro prognózování doby použitelnosti, jsou uvedeny v příloze 5.

6.10 Provozní kontrola (ISS)

6.10.1 Prvotním účelem provozní kontroly je monitorovat munici v provozu (používání) a prokázat, že tato bude po svém vystavení provoznímu prostředí nadále fungovat bezpečně a spolehlivě. Program ISS má umožnit ověření a potvrzení účinků přirozeného stárnutí předpovězeného na základě programu zkoušek na vliv vnějšího prostředí. Kontrola může bohužel poskytnout pouze výsledky v reálném čase, a tak by měla být identifikována nepřijatelná degradace a následně takové zhoršení stavu může být rozšířeno na celý soubor. K minimalizaci dopadu uvedené skutečnosti se munice pro provozní zkoušky vybírá z počátečního období výroby, aby právě zkoušené kusy byly vystaveny nejhorším provozním podmínkám. Programy ISS se mohou rovněž použít pro prodlužování doby životnosti munice s jednodušší konstrukcí a s malou pravděpodobností bezpečnostní závady.

6.10.2 Program ISS má obsahovat rozhodující zkoušky a kontrolní kroky zahrnující nedestruktivní zkušební metody, chemickou/fyzikální analýzu a ověření vlastností materiálů a funkční zkoušky. Střelby se mají provádět při mezních provozních teplotách. U složitější munice (např. u řízených střel) je počet kusů, který může být vybrán ke zkouškám, velmi omezený. Proto je důležité, aby se z omezeného počtu zkoušených vzorků získalo maximální množství informací. Je-li muniční položka jednoduchá, levná a početná, pak mohou být k přezkoušení vybrány relativně větší vzorky zajišťující vyšší stupeň spolehlivosti výsledků.

6.10.3 Nevýhodou procesu provozní kontroly je, že každý druh poruchy, který se vyskytne mimo relativně krátký časový úsek a není identifikován regresní analýzou, poskytuje pouze krátkou dobu pro jakoukoliv nápravnou akci nebo pro nové pořízení munice. Další pokyny pro postup prodlužování doby životnosti lze nalézt v ČOS 399007.

6.11 Monitorování stavu

6.11.1 Použití procesu monitorování stavu je důležitým krokem k pochopení reálného vnějšího prostředí, se kterým se munice setká. Tato informace zvyšuje důvěru k procesu hodnocení potvrzením skutečných podmínek v průběhu doby životnosti. Zavedení jakéhokoliv monitorovacího systému musí poskytnout adekvátní informace týkající se fyzikálních činitelů ovlivňujících degradační proces. Kromě toho je k umožnění včasné detekce začátku poruchy a přijetí nápravných opatření nezbytná jeho dostatečná citlivost ke změnám.

6.11.2 Při monitorování se registruje reakce munice na podmínky vnějšího prostředí. Může se použít pro ověření platnosti specifikace požadavků na vlivy prostředí, stanovení vstupních parametrů hodnocení a pro sledování stavu munice. Lze sledovat mnoho parametrů, ale nejdůležitější jsou: teplota, dislokace, zatížení (namáhání) a urychlování změn.

6.11.3 Monitorování poskytuje údaje z dlouhého časového období (např. použitím zapisovacích přístrojů) nezbytné pro přehodnocení konstrukce a stanovení jednotlivých částí životnosti. To je rozhodujícím faktorem ve strategii dynamického hodnocení životnosti.

7 Souhrn

7.1

Důvěra ve stanovenou životnost vychází ze širokého spektra informací získaných prediktivním modelováním, analýzami rizika a praktickými zkouškami prováděnými se standardními výrobními typy munice, z údajů zjištěných u podobných objektů a následných programů provozní kontroly (ISS) a sledování provozních podmínek (ISE).

7.2

Metodika používaná k předložení důkazu, že munice je bezpečná a použitelná, vyžaduje identifikaci potenciálních druhů poruch. V prvním kroku se to uskutečňuje během přezkoumání hodnocení konstrukce a analýzy rizik. Důležitou metodou k objasnění chování munice je matematické modelování, jež umožňuje i významné snížení počtu nezbytných praktických zkoušek (a tedy i nákladů a času) v programu hodnocení životnosti.

7.3

Přesnost každého hodnocení životnosti je závislá na znalosti prostředí, kterému bude munice při provozu vystavena. Získání správných potřebných informací je třeba věnovat maximální pozornost.

7.4

Program zkoušek na vliv vnějších prostředí v průběhu životního cyklu munice je založen na jejím zatížení vyvolaném urychleným stárnutím a mechanickými (dynamickými) zkouškami. Za nejvhodnější metodu pro výpočet urychlení chemické degradace se považuje aplikace Arrheniovy rovnice. Při hodnocení životnosti je nejdůležitější identifikace kritických druhů poruch a přiřazení reálné aktivační energie do rovnice. Zvláště tam, kde u hodnoty aktivační energie existuje nejistota, má být stupeň urychlení zkoušky uchovávan na co nejnižší úrovni v souladu s udržením nákladů a její délky v přijatelných hranicích.

7.5

Užití zlepšených postupů, jako jsou např. řízené podmínky skladování, vysoce kvalitního balení a metody dvojích zásob významnou měrou prodlouží dobu životnosti munice.

7.6

Doba životnosti skladových zásob munice může být zásadně ovlivněna teplotou a vlhkostí vzduchu při skladování. Tam, kde je hlavním faktorem stárnutí tepelná

degradace, poskytne udržování skladovací teploty na 15 °C místo 20 °C (nebo vyšší) nemalé úspory nákladů spočívající v nárůstu doby životnosti. K získání reálných údajů pro účely hodnocení životnosti munice se doporučuje sledování teplotních a vlhkostních poměrů ve skladových zařízeních.

7.7

Použití systémů záznamu dat, schopných poskytnout přesné údaje o skutečných parametrech prostředí, přispěje k přesnějšímu stanovení životnosti a rozvoji prognostických metod modelování.

7.8

Je přípustná aplikace Minerovy hypotézy pro zvýšení rychlostí degradace vlivem vibrací, ale vyžaduje se zajistit, aby úroveň zatížení nepřesáhly meze dané konstrukcí munice. Předpokládané vibrační otřesy, kterým bude munice vystavena, musí být reprodukovány v reálném čase.

7.9

Významné je stanovení a zhodnocení stavu munice před zahájením programu hodnocení životnosti, v jeho průběhu a při ukončení. K určení stavu muničních dílů a materiálů se musí použít vhodné nedestruktivní zkušební metody a kompletní řada chemických a fyzikálních analýz.

7.10

Prodloužení doby životnosti může být v případě, kdy je dílčím zhodnocením po uplynutí doby 10 let zjištěna nepravděpodobnost vzniku bezpečnostní poruchy, dosaženo provedením programů provozní kontroly a sledování provozních podmínek včetně střílebských při mezních provozních teplotách a kritické analýzy. Četnost odběru vzorků může kolísat od 1 do 5 let a pokračovat až do okamžiku použití či likvidace munice.

7.11

Prodloužení doby životnosti složitější munice (viz čl. 7.7.7) se po výchozím zhodnocení, realizovaném po uplynutí 10 let, docílí prostřednictvím zkoušek prováděných v rámci programu prodlužování doby životnosti. Každým takovým programem se může životnost prodloužit až o 10 let, takže celková životnost může být prodloužena i přes hranici 25 let.

PŘÍLOHY

Příloha A
(informativní)

Účinky vnějšího prostředí na munici

1 Následující články ilustrují některé ze způsobů, kterými může vnější prostředí (zahrnující přepravu, hrubé zacházení a klimatické podmínky) ovlivňovat bezpečnost a použitelnost.

2 Přeprava a hrubé zacházení může:

- a) porušit těsnění;
- b) způsobit únavu materiálu nebo jeho prasknutí;
- c) způsobit trhliny ve výbušninách;
- d) rozmělnit výbušniny na prach;
- e) vyprášit výbušniny do prasklin nebo do závitů;
- f) vyvolat lokální přehřátí třením vyprášených částic výbušniny vzájemně mezi sebou nebo se součástmi balení;
- g) vyvolanými rázy nebo deformacemi způsobit kompresi výbušnin;
- h) zlámat nebo poškodit mechanické části pojistných mechanismů a tak zapříčinit jejich odjištění nebo nefunkčnost;
- i) sepnout nebo přerušit elektrické obvody poškozením vedení nebo součástí buď přímo, nebo nepřímo vznikem kovových odštěpků a jejich pohybem;
- j) způsobit poškození, které není zjištěné až do okamžiku, kdy je učiněn pokus prostředek použít nebo kdy pozdější události rozvinou původní poškození a vedou k poruše.

3 Klimatické podmínky a změny mohou:

- a) mít za následek zahřátí výbušnin na takovou teplotu, při které dochází k jejich tavení nebo plastickému tečení (i v případech, kdy není dosaženo bodu tání). To může vést k jejich zachycení v závitech nebo trhlínách v kovu, kde může později vlivem nárazu nebo tření dojít k jejich výbušné přeměně. Vlastnosti střely s roztavenou náplní nebo náplní vystavenou plastickému toku a znovu ztuhlou mohou být odlišné od původních vlastností;
- b) způsobit zcitlivění nebo naopak znečitlivění výbušnin při jejich nadměrném zahřívání po příliš dlouhou dobu;
- c) vyvolat nasátí vzduchu skrz porušené těsnění a přivodit tak vniknutí vodních par. Většina výbušnin je působením vody negativně ovlivňována; mohou se stát inertními nebo citlivějšími. Citlivé rozkladné produkty se mohou prostřednictvím reakcí v plynné fázi usadit kdekoliv v muničním prostředí a v průběhu další manipulace způsobit nehodu;
- d) vést k tvorbě ledu uvnitř nebo vně munice. Led je schopen vyvolat velkou destruktivní sílu ve spojích. Dochází-li k jeho vzniku na površích, ovlivňuje funkci a aerodynamiku;
- e) mít za následek škodlivé účinky aerodynamického ohřevu;
- f) způsobit vznik trhlín ve výbušninách;
- g) změnit vlastnosti materiálů tím, že některé fyzikální změny nastávají (nebo mají maximální rychlost) při nízkých teplotách – např. pryž krystalizuje nejrychleji při asi -25 °C. Některé materiály při extrémních arktických teplotách tvrdnou nebo dosahují skelného stavu a podobně se mohou měnit elektrické charakteristiky;

Příloha A
(informativní)

- h) vyvolat rozdílné roztahování a smršťování materiálů o různých vlastnostech způsobující poškození těsnění, plášťů a součástek;
- i) vést ke vzniku koroze v důsledku vystavení škodlivým výparům z obalů nebo materiálů a vlhkosti (čistě, s obsahem soli nebo chemicky znečištěné). Některé slitiny, konkrétně hořčíkové, jsou na přítomnost slané vody zvláště citlivé;
- j) způsobit zkratování nebo změnu charakteristik elektrických obvodů v důsledku kondenzace vlhkosti na jejich součástech;
- k) podporovat bimetalickou korozi v místech styku různých kovů;
- l) vyvolat reakce mezi vzájemně nesnášenlivými materiály;
- m) způsobit plynování výbušnin vedoucí k vysokým vnitřním tlakům a k nebezpečí uvolnění výbušných plynů;
- n) vést ke vzniku extrémních hodnot tlaků s důsledkem poškození těsnění a změny funkčních charakteristik;
- o) způsobit důsledky, které nejsou zjevné až do okamžiku, kdy je učiněn pokus prostředek použít.

4 Raketové motory jsou ke klimatickým změnám obzvláště citlivé. Kromě změn balistických charakteristik mohou nastat další vážné a někdy nebezpečné jevy, jako je např. degradace pojidla a inhibitoru, zhoršení mechanických vlastností, změny u stabilizátorů a plastifikátorů, uvolňování plynů vedoucí ke vzniku trhlin, degradace zážehových systémů a jejich parametrů.

5 Výše uvedené seznamy nejsou vyčerpávající, ale ukazují šíři možností vzniku problémů a úzký vzájemný vztah mezi mechanickým a klimatickým poškozením. Některé z vlivů se mohou týkat bezpečnosti, jiné použitelnosti a další obojího. Ačkoli předemné účinky jsou často simulovány samostatnými zkouškami, při rozhodování o programu zkoušek je vždy třeba mít na mysli vzájemné vztahy mezi nimi.

Příloha B
(informativní)

Hodnocení konstrukce a analýza rizik

1 Hodnocení konstrukce a analýza rizik mají zaručit, že byla zjištěna potenciální rizika a druhy poruch, identifikovány rizikové stavy a stanoveno, zda druh poruchy ovlivní bezpečnost nebo použitelnost munice. Analýza rizik se použije u nových a modifikovaných systémů.

2 Úvodní fází při každém hodnocení konstrukce je stanovení a pochopení celkové metody a struktury konstrukce a principů správného fungování. Nezbytná je pro tento účel poslední verze výkresové dokumentace vybraného výrobního standardu.

3 Pro posouzení všech identifikovaných druhů poruch součástí se jako část hodnocení provádí analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA), přičemž druh poruchy každé součásti se posuzuje samostatně. Následně se analyzuje vliv poruchy na systém. Výsledek FMEA umožňuje:

- a) identifikaci a posouzení položek a oblastí s vysokou rizikovostí;
- b) zjištění potřebnosti požadavků na speciální kontroly, zkoušky nebo údržbu;
- c) stanovení všech provozních omezení vyvolaných konstrukcí.

Studie FMEA může být provedena společně s analýzou kritičnosti (CA), což je pak souhrnně označováno jako analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch (FMECA).

4 Účelem analýzy kritičnosti je klasifikovat každý potenciální druh poruchy identifikovaný v FMEA současně podle pravděpodobnosti výskytu a závažnosti vlivu poruchy. Kritičnost každého druhu poruchy se vyhodnocuje z hlediska podmínek s nejhorsími následky.

5 Další zásadní metodu hodnocení konstrukce používá program analýzy stromu poruchových stavů (FTA). Tato metoda poskytuje prostředky k prokázání logického vztahu mezi konkrétním druhem poruchy a jejími hlavními příčinami. Může se použít u všech úrovní od systému přes sestavy (montážní skupiny) až po jednotlivé součásti a zabývá se všemi věrohodnými poruchami, degradacemi, faktory vnějšího prostředí a provozními režimy. FTA je hlavní metodou pro hodnocení příčin a pravděpodobnosti nehod.

Urychlení příčin vzniku poruch

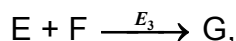
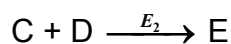
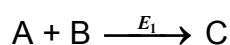
1 Tepelné (chemické) druhy poruch

1.1 U chemických reakcí je závislost na teplotě určena aktivační energií. Nepatrně upravená Arrheniova rychlostní rovnice uvádí vztah mezi rychlostmi reakce při různých teplotách:

$$F = \frac{k_1}{k_2} = e^{-\frac{E}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)} \quad (1)$$

kde F = koeficient urychlení reakce (1),
 k_1, k_2 = rychlostní konstanty při teplotách T_1 a T_2 ($\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$),
 T_1 = teplota zkoušky (K),
 T_2 = referenční teplota (K),
 E = aktivační energie ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$),
 R = univerzální plynová konstanta ($8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$).

1.2 Předpokládá se, že průběhu stárnutí munice dochází k více než jednomu tepelnému (chemickému) degradačnímu procesu. Při hodnocení konstrukce se stanoví, které druhy poruch mohou nastat. Proces vedoucí ke každé příčině vzniku poruchy je obecně reprezentován sledem chemických reakcí



kde E_n představuje aktivační energii pro n-tý krok posloupnosti reakcí. Každá posloupnost bude mít jeden krok, který řídí její celkovou rychlost. Aktivační energie pro tento krok se musí změřit nebo předběžně vypočítat u každého potenciálního druhu poruchy. Nejnižší aktivační energie se pak použije v Arrheniově rychlostní rovnici ke stanovení koeficientu F , jenž představuje minimální poměr (rovnající se celkovému koeficientu urychlení) mezi délkou urychlených denních teplotních cyklů a dobou životnosti.

1.3 Zřejmý je postup při porovnání dvou konstantních teplot. Je-li však munice vystavena měnícím se teplotám, jako je tomu při denních klimatických teplotních cyklech uvedených v ČOS 999933, výpočty se stávají komplikovanějšími a je nezbytné vypočítat vážený průměr teplot pro cyklus a konkrétní aktivační energii pro kritický krok. Každý krok představuje nejnáročnější podmínky skladování, které se pravděpodobně vyskytnou v daném klimatickém pásmu. Maximální teplotou teplotního cyklu skladování je teplota vzduchu, která bude pravděpodobně překročena v krátkodobě nevětraném polním skladu vystaveném přímému slunečnímu záření v nejteplejší části oblasti po dobu v průměru asi sedmi až osmi hodin ročně. Protože tento cyklus zjevně nereprezentuje průměrné skladovací podmínky existující v průběhu roku, může být použit k urychlení normálních procesů chemické degradace působením vyšších teplot při porovnání s cyklem, kterému je

Příloha C

(informativní)

municie vystavena v provozu během většiny roku. Studená prostředí zpravidla významně neovlivňují chemické druhy poruch, protože snížení teploty obvykle zmenšuje rychlosti fyzikálně-chemických procesů. Výjimkou jsou fázové změny a krystalizace amorfních materiálů (např. pryže).

1.4 Jako referenční teplota (T_2) se pokud možno bere průměrná hodnota získaná ze skutečně naměřených údajů při podmínkách skladování. Pokud tato informace není k dispozici, volí se T_2 na základě průměrné roční teploty vypočítané z ČOS 999933 pro dané klimatické pásmo.

1.5 Hodnoty T_1 , T_2 a E významně ovlivňují vypočtené hodnoty F z důvodu exponenciálního charakteru rovnice. Vliv různých hodnot aktivační energie na koeficient urychlení reakce pro dané hodnoty T_1 (60 °C) a T_2 (20 °C) jsou uvedeny v tabulce 1. V tabulce 2 jsou ukázány změny velikosti F pro konkrétní aktivační energii, zůstává-li teplota zkoušky 60 °C, ale referenční teplota se mění. Zavedení přesných hodnot do Arrheniovy rovnice je rozhodující pro získání reálné prognózy doby použitelnosti založené za zkouškách urychleného stárnutí.

Tabulka 1 Koeficienty urychlení reakce pro různé aktivační energie

Aktivační energie E (kJ . mol ⁻¹)	Koeficient urychlení reakce F	Přibližná doba životnosti při 20 °C pro 15 týdnů při 60 °C (rok)
50	11,7	3
60	19,2	5
70	31,4	9
75	40,2	12
80	51,4	15
90	84,1	24
100	137,6	40

Tabulka 2 Koeficienty urychlení reakce při 60 °C a různých referenčních teplotách pro aktivační energii 70 kJ . mol⁻¹

Teplota T_2 (°C)	Koeficient urychlení reakce F	Doba životnosti při T_2 pro 15 týdnů při 60 °C (rok)
20	31,6	9
25	19,5	6
30	12,2	4
35	7,8	2

1.6 Aktivační energie, se kterými se běžně setkáme u výbušných systémů, leží v intervalu od 40 do 200 kJ . mol⁻¹. Zahrnují tepelný rozklad prvního řádu výbušných materiálů a pseudomonomolekulární reakce představované interakcí vlhkosti s pyrotechnickými složemi. V případech, kdy vniknutí a následná reakce vlhkosti představuje pravděpodobnou příčinu poruchy, bude hodnota E závislá na rychlosti difuze skrz těsnění apod. Některé užitečné hodnoty aktivačních energií poskytuje tabulka 3. Příloha D uvádí podrobnější studii příčin vzniku poruch a aktivačních energií. U muničních materiálů postupují reakce s nízkými aktivačními energiemi

při 20 °C rychleji než reakce s energiemi vyššími. I velmi příbuzné materiály, jako jsou střeliviny daného druhu, mohou vykazovat významné odchylky v hodnotách aktivační energie a je jim třeba věnovat maximální pozornost.

Tabulka 3 Aktivační energie pro rychlost určující kroky některých příčin vzniku poruch

Příčina vzniku poruchy	Aktivační energie (kJ . mol ⁻¹)
Difuze vlhkosti skrz těsnění apod.	70
Migrace plastifikátoru střeliviny	50 - 75
Stárnutí pryže	85 - 95
Tepelný rozklad trhavin	150 - 200
Tepelný rozklad třaskavin	90 - 120
Vznik trhlin ve střelivině při vývinu plynů	100

1.7 Pro předpověď bezpečné doby životnosti střeliviny se rovněž používá Berthelotův zákon^{2,3}. Měření spotřeby stabilizátoru při různých teplotách poskytne údaje umožňující graficky znázornit závislost teploty (T) na logaritmu času (log t) pro rozdílnou spotřebu stabilizátoru. Jsou-li výsledkem přímky, pak se proces řídí Berthelotovým zákonem, který může být vyjádřen ve tvaru:

$$T = -\frac{1}{a} \log t + \frac{1}{a} (\log c - b) \quad (2)$$

kde a = koeficient charakterizující zkoumaný materiál (J . m³ . mol⁻²),
 b = koeficient charakterizující zkoumaný materiál (m³ . mol⁻¹),
 c = koncentrace stabilizátoru (mol . m⁻³).

Sklon přímek může být definován koeficientem γ_{10} odpovídajícím nárůstu reakční rychlosti při změně teploty o 10 °C.

1.8 Výše zmíněná rovnice může být přepsána jako⁴:

$$\frac{t_1}{t_2} = \gamma_{10}^{\frac{T_2 - T_1}{10}} \quad (3)$$

což vede k:

$$D_x = \frac{\alpha_x \gamma_{10}^{\frac{T_2 - T_1}{10}}}{365} \quad (4)$$

kde α_x = doba ve dnech potřebná k docílení $x\%$ snížení obsahu stabilizátoru při T_2 ,

² Tranchant, J.: Contribution a L'Etude des Proprietes Chimiques et Physico-Chimiques des Poudres. Memorial des Poudres, 1962, roč. 44, Annex.

³ Tranchant, J. – Brun, J.: Etude Genereale de la Stabilité Chimique des Poudres. Memorial des Poudres, 1959, roč. 41, s. 189.

⁴ Garman, M. – Picard, J. – Polakoski, S. – Murphy, J.: Prediction of Safe life of Propellants. Technical Report 4505, Picatinny Arsenal.

Příloha C

(informativní)

- γ_{10} = nárůst reakční rychlosti při změně teploty o 10 °C (1),
 D_x = předpověď bezpečné doby životnosti (v rocích) pro x% snížení obsahu stabilizátoru při T_1 .

2 Mechanické druhy poruch

Mechanické druhy poruch mohou být shrnuty následovně:

Křehký lom

Nastává v okamžiku, kdy síla vytvářející prasklinu se na jejím vrcholu (špičce) stává větší než hodnota pevnosti. Dochází k rychlému zvětšování trhliny.

Únava materiálu

Při cyklickém zatěžování mohou defekty narůstat až do okamžiku, kdy je dosaženo předem definované velikosti trhliny, která je považována za poruchu součásti.

Plastické zhroucení

Nastává, když má prasklina natolik dostatečnou velikost, že zbývající vazebné síly prasklé části nejsou schopny odolat pnutí vznikajícímu v průběhu životního cyklu.

Porucha vlivem netěsnosti

Poruchový stav ochranné nádoby, kdy je její bezpečnost a použitelnost ohrožena vznikem průchodu zevnitř směrem ven.

Koroze, eroze, únava materiálu korozí, koroze pnutím

Nastává působením faktorů vnějšího prostředí, které mohou samy o sobě vyvolat poruchu (např. korozi) nebo přispět k závadě jiného druhu.

Zborcení

Nastává, když celková plocha a poloha defektů způsobí při použitém zatížení překročení meze pevnosti součásti.

Tečení

Odpovídá pomalému ustálenému rozšiřování makroskopické trhliny. Interakce mezi tečením a únavou materiálu byla sice pozorována, ale při absenci experimentálních údajů může být obtížné prokázat strukturální integritu.

Porucha způsobená výchozími vadami

Výchozí vady mohou způsobit koncentraci pnutí mající za následek zrychlený nebo pravděpodobnější vznik poruchy vlivem defektů v těchto oblastech.

Opotřebení

Opotřebení je povrchovým jevem zahrnujícím progresivní úbytek materiálu a zmenšování rozměrů v průběhu časového úseku.

Mohou nastat další druhy poruch, které jsou kombinací výše uvedených.

2.1 Únava materiálu

2.1.1 K vyvolání únavy materiálu je třeba cyklického namáhání, které obsahuje tahovou složku. Na mikrostrukturální úrovni dochází k nárůstu kumulativního poškození, které může mít za následek vznik a šíření trhliny. Vhodným způsobem popisu průběhu únavy materiálu je použití S – N křivky, kde S je amplituda použitého napětí (pnutí) kolem nulového středního napětí (uvádí se v MPa) a N je počet cyklů

do vzniku poruchy. Pro množství materiálů (např. kovy) může být S – N křivka popsána následujícím vztahem:

$$N \cdot S^b = C \quad (5)$$

kde b a C jsou veličiny charakterizující materiál. Kromě toho existuje mezní hodnota amplitudy napětí, pod kterou nedochází k zaznamenané únavě materiálu.

2.1.2 Narůstá-li střední napětí z obvyklé nulové hodnoty, křivka klesá k nižší úrovni napětí. K únavě materiálu je tedy zapotřebí menšího počtu cyklů s konkrétním napětím. S – N křivka může být v tomto případě normalizována použitím Goodmanova diagramu.

2.1.3 Prognóza životnosti při zatěžování různými amplitudami napětí se může provést pomocí Minerovy hypotézy⁵, která jednoduše sčítá poměrné části doby životnosti při různých amplitudách napětí, dokud nedosáhnou 1. Poškození materiálu d_i během aplikace n_i napěťových půlcyklů s amplitudou s_i je dáno prostřednictvím vztahu (význam symbolů obdobný jako v čl. 2.1.1 výše):

$$d_i = \frac{n_i s_i^b}{2C} \quad (6)$$

2.1.4 Tento přístup se nejčastěji realizuje za použití speciálního softwaru Rainflow (vyvinut v roce 1998 a dodáván firmou Durability, Inc., USA) ke sčítání kumulativního poškození, i když existuje další software počítající jednotlivé cykly tak, že zohledňuje pořadí vrcholů.

2.1.5 Munice je zhotovena z množství různých materiálů a tak k plnému využití této metody je potřebná znalost napětí (prvků koncentrujících napětí) v daném místě při dynamickém zatížení. To může být vyčísleno použitím metody konečných prvků k předpovědi časového průběhu napětí v důsledku dynamického (nebo tepelného) namáhání munice.

2.1.6 Uvedená metoda pro hodnocení únavy materiálu představuje zdokonalení tradiční metody aplikující Minerovu hypotézu pro měkkou ocel a založenou na celkové vstupní střední kvadratické hodnotě zrychlení. Používá se pro porovnání relativní míry působení různých prostředí, jak jsou užitá při zkoušce, a skutečného prostředí. Vychází se z předpokladu, že průběhy dějů vyvolaných v munici při zkoušce a při jejím nasazení jsou podobné. Využívá se rovnice:

$$\frac{t_2}{t_1} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^{2,5} \quad (7)$$

kde t = čas (s),

R = náročnost zkoušky vyjádřená spektrální hustotou zrychlení ($m^2 \cdot s^{-4}$).

Aplikace simulovaných rázových impulzů musí být provedena v reálném čase.

⁵ Miner, M. A.: Cumulative damage in fatigue. Journal of Applied Mechanics, 1945, roč. 12, s. 159 – 164.

Příloha C
(informativní)**2.2 Mechanika lomu**

2.2.1 Mechanika lomu je založena na předchozí existenci trhliny, buď zjištěné měřením, nebo předpokládané. Ekvivalentem rozkmitu napětí $\Delta\sigma$ je v mechanice lomu rozpětí faktoru intenzity napětí ΔK . Faktor intenzity napětí závisí na použitém napětí, geometrii a velikosti trhliny a je považován za parametr vhodný k popisu narůstání trhliny vlivem únavy materiálu⁶. Rychlost růstu praskliny vzniklé cyklickým namáháním je funkcí ΔK , K_{\max} a K_{\min} .

2.2.2 U mnohých materiálů, jako jsou např. kovy při malém ΔK , je znatelná mezní hodnota, pod kterou nedochází k žádnému nárůstu trhlín. Při mezilehlých hodnotách ΔK se v souladu s Parisovým zákonem projevuje lineární změna rychlosti růstu trhliny:

$$da / dN = C \cdot \Delta K^m \quad (8)$$

kde a = délka trhliny (m),
 N = počet zatěžovacích cyklů (1),
 ΔK = rozkmit faktoru intenzity napětí ($\text{kJ} \cdot \text{m}^{-2}$),
 C, m = konstanty pro daný materiál.

Při vyšších hodnotách ΔK dochází k rychlému vzniku poruchy, protože K_{\max} se blíží lomové houževnatosti materiálu K_{IC} . Při dosažení tohoto stavu se pak délka trhliny označuje jako kritická velikost trhliny.

2.2.3 Znalost chování materiálu z hlediska jeho únavy a lomových vlastností umožňuje u některých mechanických a termomechanických zátěží napětím vypracovat koncepci tolerance vad. Monitorují se existující trhliny a doba životnosti do poruchy se předběžně stanoví na základě pozorovaného zatěžovacího cyklu. Tato koncepce je zpravidla podporována modelem s využitím metody konečných prvků.

3 Termomechanické druhy poruch

3.1 Obecně je tepelné namáhání minimalizováno použitím materiálů s podobnými koeficienty tepelné roztažnosti a vysokou teplotní vodivostí (tepelná vodivost dělená součinem měrného tepla a hustoty).

3.2 Kvantitativní urychlení degradace způsobené termomechanickými vlivy (jak je definováno v odstavci 7.5.d) tohoto standardu) je obtížné dosáhnout. Zkoušení při větším rozpětí teplot, než se předpokládá v provozu, vede k růstu náročnosti a dřívější identifikaci druhů poruch, ale není zde záruka, že by tyto poruchy mohly nastat ve skutečných podmínkách. Podobně zvýšení rychlosti změn teploty zvýší zkušební zatížení, ale může rovněž vést k obdobným závěrům. Při zkouškách stárnutí by tedy pokud možno nemělo docházet k takovému překračování teplot nebo rychlostí jejich změn.

⁶ Paris, P.C. – Erdogan, F.: A Critical Analysis of Crack Propagation Laws. Journal of Basic Engineering, 1960, roč. 85, s. 528 – 534.

Příčiny vzniku poruch materiálu a aktivační energie

Identifikace kritických druhů poruch a souvisejících aktivačních energií energetických a neenergetických materiálů je při hodnocení životnosti zásadní. Poruchy, zvláště v energetických materiálech, mohou vést ke katastrofickým událostem. V dalším textu jsou uvedeny informace o příčinách a vlivu některých druhů poruch s příslušnými hodnotami aktivačních energií.

1 Vniknutí vlhkosti

1.1 Jednou z nejobvyklejších příčin vzniku poruch, mající za následek, že se munice stává nebezpečnou a nepoužitelnou, je kontaminace vnitřního prostředí muničního systému vlhkostí, při níž dochází k reakcím (interakcím) vody s výbušninami, elektrickými, mechanickými a elektromechanickými součástmi. Předpokládá se, že rychlost určujícím krokem v tomto sledu reakcí je difuze vlhkosti z vnějšího prostředí (i při výrobě munice) skrz těsnění nebo nekovové součásti. Průnik vlhkosti z vnějšku do již hotového výrobku se může uskutečnit dvěma rozdílnými mechanismy: přímou cestou netěsnostmi nebo prostupem vodních par skrz těsnicí prvky, kdy závisí na diferenciálu tlaku par.

1.2 Obecně se má za to, že difuze vlhkosti se v polymerních materiálech, jako jsou střeliviny, výplně a lepidla, řídí druhým Fickovým zákonem:

$$\frac{dc}{dt} = D \frac{d^2c}{dx^2} \quad (9)$$

kde x = kolmá vzdálenost k povrchu (m),
 c = koncentrace vody v x ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-3}$),
 t = čas (s),
 D = difuzní koeficient ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$).

Řešení rovnice byla získána při předpokladu, že systém je jednorozměrný a vzorek je izotropní. Po vyčíslení D v určeném intervalu teplot může být použitím Arrheniova vztahu vypočítána aktivační energie difuze pro konkrétní materiál při dané relativní vlhkosti vzduchu:

$$D = D_0 \exp(-E/RT) \quad (10)$$

kde D = difuzní koeficient ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$),
 D_0 = frekvenční faktor ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$),
 E = aktivační energie ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$),
 R = plynová konstanta ($8,314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$),
 T = teplota (K).

Většina dostupných informací o difuzi vlhkosti se týká epoxidových pryskyřic, u kterých se experimentálně naměřené aktivační energie pohybují v intervalu od 40 do 70 $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

1.3 Absorbovaná vlhkost má tendenci změkčovat adhezivní nebo polymerní struktury, takže se snižuje teplota skelného přechodu, napětí v materiálu klesá a deformace na mezi pevnosti roste nebo klesá. Vlhkost může rovněž vytěsnit lepidlo

Příloha D

(informativní)

z místa spojení a především působí na kovové spoje, kde může docházet k tvorbě hydroxidů nebo oxidů a tím ke snížení jejich pevnosti.

2 Koloidní (nitroesterové) střeliviny

2.1 Nitroestery v koloidních střelivinách se při normální teplotě okolí rozkládají velmi pomalu, ale s nárůstem teploty se rychlost rozkladu podstatně zvyšuje. Reakce je však autokatalytická, a proto se vyžaduje stabilizátor, který reaguje s rozkladnými produkty a zabraňuje autokatalýze. Historicky je konec životnosti spojen s poklesem hladiny stabilizátoru obvykle na úroveň poloviny nebo třetiny původního obsahu. U moderních střelivin je nepravděpodobné, že by úbytek stabilizátoru byl hlavním limitujícím faktorem životnosti. Hodnoty aktivační energie pro úbytek stabilizátoru se mění v závislosti na jeho povaze a složení střeliviny; byly naměřeny hodnoty kolem $85 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

2.2 Mechanická pevnost koloidních střelivin je určena nitrocelulózou a jakákoliv degradace této složky, jako je rozštěpení a zkrácení polymerního řetězce, má za následek snížení pevnosti a možnou ztrátu integrity náplně. Při vyšších teplotách mají střeliviny tendenci k měknutí a úbytku pevnosti, zatímco při nízkých tvrdnou a křehnou a jsou náchylnější k vytváření prasklin. Hodnoty aktivační energie pro tento degradační proces se mění v širokém rozsahu podle chemického složení.

2.3 Při degradaci střeliviny dochází k vývinu plynů, které se v ní rozpouštějí a prostřednictvím svého vnitřního tlaku difundují odkrytými povrchy do atmosféry. Tvorba rozkladných plynů je chemickým dějem řídicím se Arrheniovou rovnicí. Procesy rozpouštění a difuze jsou fyzikálními jevy, podstatně méně citlivými k teplotě. Při urychleném stárnutí může vnitřní tlak akumulovaných plynů překročit soudržnost střeliviny a vést ke vzniku prasklin. V reálném provozním prostředí jsou časové úseky strávené při vysokých teplotách relativně krátké a jsou přerušovány dlouhými periodami nízkých teplot. Plyny vytvořené při vyšších teplotách mají tedy dostatek času prodifundovat skrz střelivinu. Při zkouškách urychleného stárnutí musí být samozřejmě věnována náležitá péče úvahám o vyvolání umělých a nereprezentativních druhých poruch, jako je např. tvorba trhlin působením plynů, u níž se hodnoty aktivační energie pohybují kolem $100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

2.4 Vážné problémy může způsobit migrace složek ve střelivině. Zvláště závažná je migrace nitroglycerinu nebo jiných plastifikátorů do inhibitorů (aktivační energie se pohybuje mezi 50 až $90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) nebo izolačních materiálů. Ovlivňuje nejen balistické parametry, ale snižuje i odolnost inhibitoru k ohni. Nárůst objemu těchto materiálů vlivem migrace může vyvolat vysoké koncentrace napětí s následnými poruchami celistvosti výbušniny. Rovněž může dojít ke zhoršení mechanických vlastností inhibitoru a k jeho změknutí vlivem absorpce plastifikátoru. K migraci nitroglycerinu může dojít i mezi startovými a letovými náplněmi tuhých pohonných hmot (TPH), jsou-li v těsné blízkosti a zvláště, když jsou vzájemně spojeny, což pak vede k nevyhovujícím technickým charakteristikám motoru.

2.5 Lisované (extrudované) střeliviny mají tendenci měnit při skladování své rozměry v důsledku uvolnění původní orientace molekulárních řetězců. U raketových motorů jsou kritické počáteční rozměry TPH a dojde-li u nich k redukci délky, zvětšení průměru či zmenšení velikosti středového kanálu, může to mít za následek erozivní hoření a nárůst tlaku nebo oboustranné uzavření náplně vedoucí k roztržení

a selhání motoru. Kvantitativní údaje o změnách rychlosti tohoto procesu s teplotou nejsou známy.

4 Heterogenní střeliviny (tuhé pohonné hmoty)

4.1 Heterogenní střeliviny nabízejí oproti koloidním mnohé zdokonalené vlastnosti, především mechanické. Ty jsou přímo závislé na kvalitách pojidla, kterým obvykle bývá hydroxylem končený polybutadien (HTPB).

4.2 Nejpravděpodobnějším důsledkem přítomnosti vlhkosti a/nebo kyslíku v heterogenních střelivinách založených na chloristanu amonném s polymerním pojidlem je jejich degradace. Vlhkost způsobuje růst krystalů chloristanu a jejich aglomeraci, což vede k tvrdnutí střeliviny a někdy ke snížení rychlosti hoření. Přítomnost vlhkosti může též zapříčinit zhoršení zažehovatelnosti směsi.

4.3 Použité polymery jsou náchylné k oxidačnímu příčnému zesíťování, což může vést ke ztvrdnutí a zkřehnutí hmoty, ztrátě tažnosti a snadnější tvorbě prasklin. Toto zhoršení mechanických vlastností může být rozhodující pro stanovení životnosti raketového motoru. Aktivační energie pro zrychlení příčného síťování směsí s HTPB na vzduchu je přibližně $90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Rychlost stárnutí vlivem oxidačních reakcí se podstatně zvyšuje s rostoucí teplotou. Předpokládaná životnost motoru se proto významně mění i s mírnými změnami skladovací teploty. Rychlost stárnutí lze podstatně redukovat snížením koncentrace kyslíku nad povrchem střeliviny, např. uložením v atmosféře dusíku.

4.4 Absorpcí plastifikátoru může být vyvolána degradace obsaženého inhibitoru, což vede ke zvětšení objemu střeliviny a vysokým koncentracím napětí s následnými poruchami celistvosti výbušniny. U raketových motorů může být koeficient tepelné roztažnosti heterogenní tuhé pohonné hmoty 2 až 3krát větší než u kovových nebo kompozitních materiálů komory (pláště). Při tepelném cyklování může komora motoru fungovat jako pevná překážka. Výsledná napětí akumulovaná ve střelivině a v místě styku s komorou nakonec vedou k roztržení (rozpraskání) elementu TPH nebo k porušení jeho spojení s komorou.

4.5 Vysokovýkonné dělové prachy se sníženou zranitelností jsou nitraminového typu s pojidlem s velmi dobrými kaučukovitými vlastnostmi. Výzkum takového systému, založeného na komerčně dostupném polyesteru vulkanizovaném izokyanátem a obsahujícího energetický plastifikátor, ukázal⁷, že stárnutí je relativně rychlé ve vlhkém i suchém stavu a vede ke změkčení a eventuálnímu rozkladu pojidla. Jeho degradace je způsobena štěpením řetězce. Zdánlivé aktivační energie jsou nezvykle nízké a dosahují hodnot kolem $28 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (bez přítomnosti energetického plastifikátoru) resp. $33 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ (s energetickým plastifikátorem).

4.6 Výzkumy dokazují, že dvě střeliviny při svém vystavení standardnímu stárnutí při konstantní teplotě mohou prokazovat minimální změny mechanických vlastností. Pokud jsou však tytéž elementy spojeny a vytvoří startovou a letovou část raketového motoru, jejich mechanické vlastnosti se postupem času mohou zcela změnit. Dochází k tomu v důsledku migrace plastifikátoru z jedné střeliviny do druhé,

⁷ Cunliffe, A.V., - Davis, A. – Kirby, F.A.: The Long Term Stability of Diorez Binder with and without K10. RARDE, Watham Abbey, Essex, 1989.

Příloha D

(informativní)

jsou-li jeho počáteční podíly ve směsích různé. Hodnoty aktivačních energií tohoto procesu jsou řádově 70 až 90 kJ . mol⁻¹.

5 Třaskaviny a trhaviny

5.1 Detonující výbušniny jsou metastabilní látky, které se rozkládají rychlostmi závislými na teplotě. Za normálních provozních a skladovacích teplot munice jsou tyto rychlosti zanedbatelně malé. Je to důsledkem vysokých hodnot aktivačních energií rozkladných procesů (150 – 200 kJ . mol⁻¹). Pouze při teplotách nad 100 °C se rychlost stává významnou.

5.2 Trhaviny se liší různou úrovní tepelné stability. Zdá se, že neexistuje jednoduchý vztah mezi tepelnou stabilitou a chemickou strukturou výbušniny. Kritická teplota výbušniny, definovaná jako nejnižší konstantní teplota jejího povrchu, při které se sama zahřeje až k havarijnímu stavu, je závislá na velikosti, tvaru a uzavření (obalu) nálože. Kritické teploty mohou být předpovězeny použitím Frank-Kamenetzského rovnice⁸, která popisuje vztah mezi velikostí, tvarem, chemickými a fyzikálními (včetně tepelné vodivosti) vlastnostmi na straně jedné a kritickou teplotou materiálu na straně druhé.

5.3 Pro trhaviny založené na tritolu (TNT) je potenciální příčinou vzniku poruchy vypocování. Záměrné užití některých aditiv může snížit bod vypocování na zhruba 60 °C. Při teplotách kolem 70 °C se začíná tavit přítomné eutektikum mezi TNT a izomery mono- a dinitrotoluenů. Při 80 °C taje TNT sám a jestliže celá náplň dosáhne této teploty, dojde v důsledku fázové změny ke zvětšení jejího objemu o 10,8 % hodnoty původního objemu pevného TNT. Pokud není tento nárůst objemu nějakým způsobem upraven, jsou těsnění vystavena tlaku s velkým rizikem vyprýštění roztaveného TNT.

5.4 Některé moderní náplně typu oktogen / hexogen / tritol (HMX/RDX/TNT) obsahují plastifikační přísady k potlačení vzniku prasklin při nízkých teplotách. Ty jsou přítomny pouze v malých množstvích (pod 0,5 %), ale mohou představovat další problémy s vypocováním z důvodu mobility vzniklých eutektik při teplotách hluboko pod bodem tání TNT. Obdobně je tomu i při přítomnosti vosků v trhavinách.

5.5 V bojových hlavicích řízených střel se stále více používají trhaviny s polymerním pojidlem (PBX). Obvykle se používají pojidla na bázi polybutadienu a ty mohou degradovat stejně a se stejnými důsledky jako u heterogenních střelivin.

5.6 Třaskaviny jsou většinou iontové sloučeniny s vysokým bodem tání, a proto vypocování zde není problémem. Hlavními potenciálními příčinami vzniku poruch je nesnášenlivost materiálů a vniknutí vlhkosti. Nesnášenlivost může být eliminována standardní prosévací zkouškou a výběrem materiálů. Reakce třaskavin s vlhkostí obvykle vede k poruchám funkce. K zajištění dlouhodobé stability je podstatné jejich uložení v hermetickém obalu. Aktivační energie degradace vlivem vlhkosti se pohybuje kolem 70 kJ . mol⁻¹.

6 Pyrotechnické slože

6.1 Tradiční pyrotechnické slože jsou, v porovnání s organickou podstatou ostatních typů energetických materiálů, mechanické směsi především anorganických

⁸ Frank-Kamenetsky, D.A.: Acta Physicochim.U.R.S.S., 1939, vol. 3, s. 365

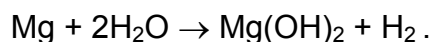
Příloha D
(informativní)

látek. Některá oxidovadla (např. dusičnan sodný) jsou však hygroskopická a paliva zase snadno hydrolyzují vlivem vzdušné vlhkosti. Absorpce vlhkosti může rovněž vést k fyzikálním změnám v důsledku částečného rozpouštění složek směsí, změnám hustoty nebo formy produktu, k tvorbě prasklin a krystalizaci solí na površích směsi. K degradaci pyrotechnických složí neobsahujících sloučeniny kyslíku, např. typu MTV (hořík-teflon-viton) může dojít přechodem jednoho nebo více elektronů z jedné složky do druhé, což je nicméně klasifikováno jako oxidačně-redukční reakce.

6.2 U chemické degradace pyrotechnických paliv je třeba se zabývat dvěma základními stabilitními procesy. Prvním je stabilita slože při kontaktu s nevybušnými materiály, druhým je vniknutí vlhkosti z ovzduší do pyrotechnického prostředí, které je hlavním problémem při procesu stárnutí těchto výrobků. Chemické degradaci vlivem vlhkosti lze zabránit zamezením výměny plynů mezi vnějším a vnitřním prostředím.

6.3 Existují však případy, kdy pyrotechnické palivo reaguje se zbytkovou vlhkostí ve složi. Uvádějí se tři příklady:

a) U klamných světlic obsahujících výše zmíněné slože typu MTV bylo zjištěno uvolňování plynů, jejichž analýza ukázala přítomnost rozpouštědel z výroby a vodíku. Ten vzniká reakcí vlhkosti s kovovými palivy:



b) U dýmové munice s hexachloretanem může rovněž docházet k uvolňování plynů, a to taktéž reakcí náplně s přítomnou vlhkostí. Tato závada se při hermetickém uzavření munice projevuje jejím vyboulením nebo prasknutím lemů. V určitých případech bude hexachloretan kondenzovat na vnitřních površích ve formě bílé usazeniny. Tento stav neovlivňuje funkční vlastnosti a usazenina po svém vystavení volné atmosféře zmizí.

c) Také u dýmové munice s náplní červeného fosforu může dojít k vývinu plynů. Při reakci fosforu s kyslíkem a vlhkostí se tvoří jedovaté fosfiny, které mohou způsobit i korozi měděných součástí.

6.4 Poruchy vyvolané fyzikální degradací mohou probíhat dvěma způsoby v závislosti na použité formě pyrotechnické slože:

a) U každého zážehového řetězce musí být zajištěn úplný a stejnoměrný přenos plamene (zóny hoření) ve všech místech styku jednotlivých složí a součástí. Styčné plochy mezi rozdílnými složemi (postupně lisované dávky), mezi součástmi nebo vzduchové mezery jsou nejpravděpodobnějšími místy vzniku poruchy nebo chybné funkce při přenosu zážehového impulzu. Příčinou poruchy v místech styku je obvykle nevhodné párování donorové a akceptorové slože. Pro zajištění jistého přenosu zážehu v celém požadovaném teplotním rozsahu, zakalkulování změn u vzduchových mezer a degradace pyrotechnických prostředků během provozu musí být poskytnuty záruky (rezervy) spolehlivosti.

b) U lisovaných pelet nebo u pyrotechnických tělísek může ztráta přilnavosti (spojení) mezi tělískem a jeho pouzdem nebo popraskání samotného tělíska vést buď k nerovnoměrnému hoření nebo k poruchám funkce.

c) U složí používaných ve volné práškové formě (např. v zažehovačích prachových náplních) může vyvolat nespolehlivou funkci oddělení jednotlivých složek. Tento druh poruchy, často se projevující změnami v grafu závislosti tlaku na času, může

Příloha D

(informativní)

být zvýrazněn účinky chemické degradace. Konec doby použitelnosti může však být pro takové pyrotechnické prostředky stanoven zkouškami individuálních dvojic donor/akceptor (např. zažehovač a prachová náplň).

7 Polymery

7.1 Použití polymerů v heterogenních střelivinách bylo diskutováno v části 4 této přílohy. Přírodní a syntetické materiály jako pryže (kaučuky), lepidla a polymery se znehodnocují v různých prostředích různými způsoby. Malé změny ve směsi mohou vést ke značným změnám v chování materiálů při stárnutí. Obecně mohou být více nebo méně citlivé k teplotě, vlhkosti a slunečnímu (zvláště UV) záření; vyskytuje se i citlivost k pořadí, v jakém jsou různými prostředím vystaveny. Stárnutí pryží při jejich vystavení vlivu povětrnostních podmínek závisí na tom, zda jsou nejdříve zatíženy silným slunečním zářením vytvářejícím ochranný film, nebo pravidelnými dešťovými srážkami, které mohou vymýt autokatalytické produkty. Stárnutí (oxidace) pryže je představováno hodnotami aktivační energie kolem $90 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$, zatímco degradaci fluoroelastomerů odpovídají hodnoty kolem $5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

7.2 Lepené spoje jsou citlivé k teplotě, času, vlhkosti a pnutí. Nízké teploty mohou způsobit jejich zkrěhnutí. Vlastnosti spojů se zhoršují vlhkostí jak předem neodstraněnou z lepené plochy, tak pronikající ke spoji v průběhu provozu a závisí na provedených předběžných úpravách a opatřeních. Při spojení různých kovů nebo kovu s nekovem se může během ochlazování po horkém cyklu vytvořit velké tepelné pnutí snižující pevnost spoje. Důležité jsou vlivy nárazů nebo hrubého zacházení na vznik poruchy spoje, a to především u nepružných lepidel. Pro některé poruchy lepených spojů způsobené proniknutím vlhkosti byly zjištěny aktivační energie kolem $70 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

8 Kompozitní materiály

8.1 Kompozitní materiály sestávají ze směsi dvou nebo více materiálů, z nichž jeden je obvykle ve formě vláken vložených do matrice (základní hmoty) z druhého materiálu. Pevná vlákna jsou obvykle keramická, matici tvořivá polymer o nízké hustotě. Tato kombinace optimalizuje mechanické vlastnosti tak, že materiál má vyšší mez pevnosti, než kdyby byl zhotoven ze samotného materiálu vlákna. Přítomnost prasklin je omezena na vlákna, ve kterých se vyskytnou a nemají trend přecházet z jednoho vlákna na druhé.

8.2 Kompozitní materiály podléhají dvěma základním mechanismům poškození. První je založen na absorpci vlhkosti maticí, což může vést k rapidnímu snížení pevnosti. Při druhém mohou být materiály během provozního použití poškozeny nárazem, přičemž toto narušení není bez detailního prozkoumání patrné.

9 Kovy

Koroze kovů je zpravidla urychlována nárůstem teploty, ale velikost urychlení se značně liší. Existují příklady, při kterých je další koroze potlačena ochranným povlakem oxidů tvořících se při rostoucí teplotě. Atmosférická koroze je ve značné míře ovlivňována malými množstvími plyných nečistot a vodními parami. Při kontaktu kovu se zemí vstupuje do hry široká paleta faktorů působících na korozi, jako je kyselost/zásaditost půdy, provzdušnění, nečistoty a mikroorganismy, z nichž

Příloha D

(informativní)

každý může ovlivnit její rychlost. Důležité jsou též elektrochemické vlivy. Druh koroze je závislý na mnoha z výše zmíněných faktorů, na vlastnostech kovu nebo slitiny, ochranných povlacích atd. Kvantitativního urychlení koroze je těžké či nemožné dosáhnout.

10 Elektrické součásti

Správná funkce elektrických součástí je životně důležitá pro bezpečnost a použitelnost munice se zabudovanou elektronikou v takových oblastech jako navádění nebo mechanismy zapalovačů (rozněcovačů). K degradaci dochází primárně působením teploty a vzdušné vlhkosti. Standardní zkouška zahrnuje vystavení součástí nebo podsestav (dílčích celků) prostředí s teplotou 85 °C a relativní vlhkostí 85 %. Koeficienty urychlení nejsou pro tuto zkoušku dosud odvozeny v použitelné formě. Získané hodnoty aktivační energie se pohybují od 29 do 221 kJ . mol⁻¹.

Modelování a modální analýza

1 Modelování

1.1 Reakce materiálů na náraz se liší podle rychlostí deformace. Např. při nízkých rychlostech deformace (např. 10^{-1} s^{-1}) odpovídajících nárazovým rychlostem několika metrů za sekundu, je reakce obvykle pružná. Při vyšších rychlostech (od 10^2 do 10^3 s^{-1}) příslušejících nárazovým rychlostem řádově $500 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ se stává pevnost materiálů důležitou a nastává plastická deformace. Při nejvyšších deformačních rychlostech (10^8 s^{-1}) dochází v místě srážky k odpařování těles.

1.2 Pro účely modelování je pohyb spjitého prostředí charakterizován zákony zachování hmoty, hybnosti a energie s předepsanými mezními podmínkami a modely pro chování materiálu. Problémovou oblastí je obvykle diskretizace do souboru nespojitých buněk.

1.3 Pro řešení těchto problémů je účelná aplikace hydrodynamických zákonů za využití metod řešení, jako jsou Lagrangeova nebo Eulerova. U Lagrangeovy metody materiál teče přes buňky. Dosahuje se dobrého definování hranic materiálu, ale při vysoce nelineárních stavech může vzniknout změť souřadnic. Eulerův postup používá pevné souřadnice s materiálem tekoucím skrz čela buněk a zpravidla se užívá pro modelování kapalin a plynů.

1.4 Numerickým metodám u hydrodynamických zákonů jsou matematicky ekvivalentní metody konečných prvků a konečných rozdílů.

1.5 K vyjádření vzájemného vztahu mezi tlakem, objemem a vnitřní energií je nezbytná stavová rovnice, která objasňuje jevy jako stlačitelnost (změny v hustotě) a ireverzibilní termodynamické pochody jako rázové zahřátí. Pro malé rychlosti se tlak mění lineárně se stlačením na základě modulů objemové pružnosti. Dalším požadavkem je konstitutivní model umožňující vyjádřit napětí jako funkci deformace, její rychlosti, vnitřní energie a poškození. Průběh deformace se zpravidla dělí na část objemovou a část deviatorickou.

1.6 Zvláště v případě energetických materiálů se k popisu produktů výbušné reakce často používá JWL model. Bylo však vypracováno více specifických modelů roznětu a detonace, které pak byly zapracovány do řady hydrodynamických zákonů.

1.7 U hydrodynamických zákonů se používá explicitní časová integrace, pomocí níž se zjišťují nové hodnoty za využití stávajících. Implicitní časová integrace umožňuje výpočty strukturální reakce nebo přestupu tepla, kde dochází k důležitým změnám v časových rámcích řádově delších než mikrosekundy. Takové zákony se jednoduše odvolávají na zákony konečných prvků a široce se používají v průmyslu k modelování jevů jako tepelné zatížení, únava a lom materiálu.

1.8 Značné úsilí bylo věnováno modelování mechanismů vztahu napětí – deformace u munice. Střeliviny jsou z tohoto pohledu během svého skladování zatěžovány v důsledku denních a sezónních cyklů. Praskliny, které jsou ve střelivině přirozeně přítomny, jsou vystaveny cyklickému únavovému prostředí, které způsobuje jejich šíření vedoucí k postupné degradaci materiálu. Existují postupy, které využívají získané provozní údaje ke stanovení časově závislé statistické variace napětí a deformace jako funkce teploty. Doba použitelnosti může být k určení, ve kterém okamžiku překročí kumulativní účinky indukovaného napětí

a deformace mez pevnosti střeliviny, předpovězena pomocí pravděpodobnostní analýzy.

1.9 Při vyšší úrovni abstrakce se v dynamické analýze široce používají modely soustředěné hmoty a nosníkových prvků, např. při konstrukci a posuzování úchytů. Metoda nosníkových prvků je obzvláště vhodná při vyhodnocování vibračních režimů u systémů, jako je dlouhá štíhlá řízená střela.

2 Modální analýza

2.1 Účelem modálního testování je měření vibračních režimů systému a vytvoření jeho matematického modelu. Jednou z metod provedení modální analýzy je vybuzení systému v jednom bodě (v nejjednodušší podobě použitím kladiva) a měření reakce ve struktuře za použití sady snímačů. Další metody využívají k vybuzení natřásací stolici.

2.2 Vstupní veličina a reakce mohou pak být analyzovány pomocí spektrálního analyzátoru. Hlavní část analýzy spočívá v přizpůsobení křivky, znázorňující teoretické vyjádření funkce konkrétní frekvenční reakce materiálu, skutečně naměřeným údajům. Mohou být vyhodnoceny tři typy modelů systému:

- a) prostorový model (hmotnost, tuhost a tlumicí vlastnosti);
- b) modální model (zahrnující přirozené frekvence a režimy);
- c) reakční model (typicky sestávající ze souboru funkcí frekvenční reakce).

2.3 Výsledky se mohou použít k potvrzení modelu konečných prvků systému, umožňujícího takové technické činnosti, jako jsou např. konstrukční úpravy nebo analýza únavy materiálu⁹.

⁹ Ewins, D.J.: Modal Testing: Theory and Practice. New York, John Wiley and Sons Inc., 1991

Příloha F
(informativní)

Výchozí údaje pro hodnocení životnosti

1 Pro realizaci hodnocení životnosti munice jsou nezbytné informace pro formulování výchozích podkladů, vůči nimž bude hodnocení provedeno. Výchozími údaji mohou být chemické a fyzikální vlastnosti energetických materiálů, výrobní specifikace, vstupní charakteristiky materiálů, výsledky střebeb při schvalování typové způsobilosti a identifikovaná kritická zatížení z hlediska konstrukce a životního cyklu.

2 Soubor údajů je třeba vytvořit kombinací studia, konstrukčních a vývojových zkoušek a modelování. Rozsah informací a nutnost formulace dalších podkladů bude závislý na takových faktorech jako:

- a) zda jsou energetické součásti známy z jiných úloh nebo jiného použití;
- b) zda charakterizační etapa poskytla podrobnosti o energetických materiálech postačující k posouzení pravděpodobných druhů poruch;
- c) zda jsou známy podrobnosti o změně vlastností materiálu stárnutím;
- d) zda je známa spolehlivost a druhy poruch součástí prostředku (hardwaru) z podobných úloh;
- e) zda byly zjištěny údaje o statické a únavové pevnosti hardwaru, zvláště tlakových nádob, a zda jsou k dispozici výsledky analýzy modelováním (např. analýzy metodou konečných prvků);
- f) jaký je výrobní standard energetických materiálů a všech hodnocených součástí;
- g) zda jsou k dispozici empirické údaje o provozních podmínkách;
- h) zda se provádí střelecké přezkoušení technických parametrů a kritické zkoušky na odpovídající úrovni pro dosažení typové způsobilosti;
- i) zda jsou dostupné údaje z výrobních zkoušek a střebeb.

Počáteční hodnocení doby použitelnosti

U většiny projektů bude dodavatel (vývojová organizace) ještě před zavedením munice do užívání poskytovat záruku počáteční (výchozí) doby životnosti. Stejně když se munice nakupuje ze skladových zásob nebo z ciziny, bude nezbytné použít údaje poskytnuté dodavatelem. Ve všech případech je nutné tato data posoudit vzhledem k požadavku na počáteční dobu použitelnosti a vzít v úvahu takové faktory jako:

- a) zda byly identifikovány všechny pravděpodobné druhy poruch a zda jejich kritičnost a následky byly vyhodnoceny jako tolerovatelné;
- b) zda byly identifikovány podmínky vnějšího prostředí během životního cyklu, které mohou způsobit degradaci munice a zda byly provedeny postupné zkoušky na vliv prostředí k prokázání, že munice může odolat těmto podmínkám po požadovanou periodu doby použitelnosti;
- c) zda byl ze zkoušek součástí a zkoušek schvalování způsobilosti získán důkaz, že pravděpodobnost výskytu poruchy během předpokládané doby použitelnosti je akceptovatelná;
- d) zda počáteční doba použitelnosti naplňuje potřeby plánovaného programu hodnocení a provozní přijatelnosti celkové životnosti;
- e) zda hodnocený výrobní standard je totožný se standardem, který bude zaveden do užívání nebo zda změny jsou akceptovatelné bez potřeby dalšího dokazování;
- f) zda se plánuje potvrdit počáteční životnost prostřednictvím programů ISS a/nebo ISE.

Příloha H

(informativní)

Optimalizace skladovacích podmínek pro zvýšení doby životnosti**1 Úvod**

Přijetím postupu hodnocení celkové životnosti je možno stanovit opatření pro zachování nebo optimalizaci životnosti munice. Tyto kroky by měly být přijaty před zavedením do užívání, některé však nemusí být možné identifikovat, dokud není munice vystavena provoznímu prostředí a jeho vlivy zaznamenány prostřednictvím ISS nebo ISE. Optimalizace podmínek je použití těchto opatření k udržení doby trvání provozního prostředí a má poskytnout informace umožňující projektovým manažerům optimalizovat nejlepší koncepci pro konkrétní muniční systém, zajistit vlastní bezpečnost v provozu a nejlepší hodnotu za vynaložené náklady.

2 Přínosy optimalizace

Přínosy optimalizace jsou následující:

- a) může být použita k prodloužení doby životnosti, které by jinak nebylo možné;
- b) je-li plánována v předstihu, pak nárůst doby životnosti veškerého materiálu může být podstatný;
- c) v případech, kdy optimalizace nemohla být (nebo nebyla) plánována předem, pak zavedení těchto opatření v polovině doby životnosti může na ni mít ještě významný vliv, zvláště u munice, která je novější než určující položky z hlediska doby použitelnosti i doby funkční životnosti;
- d) důsledným užitím optimalizačních kroků je možné redukovat náklady na životní cyklus munice. Toho lze dosáhnout snížením potřeby nahrazování položek s krátkou dobou životnosti i rozsahu zkoušek požadovaných k potvrzení zbytkové životnosti;
- e) zavedení optimalizačních opatření může vést k vyšší spolehlivosti při prognózování celkové životnosti munice.

3 Možnosti optimalizace

3.1 Optimalizace může být dosaženo více opatřeními, která mohou být aplikována buď samostatně, nebo jako součást celkové koncepce snížení vlivů vnějšího prostředí na stárnutí konkrétní munice. Opatření zahrnují:

- a) Řízené skladování. Výbušniny degradují rychleji v podmínkách zvyšující se teploty a relativní vlhkosti vzduchu. Řízení skladovacích podmínek může jak oddálit počátek, tak snížit rychlost degradace. Toho lze dosáhnout např.:
 - použitím kvalitních skladišť s účinným řízením teploty a vlhkosti vzduchu;
 - aplikací koncepce dvojích zásob, kdy je malé množství munice vyčleněno pro výcvikové nebo bojové účely, zatímco hlavní zásoby zůstávají v řízených skladovacích podmínkách;
 - použitím metody, při které je kompletní munice uložena v kvalitních kontejnerech;
 - použitím kvalitního balení.
- b) Registraci provozních podmínek. Informace potřebné pro management životnosti munice zahrnují nejen podstoupené extrémy vnějšího prostředí, ale i kompletní průběh doby života munice. Je tedy nezbytné provádět záznamy:

Příloha H
(informativní)

- teploty a vlhkosti vzduchu v prostoru skladování každého jednotlivého druhu munice (prostřednictvím systému záznamu dat);
 - rozsahu vystavení běžným stanoveným vnějším podmínkám, jako jsou doby strávené v pohotovostním nebo náhradním uložení. Minimálně se požaduje záznam meteorologických podmínek a doby trvání, vhodné je použít systém záznamu dat;
 - dob trvání, druhů a podrobností (např. úrovní vibrací při dopravě na letadle) operačních a cvičných letů a s nimi spojených úrovní teplot a dynamických tlaků. Neocenitelným by v tomto ohledu byl systém záznamu dat schopný ve vybraných případech monitorovat a zaznamenávat hodnoty rázů a vibrací;
 - dob trvání a druhů přepravy (železniční, pásovými nebo kolovými vozidly atd.).
- c) Zdokonalení výpočtů doby použitelnosti na základě záznamů teploty, slunečního záření a vlhkosti vzduchu v prostoru skladování a pro každý jednotlivý druh munice.

3.2 Mohou-li být podmínky skladování a použití munice monitorovány (v rámci skladiště, série, skupinového balení nebo u drahých položek i jednotlivě), pak může být stanoven aktuální procentní podíl spotřebované doby použitelnosti. Ten bude vždy menší než dosud platný nejhorší předpoklad a ve většině případů může dojít k nemalým úsporám. Zavedení kompaktního a relativně levného zařízení pro záznam dat včetně příslušného softwaru umožní získání a zpracování potřebných údajů.

4 Efektivita možností optimalizace

Na počátku projektu nemusí být možné efektivitu optimalizace přesně stanovit. Mnoho možností však může být účinně použito při zavádění do užívání, kdy se musí pečlivě zvažovat cenová (nákladová) výhodnost. Příkladem je skladování za řízených podmínek takových položek, které jsou velmi citlivé k teplotě a vlhkosti, jako jsou raketové motory a pyrotechnické prostředky. Jedním z hlavních cílů hodnocení celkové životnosti je vytvořit model charakteristik stárnutí výbušnin, který může být aplikován při procesu hodnocení životnosti. V těchto modelech musí být často využity extrémní případy s nejhoršími následky, protože skutečné zatížení munice vnějším prostředím není známo. Zpětná informace o přesných a spolehlivých údajích, týkajících se klimatických a mechanických prostředí při provozu munice, je tedy důležitým prvkem pro dosažení její maximální životnosti. Zpětná vazba umožňuje zpřesnění modelu a úpravu předpokládané rychlosti degradace podle skutečných úrovní, kterým byla munice vystavena. Výhodně toho lze využít především u koncepce dvojích zásob, kdy vybraná část zásob může být rozšířena, jestliže neprošla předpokládaným průměrným tepelným stárnutím (nebo jeho extrémními hodnotami), ale určitou nižší úrovní zatížení. Kombinace optimalizačních opatření, registrace provozních podmínek a zpětných informací tak umožňuje krok vpřed, u kterého přínosy převáží nad pořizovacími náklady takového postupu.

Příloha J
(informativní)

Prodlužování doby použitelnosti

1 U mnoha projektů je od dodavatele (vývojové organizace) vyžadováno, aby často i po zavedení munice do užívání poskytl záruku, že požadavky na dobu použitelnosti budou splněny. Počáteční (výchozí) doba životnosti bude pravděpodobně nedostatečná. Před podepsáním konečné projektované životnosti může být nezbytné životnost přehodnotit, někdy i vícekrát. Uživatel může rovněž potřebovat prodloužit dobu životnosti nad hodnotu potvrzenou dodavatelem (vývojovou organizací).

2 Kromě rozhodnutí, zda je prodloužení doby použitelnosti ekonomické, je třeba při stanovení způsobu jeho realizace zvážit řadu dalších faktorů:

- a) Jaká délka doby prodloužení je nezbytná a jaká je žádoucí k zabránění sankcí ve formě náhradních dodávek?
- b) Zůstaly předpovědi pravděpodobných druhů poruch, které byly učiněny během vývoje, schvalování způsobilosti, ISS, ISE a dřívějších programů hodnocení životnosti, přesnými a platnými? Zabraňují prodloužení doby životnosti?
- c) Byly nalezeny nějaké nové druhy poruch? Omezují tyto poruchy životnost munice pod projektovanou životnost?
- d) Způsobily vlivy vnějšího prostředí větší degradaci, než bylo předpovězeno?
- e) Je výrobní standard, který byl hodnocen při zavedení do užívání, tentýž jako veškeré provozní zásoby?
- f) Zůstanou zachovány dostatečné bezpečnostní záruky (rezervy) v průběhu prodloužené doby?
- g) Je munice zahrnutá do některé provozní kontroly reprezentativní pro provozní zásoby? Zahrnuje tato munice určující položky a je tento údaj podporován systémem sledování provozních podmínek?
- h) Byly prováděny nějaké doplňkové zkoušky v rámci přehodnocování, byly zkoušky reprezentativní pro operační a logistická prostředí daná životním cyklem a upraveny na základě zkušenosti?
- i) Poskytl program prodloužení životnosti důkaz, že munice zůstane bezpečná a použitelná včetně:
 - operačních a logistických prostředí, jako jsou prostředí skladování, přepravy a manipulace;
 - klimatických prostředí pro skladovací, operační a pohotovostní podmínky;
 - odpovídajícího umělého stárnutí zaručujícího spolehlivost požadovaného prodloužení doby životnosti?
- j) V jakém rozsahu budou vyžadovány programy ISS a ISE k potvrzení, že životnost zůstane platná po celou dobu prodloužení?
- k) Je-li doba životnosti prodlužována na základě ISS a ISE bez dalšího urychleného stárnutí, byl během doby životnosti munice (včetně stárnutí prováděného při vývoji a schvalování způsobilosti) získán dostatečný důkaz umožňující prodloužení doby životnosti?

3 Další informace o metodice pro hodnocení prodlužování doby použitelnosti lze nalézt v ČOS 399007.

Konec životnosti

Existuje řada faktorů, které musí být vzaty v úvahu při odůvodnění konce doby použitelnosti munice. Zahrnují bezpečnost, náklady na vlastnění a shromažďování dat, jak je uvedeno v následujících bodech:

- a) Zůstává některá část zásob munice v používání nebo má být veškerý materiál z používání vyjmut?
- b) Je možné výbušné součásti munice použít znovu, jiným způsobem, odprodat nebo exportovat?
- c) Bylo dosaženo původně projektované životnosti munice?
- d) Nasvědčují doklady získané z programů hodnocení celkové životnosti, provozní kontroly a sledování provozních podmínek, že munice dosáhla konce své doby použitelnosti z důvodu bezpečnostních poruch nebo pouze kvůli zhoršení technických parametrů?
- e) Nasvědčují dostupná fakta, že stav munice se zhoršil v takovém rozsahu, že musí být zlikvidována v předepsané době nebo určitým způsobem?
- f) Je podobný materiál ještě v používání a mohou být hodnotícími zkouškami a střelbami části munice získány užitečné údaje?
- g) Jakými částmi životního cyklu (např. skladováním, přepravou nebo používáním) projde munice před dosažením okamžiku definitivního konce životnosti a předtím, než musí být s konečnou platností určena k likvidaci?

Účinnost českého obranného standardu od: **19. ledna 2005**

Změny:

Změna číslo	Účinnost od	Změnu zapracoval	Datum zapracování	Poznámka
1	11. 10. 2022	Odbor obranné standardizace	11. 10. 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: 2021, obsahuje 22 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
