

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000



ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

materiály k druhému setkání odborné skupiny pro spolehlivost

13. prosince 2000
Praha 1, Novotného lávka 5

OBSAH

Programy spolehlivosti v organizacích	3
Doc.ing. Antonín Mykiska, CSc.	
Hodnocení spolehlivosti parních turbín	10
Dr. Ing. Blanka Vlčková, ŠKODA a.s. Plzeň	
Zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky a materiálu podle standardu NATO	16
Doc.Ing. Zdeněk Vintr, CSc.	

PROGRAMY SPOLEHLIVOSTI V ORGANIZACÍCH

Doc. Ing. Antonín Mykiska, Csc.
Fakulta strojní ČVUT v Praze

ÚVOD

Management spolehlivosti je nedílná, ale specifická součást managementu jakosti, protože **bezpečnost, životnost, bezporuchovost, udržovatelnost, zajištěnost údržby a pohotovost** náleží mezi základní znaky jakosti výrobků, které podstatným způsobem ovlivňují jejich schopnost uspokojovat požadavky zákazníků a dalších zainteresovaných stran. Požadavky na ně bývají často specifikovány jako klíčové, protože **mají významný vliv** zejména na:

- celkovou schopnost výrobku uspokojovat uživatele (a současně neohrožovat při jejich užívání zdraví, příp. život osob, životní prostředí atd.),
- provozní náklady a náklady na údržbu během celé doby používání výrobku,
- ztráty, způsobené jeho nedisponibilitou (např. v důsledku poruchy, provádění údržby).

1. MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI

K dosažení optimální bezpečnosti, životnosti a spolehlivosti (tj. dle terminologie norem ČSN ISO a ČSN ISO pohotovosti a faktorů, které ji ovlivňují – bezporuchovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby) výrobků je proto nezbytné se **v rámci managementu jakosti** systematicky zabývat **managementem spolehlivosti**. Takto, zejména z hlediska dodavatelsko odběratelských vztahů, je vnímán a formulován obsah managementu spolehlivosti v normách ISO a IEC. Vedle toho však je nutné, aby obsahem managementu spolehlivosti v konkrétních organizacích byly i výrobky a služby, které tyto organizace používají (např. výrobní a technologické systémy) k realizaci svých podnikatelských záměrů (viz dále o sdílení odpovědnosti ve vztahu ke spolehlivosti).

Management spolehlivosti se v organizacích uplatňuje pro všechny činnosti podél smyčky jakosti, resp. **pro všechny etapy životního cyklu výrobků**. Členění životního cyklu na šest etap (podle norem ISO a IEC) zachycuje obr. 1.



Obr. 1 - Členění životního cyklu na šest etap podle norem ISO a IEC

Obsahem jednotlivých etap životního cyklu výrobků obecně je:

- stanovení potřeby výrobku a specifikace požadavků na výrobek, včetně požadavků na spolehlivost,
- vytvoření projektového či konstrukčního řešení hardwaru a/nebo softwaru výrobku, navazující návrh a dokumentace podrobné specifikace jeho výroby (resp. programování) včetně zpracování další dokumentace výrobku, jako jsou instrukce k použití a údržbě; z pohledu spolehlivosti to vše s využitím přiměřených technik, postupů a nástrojů inženýrství spolehlivosti; v případě sériové výroby včetně zhotovení vývojového modelu (prototypu) a ověření znaků spolehlivosti atd.,
- vlastní výroba a/nebo sestavení (montáž) výrobku, kopírování softwaru apod., doprovázené zkoušením s validací znaků jakosti a spolehlivosti,
- instalace a uvedení do provozu s posuzováním a prokázáním bezporuchovosti a udržovatelnosti,

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

- provoz výrobku (tj. jeho používání ke stanovenému účelu), zahrnující zejména zajišťování podmínek provozu a údržby s průběžným sběrem a zpracováním dat k posuzování dosahované výkonnosti a provozní spolehlivosti,
- po ukončení etapy provozu a údržby vyjmutí výrobku z místa používání, jeho vyřazení z provozu s následnou demontáží a zničením, nebo je-li to požadováno, jeho uložení v chráněném prostředí.

K dosažení optimální spolehlivosti v podmínkách jednotlivých organizací je tedy nutné se v rámci managementu jakosti systematicky zabývat uplatňováním managementu spolehlivosti, tj. v rámci organizační struktury, resp. v rámci systému jakosti realizovat manažerské a technické zajištění všech funkcí a činností nezbytných pro stanovení a splnění požadavků na spolehlivost (tj. cílů spolehlivosti), vyjádřených přijatou politikou spolehlivosti a obecně uskutečňovaných postupy, prostředky a nástroji řízení, zabezpečování a zlepšování spolehlivosti:

<p>řízení spolehlivosti - techniky (metody, postupy inženýrství spolehlivosti), jimiž je dosahováno splnění požadavků na spolehlivost výrobků,</p> <p>zabezpečování spolehlivosti - provádění příslušných plánovaných a systematických činností (a podle potřeby prokazovaných), aby se poskytla přiměřená důvěra, že výrobek, služba, proces, systém atd. splní dané požadavky na spolehlivost,</p> <p>zlepšování spolehlivosti - realizace systematicky a dlouhodobě prováděných činností se záměrem zlepšit bezpečnost, bezporuchovost, udržovatelnost atd. odstraňováním příčin systematických poruch, snižováním pravděpodobnosti výskytu jiných poruch apod.</p>

Nezbytnost **informačního systému spolehlivosti** jako podsystému informačního systému organizace pak vyplývá z nutnosti sběru údajů a informací, jejichž zpracování a využívání umožňuje efektivně realizovat potřebné dopředné a zpětné vazby, objektivně hodnotit výsledky a efektivnost a rozhodovat na základě zjištěných faktů a skutečností.

Odlišnosti v přístupech a složitosti **řešení** problematiky spolehlivosti v podmínkách jednotlivých organizací pak jsou **závislé na mnoha okolnostech**, zejména na:

- charakteru a složitosti výrobku (např. v závislosti na tom, zda se jedná o výrobek složitější nebo jednodušší, zda jde o finální výrobek nebo jeho komponenty či zda jde o součástky) a s tím spojeným vývojovým rizikem,
- čase, finančních a lidských zdrojích, jež jsou k dispozici,
- výchozí situaci řešení spolehlivosti, tj. zda se navazuje na již předešlé systematicky prováděné aktivity v této oblasti nebo zda se k systematickému řešení teprve přistupuje,
- požadované úrovni bezpečnosti, životnosti, bezporuchovosti, udržovatelnosti, zajištěnosti údržby atd. a požadovaných průkazech, zárukách, přezkoumáních,
- objemu výroby (kusová, sériová, velkosériová).

Pro zajištění spolehlivosti výrobku, který je v rámci podnikatelského záměru v organizaci vyvíjen a vyráběn, jsou **dominantní předvýrobní etapy** jeho životního cyklu (volba koncepce, specifikace požadavků, návrh, vývoj), v nichž je podle zkušeností spolehlivost (a obdobně bezpečnost, životnost) rozhodujícím způsobem „zakládána“; není-li v těchto etapách požadovaná spolehlivost (bezpečnost, životnost) správně specifikována a následně do výrobků „vprojektována“, „vkonstruována“, většinou to lze jen obtížně beze ztrát zcela napravit. Prostředkům, metodám a postupům uplatňovaných v těchto etapách životního cyklu je proto nutné věnovat zvýšenou pozornost.

Ještě je nutné upozornit na **sdílení odpovědnosti výrobce a zákazníka ve vztahu ke spolehlivosti výrobků**:

1. výrobce (dodavatel) obecně zodpovídá za stanovení požadavků na spolehlivost, specifikaci spolehlivosti, její „vkonstruování“ („vprojektování“) v průběhu návrhu a za realizaci

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

inherentní bezpečnosti, životnosti, bezporuchovosti a podstatnou měrou za udržitelnost, zajištěnost údržby pro stanovené podmínky a stanovenou dobu užívání,

2. zákazník (odběratel, konečný uživatel) má obecně odpovědnost především za dodržování stanovených podmínek užívání, tj. zejména provozních podmínek (zatížení, podmínky prostředí), zacházení (kvalifikovanost obsluhy) a preventivní údržby; podle okolností pak sdílí nebo i přejímá odpovědnost za údržbu po poruše a zajištěnost údržby (např. v podmínkách své organizace).

Specifické okolnosti má **odpovědnost výrobce**, resp. dodavatele či distributora zajistit potřebnou **úroveň bezpečnosti** svých výrobků ve vazbě na zákony a právní předpisy pro stanovené výrobky tzv. regulované oblasti, tj. pro vymezené oblasti použití, např. mírové využití atomové energie, chemický průmysl, letectví, vojenská oblast atd., resp. pro výrobky stanovené zákonem 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky (např. podle §8 zákona 22/1997 Sb. je stanovena povinnost výrobců, dovozců a distributorů uvádět na trh jen **bezpečné výrobky**, které za běžných nebo rozumně předvídatelných podmínek užití nepředstavují po dobu stanovené nebo obvyklé použitelnosti žádné nebezpečí nebo jejich užití představuje pouze minimální nebezpečí, které lze považovat za přijatelné vzhledem k odpovídající vysoké úrovni ochrany tzv. oprávněného zájmu).

Management spolehlivosti se v organizacích uplatňuje **různými prostředky a způsoby**, které mohou být:

- a) formálně samostatně nevyčleněné, ale jednoznačně **identifikovatelné v politice jakosti, v plánech jakosti, v systému jakosti organizace** apod. nebo
- b) vyčleněné a systematicky samostatně prezentované právě **v programu spolehlivosti a/nebo v plánu spolehlivosti**.

Východiskem realizace managementu spolehlivosti v podmínkách jednotlivých organizací ve vztahu k jejich podnikatelským záměrům by vždy mělo být **stanovení cílů spolehlivosti a strategie jejich realizace**. Ty jsou obsahem **politiky spolehlivosti**, která by měla být v bezprostřední návaznosti na politiku jakosti organizace a za níž má **odpovědnost vrcholové vedení organizace**:

- **schválit**, jako součást specifikace cílových užitečných vlastností výrobku (tj. zejména funkčních vlastností a podmínek užívání), **specifikaci požadavků na spolehlivost**, včetně případně schválené nomenklatury ukazatelů spolehlivosti a jejich cílových hodnot,
- **rozhodnout o pravomocích a odpovědnostech** v rámci organizační struktury organizace (podniku), **přidělit potřebné zdroje a schválit postupy a procesy**, které se budou v podmínkách organizace používat **k realizaci stanovené koncepce spolehlivosti**.

Proto existuje (obdobně jako v případě managementu jakosti) jednoznačná **odpovědnost vrcholového vedení organizace vytvořit a udržovat** (viz ČSN ISO 9000-4):

- dokument vyjadřující **politiku a cíle** ve vztahu ke **spolehlivosti** výrobků a příslušných podpůrných služeb,
- postupy pro průzkum trhu ke **stanovení potřeb** zákazníků a dalších zainteresovaných stran **na spolehlivost** (bezpečnost, životnost) a **jejich převedení do specifikací**,
- potřebné **prvky a zdroje programu** k zabezpečení **spolehlivosti** (v rámci systému jakosti, programu spolehlivosti, plánu spolehlivosti),
- **postupy přezkoumání** přijatého **programu spolehlivosti** (oficiální hodnocení stavu a přiměřenosti ve vztahu k politice a cílům jakosti a spolehlivosti).

2. PROGRAM SPOLEHLIVOSTI, PLÁN SPOLEHLIVOSTI

Jedním ze základních možných způsobů realizace managementu spolehlivosti v organizacích jsou programy a/nebo plány spolehlivosti. Svou podstatou jsou obdobou systémů jakosti a/nebo plánů jakosti, jehož jsou vyčleněnou součástí.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Program spolehlivosti (obdobně program bezporuchovosti a udržovatelnosti apod.) je definován jako organizační struktura, odpovědnosti, postupy a zdroje používané v organizaci pro řízení a zabezpečování spolehlivosti; zahrnuje všechny etapy životního cyklu výrobků od plánování po provoz až případnou likvidaci (vypořádání).

Plán spolehlivosti (plán bezporuchovosti a udržovatelnosti) je dokument, stanovující v oblasti spolehlivosti zdroje a sled činností vztahujících se k jednotlivému výrobku, smlouvě nebo projektu.

Program spolehlivosti a plán spolehlivosti je v organizacích budován, udržován a rozvíjen pro plánování, organizaci a řízení zdrojů za účelem produkce bezporuchových a udržovatelných výrobků. Uplatňují se zejména v případech, kdy problematika spolehlivosti má vzhledem k podnikatelským záměrům a cílům organizace důležitou úlohu, obzvláště:

- v případech sériové výroby finálních výrobků, resp. jejich komponent,
- v případech velkosériové produkce součástek,
- u výrobků či projektů s předem specifikovanými požadavky na spolehlivost (např. pro použití v oblasti vojenské, energetiky, spojů, dopravy apod.).

V rámci **programu spolehlivosti** je nutno v konkrétních podmínkách organizace řešit, **zavést, udržovat a dokumentovat**:

- **organizační strukturu** (pravomoci, odpovědnosti, finanční, technické a lidské zdroje) a prvky programu,
- **prostředky řízení, zabezpečování a zlepšování** (postupy a metody analýz a hodnocení, způsoby a prostředky realizace opatření k nápravě atd.),
- **vzdělávací a výcvikový program** pro kategorie pracovníků, kteří budou postupy a metody používat,
- **informační systém** pro vytváření, udržování a aktualizaci souborů informací (zejména ze zkoušení, provozu, přezkoumávání), způsobu jejich zpracování, přenášení a využívání při návrhu, resp. zlepšování výrobků, plánování jejich údržby a zajištění údržby apod.

Program spolehlivosti je tvořen řadou úkolů, náležejících do specifické tématické oblasti tzv. **prvků programu**. **Úkoly programu** jsou chápány jako řada činností zaměřených na hlediska spolehlivosti výrobku.

Prvky programu spolehlivosti se člení na dvě velké skupiny (viz ČSN ISO 9000-4:

A) **samostatné:**

- 1) **zavádění programu spolehlivosti** s výběrem úkolů, aby se zajistilo plnění specifikovaných požadavků na spolehlivost (dokumentace struktury a prvků programu s popisem postupů, metod analýzy, nástrojů a statistických zásad používaných v organizaci pro stanovení ukazatelů spolehlivosti, jejich řízení a vyhodnocování);
- 2) vytvoření a udržování **přístupu k** potřebným kvalitativním a kvantitativním **metodám, postupům a modelům** pro předpověď, analýzu a odhad znaků spolehlivosti, včetně realizace navazujících výcvikových programů pro pracovníky, kteří je budou používat;
- 3) vytvoření a udržování **souborů informací** ze zkoušek a z provozu pro zajištění zpětné vazby;
- 4) zavedení a udržování systematické dokumentace v podobě tzv. **záznamů o spolehlivosti**;

B) **specifické pro** konkrétní **výrobek nebo projekt:**

- 1) **plánování a management** (vedení) - zpracování plánu spolehlivosti jako součásti plánu výrobku (projektu), jeho přezkoumání a zajištění sledovatelnosti požadavků na spolehlivost;
- 2) postupy **přezkoumání smlouvy a spolupráce** (tzv. služební styk);
- 3) příprava **požadavků na spolehlivost**, zahrnující jejich kvalitativní a kvantitativní specifikaci, jejich alokaci (rozdělení) na subsystémy, komponenty a díly výrobku,

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

- včetně interpretace těchto požadavků (analýza typických podmínek a omezení pro zamýšlené použití výrobku) a jejich přezkoumání;
- 4) směrnice a postupy používané k dosažení požadované spolehlivosti při navrhování výrobku a zajištění jeho údržby, označované jako **techniky inženýrství spolehlivosti** (inženýrství bezporuchovosti, inženýrství udržovatelnosti, inženýrství testovatelnosti/možnosti zkoušení, inženýrství lidských faktorů apod.);
 - 5) postupy **specifikace požadavků na spolehlivost externě dodávaných výrobků**, tj. ze smluvních dodávek a výrobků dodaných zákazníkem;
 - 6) **analýzy, předpovědi a oficiální přezkoumání návrhu** přiměřené pro výrobek (projekt);
 - 7) postupy pro efektivní a přiměřené **ověřování a validaci** (potvrzování správnosti) splnění požadavků na spolehlivost, plánování a provádění **zkoušení** spolehlivosti (vedle zkoušek bezporuchovosti, udržovatelnosti, životnosti, skladovatelnosti, pohotovosti apod. při náběhu výroby, během výroby, přijímací zkoušky atd., též zkoušky s růstem bezporuchovosti, třídící zkoušky namáháním pro zlepšení bezporuchovosti);
 - 8) **program nákladů životního cyklu**, jehož základem jsou ekonomické analýzy pro posouzení celkových nákladů během životního cyklu výrobků, tj. posouzení celkových nákladů na pořízení a vlastnictví výrobku za účelem jejich optimalizace;
 - 9) plánování **provozní činnosti a zajištění údržby**, poskytnutí zákazníkovi informací potřebných pro provoz výrobku, včetně jeho instalace, zajištění servisu a zásobování náhradními díly (východiskem je specifikace, určování a hodnocení nároků na udržovatelnost, požadavků na dosahování a ověřování cílů udržovatelnosti, sestavení a provádění příslušných programů; doporučeným základem je zpracování koncepce udržovatelnosti v období návrhu a z ní odvozené podmínky zajištění údržby v podobě doporučení o druhu a množství náhradních dílů, zkušebních zařízeních, speciálních nástrojích, požadavcích na kvalifikaci pracovníků údržby apod.);
 - 10) opatření ke **zlepšování** (tj. postupy systematické identifikace a zavádění všech nezbytných zlepšení bezporuchovosti a udržovatelnosti výrobku a zajištění údržby) a postupy řízení modifikací výrobku;
 - 11) získávání a analýza údajů o poruchách, poruchových stavech a podmínkách užívání ze zkoušek a z provozu pro realizaci **zpětné vazby k využívání zkušeností**.

Nejobvyklejší způsob uplatnění programu spolehlivosti s vazbou na jednotlivé konkrétní typy výrobků nebo projektů je **plán spolehlivosti**, jehož typickým **obsahem** je:

- identifikace a popis prvků a úkolů, které se použijí,
- identifikace a popis úkolů prověrek a přezkoumání, požadovaných pro zajištění přiměřeného provádění úkolů plánu a koordinace s ostatními činnostmi,
- organizační umístění, zodpovědnost, pravomoci a vzájemný vztah osob, které řídí, provádějí a ověřují provádění úkolů,
- popis postupu při realizaci úkolů, časový popis, rozhodovací body (milníky) a kontrolní body, popis kritérií přezkoumání návrhu, ověřování a validace,
- definice zdrojů požadovaných pro včasné provedení stanovených úkolů v celém programu,
- definice případných dodávaných výrobků nebo dokumentů pro každý rozhodovací a kontrolní bod a identifikace organizace (podniku), která bude vyvíjet, vybírat a používat požadované dokumenty,
- definice systému řízení dokumentů a managementu konfigurace,
- zavedení informačních spojů mezi spolehlivostí a dalšími oblastmi pro zajištění koordinovaného přenosu platných dat,
- řízení smluvních subdodavatelů.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Při zpracování a následné realizaci **plánu spolehlivosti** je tedy nutné **zavést, udržovat a dokumentovat**:

- **plánování a management** (jako součást celkového plánu výrobku či projektu),
- **specifikaci požadavků** na bezporuchovost, udržovatelnost, pohotovost a zajištěnost údržby (příp. bezpečnost a životnost) s ohledem na zákazníkem poskytnuté informace,
- **postupy pro specifikace požadavků na spolehlivost pro výrobky subdodavatelů**,
- **rozsah a způsob používaných prostředků a nástrojů analýz a řízení**, včetně postupů pro systematické zlepšování bezporuchovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby (programy růstu bezporuchovosti, programy zlepšování apod.),
- postupy pro **posuzování nákladů životního cyklu** výrobku či projektu,
- **informační systém** s postupy pro získávání, uchovávání, aktualizaci, analýzu a využívání údajů a informací o poruchách a poruchových stavech včetně okolností, za nichž nastaly, a to ze zkoušení, výroby a provozu s vazbou na výsledky analýz a postupů řízení při návrhu a vývoji.

Významnými úkoly, které se prolínají většinou prvků plánu spolehlivosti, jsou různé formy **přezkoumání a analýz** s následnými rozhodnutími o opatřeních k nápravě, způsobech jejich realizace a odpovědnostech za ně, včetně zajištění potřebných zdrojů, stanovených termínů plnění, vyhodnocení jejich efektivnosti a účinnosti atd. Jejich efektivní a účinné využívání vedle manažerského a "technického" zajištění (vymezení pravomocí, odpovědností, přidělení zdrojů, personálního zajištění atd.) si nelze dost dobře představit bez dobré týmové činnosti a využívání počítačové podpory.

Přezkoumání jsou hodnotící činnosti, prováděné nezávislou stranou vzhledem k jeho předmětu. Jsou používány prakticky ve všech etapách životního cyklu výrobků, zejména ve stanovených časových "milnících" před uvolněním do další etapy (např. přezkoumání návrhu plánu spolehlivosti vedením, přezkoumání specifikací požadavků na spolehlivost, přezkoumání smlouvy atd.). Zvláštní postavení pak má tzv. **oficiální přezkoumání návrhu** (Formal design review), což je oficiální a nezávislé hodnocení návrhu, konstrukce nebo projektu v jednotlivých částech životního cyklu za účelem zjištění a odstranění nedostatků, které by mohly ovlivnit splnění požadavků na bezporuchovost, udržovatelnost, zajištěnost údržby, účelovou vhodnost a identifikaci možných zlepšení. Jde o plánovitý, organizovaný, systematický a dokumentovaný proces s **charakterem nezávislé poradenské činnosti**, který lze považovat především za **zdokonalovací, nikoliv tvůrčí proces** - podněty k tvůrčímu procesu poskytuje pouze druhotně. Nemůže proto zastoupit ani dobré definování požadavků na výrobek, ani dobré konstrukční specifikace, návrh, technické řešení apod. Může však poskytnout nezbytné prověření, zda bylo v daném čase úspěšně završeno potřebné úsilí věnované návrhu. Vždy jde o týmovou činnost a doporučuje se, aby členy pracovní skupiny (týmu) byli i vnější nezávislí konzultanti a poradci, zejména v menších organizacích bývá nutné, aby členy byli pracovníci odběratele (příp. i dodavatele). V každé organizaci mají být vyhlášeny zásady postupu, podle nichž se budou v praxi řídit přezkoumání návrhu, prováděná z pověření vrcholového vedení (generálního ředitele).

Proces přezkoumání má být navržen a prováděn tak, aby **umožňoval zjistit**, že:

- výrobek efektivně splňuje specifikované požadavky z hlediska nákladů a uspokojuje potřeby odběratele,
- výrobek, resp. jeho komponenty mohou být bezpečně a ekonomicky likvidovány,
- byly použity požadované metody a postupy návrhu, výroby a instalace,
- byly optimalizovány náklady po zvážení všech požadavků na výrobek,
- součástky se využívají v mezích svých specifikovaných jmenovitých výkonů a namáhání.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Přezkoumání návrhu se má začlenit mezi běžné pracovní postupy podniku (organizace) a doporučuje se provést před každým závažným rozhodnutím vhodný **druh přezkoumání návrhu** v několika rozhodovacích bodech (milnících) jednotlivých etap životního cyklu výrobku.

Významná a prakticky nezastupitelná je úloha různých **druhů analýz** spolehlivosti, jejichž výsledky umožňují kvalifikovaná rozhodování. Analýzy spolehlivosti zahrnují především analýzy funkční struktury, druhů poruchových stavů, příp. kritických poruchových stavů z hlediska bezpečnosti (tzv. analýzy rizik), příp. mezních stavů z hlediska životnosti, dále mechanismů poruch, projevů a následků poruch ve vazbě na udržovatelnost "jednotek", možné strategie preventivní údržby a údržby po poruše atd.

V případě **kvantitativních analýz** se pracuje s ukazateli spolehlivosti, což vyžaduje pořízení (ev. ověřování) dat o bezporuchovosti, životnosti a udržovatelnosti prvků, sestavení matematických modelů bezpečnosti, bezporuchovosti, udržovatelnosti apod., analýzy kritičnosti a citlivosti prvků, hodnocení alternativních návrhů a postupů včetně rozborů a vyhodnocení nákladů a jejich porovnání s cíli a požadavky.

Analýzy se vztahují na výrobek (objekt) nebo systém; **v předvýrobních etapách** pak mají charakter studia potenciálně možného výskytu poruch, resp. **předpovědi** hodnot **ukazatelů** spolehlivosti, **v etapách provozu**, při zkouškách apod. mají charakter studia **skutečných příčin výskytů poruch**, jejich následků, závislostí atd., resp. **empirického zjištění** (určení nebo ověření) **ukazatelů spolehlivosti** v podobě jejich bodového nebo intervalového odhadu pro stanovené nebo zjišťované skutečné podmínky užívání.

Relativně samostatnou, ale velmi významnou skupinou metod analýz jsou **analýzy bezpečnosti**, označované též jako **analýzy rizik**, prováděné jako součást hodnocení a snižování rizik v rámci **managementu rizik**.

ZÁVĚR

Příspěvek shrnuje v obecné poloze současné základní představy o uplatňování managementu spolehlivosti v organizacích zejména prostřednictvím programů spolehlivosti a plánů spolehlivosti. Při formulaci prvků a úkolů programů spolehlivosti a plánů spolehlivosti vycházel systematicky z principů uvedených v normách [1] a [2], které lze chápat jako určitou obdobu norem ČSN EN ISO 9001 Systémy jakosti – Model zabezpečování jakosti při návrhu, vývoji, výrobě, instalaci a servisu, resp. ČSN ISO 9004-1 Management jakosti a prvky systému jakosti - Část 1: Směrnice, které obsahují mimo jiné zejména požadavky na prvky systému jakosti, které v případě normy ČSN EN ISO 9001 jsou východiskem certifikačních prověrek (auditů) systémů jakosti.

Z úkolů, které prolínají většinou prvků programů a plánů spolehlivosti, jsou zdůrazněny úloha a obsah procesů přezkoumávání a analýz; o dalších, neméně významných úkolech se nebylo možné podrobněji zmínit vzhledem k omezenému rozsahu příspěvku.

LITERATURA:

- [1] ČSN ISO 9000-4/IEC 300-1:1995 *Normy pro řízení a zabezpečování jakosti. Část 4: Pokyny pro řízení programu spolehlivosti / Řízení spolehlivosti. Část 1: Řízení programu spolehlivosti*
- [2] ČSN EN 60300-2:1997 *Management spolehlivosti - Část 2: Prvky a úkoly programu spolehlivosti*
- [3] MYKISKA, A.: *Management spolehlivosti v systémech jakosti*. In: Sb. semináře odb. skupiny pro spolehlivost při ČSJ, Praha 1999 (9 str.)
- [4] MYKISKA, A.: *Spolehlivost technických systémů. (Skripta)*. Vydavatelství ČVUT, Praha 2000 (177 str.)

HODNOCENÍ PROVOZNÍ SPOLEHLIVOSTI PARNÍCH TURBÍN

Blanka Vlčková, ŠKODA ENERGO s.r.o.

Anotace: Příspěvek je věnován problematice provozní spolehlivosti parních turbín. Definiuje se zpětnovazební funkce spolehlivostního systému, jako prostředek pro operativní ovlivňování hodnot ukazatelů spolehlivosti. Informace o poruchách jsou ukládány do databáze. Jsou popsány požadavky na jejichž základě bylo zpracováno zadání na vytvoření databázové aplikace a uveden způsob ukládání údajů. Výběry z databáze poskytují podklady pro výpočet různých ukazatelů spolehlivosti. Jsou uvedeny vztahy pro obvykle vyhodnocované spolehlivostní ukazatele i příklady některých speciálních aplikací.

Klíčová slova: spolehlivost, porucha, databáze, spolehlivostní ukazatelé.

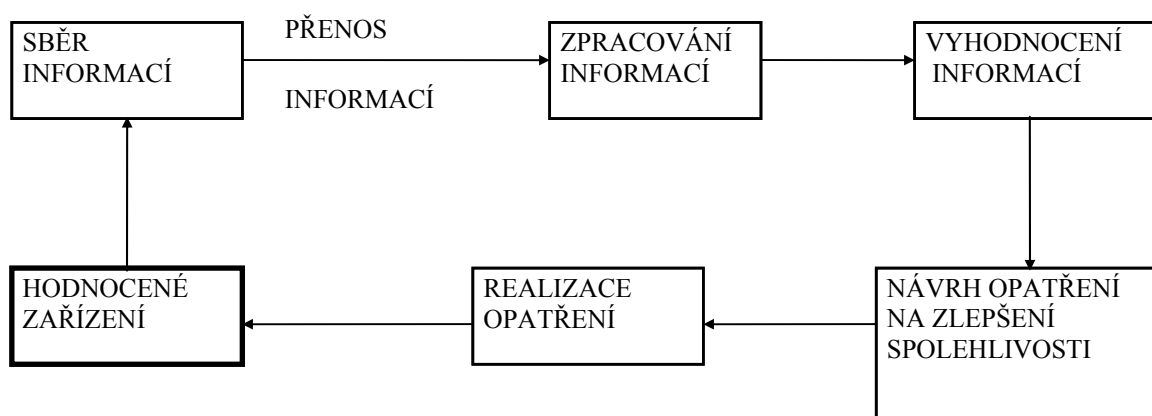
1. Úvod

Parní energetické výrobní jsou investičně náročné celky a proto jsou na klíčová zařízení těchto elektráren kladeny vysoké požadavky nejen po stránce funkčních vlastností (účinnosti), ale také po stránce spolehlivosti. Příznivé hodnoty účinnosti společně s udržení solidní úrovně ukazatelů spolehlivosti jsou základními parametry při hodnocení provozních nákladů elektrárenského bloku.

Jedním z důležitých zařízení elektrárny je parní turbína, která je z hlediska funkčních vazeb seriovým prvkem. To znamená, že v případě poruchového výpadku turbíny dojde k odstavení elektrárenského bloku.

Snahou majitele je provozovat zařízení s vysokou úrovní ukazatelů spolehlivosti a zájem výrobce musí být taková zařízení produkovat, aby dosáhl dobré pozice na trhu. Z toho vyplývá, že sledování a vyhodnocování provozní spolehlivosti je užitečné jak pro provozovatele, tak pro výrobce.

Zásadní význam pro pravidelné vyhodnocování ukazatelů provozní spolehlivosti má solidní a kontinuálně fungující informační systém. Zavedení takového systému a jeho udržení v činnosti vyžaduje spolupráci výrobce a provozovatele. Důležité je volit koncepci tak, aby byla zaručena zpětnovazební funkce spolehlivostního systému, jak je naznačeno v obr. 1.



Obr. 1

Zpětnovazební funkce v systému kontinuálního hodnocení provozní spolehlivosti umožňuje kontrolu účinnosti nápravných opatření při hodnocení ukazatelů spolehlivosti v následujících obdobích. Je to rovněž účinný nástroj na dosažení příznivých hodnot ukazatelů spolehlivosti a udržení jejich úrovně. Takto zavedený model toku a zpracování informací je výhodný jak pro provozovatele tak pro výrobce.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

V československé energetice byla, od počátku sedmdesátých let, spolehlivost zařízení jednotlivých výrobců pravidelně dvakrát za rok kontrolována, pod vedením Střediska pro spolehlivost při Státním výzkumném ústavu pro stavbu strojů v Běchovicích. Od počátku devadesátých let tato činnost není na centrální úrovni zajišťována.

Ve společnosti ŠKODA ENERGO s.r.o. je sledování a vyhodnocování provozní spolehlivosti parních turbín věnována soustavná pozornost od roku 1973 a tato činnost dosud pokračuje bez přerušení.

2. Podmínky pro vyhodnocování provozní spolehlivosti

Prvním předpokladem pro kontinuální vyhodnocování provozní spolehlivosti je pravidelné získávání údajů o poruchách u provozovatelů. V energetice byl v roce 1973 zaveden informační systém spolehlivosti, jehož součástí se staly pokyny pro evidenci a hlášení údajů o poruchách. Jednou z forem vykazování poruch v energetických výrobnách je hlášenka č. 2, kterou pro parní turbíny o výkonu 100 MW a vyšším pro klasické elektrárny získáváme ke zpracování na základě dohody s ČEZem. Po zpracování a vyhodnocení informací z hlášenek za období jednoho roku, předáváme výsledky ve formě zprávy ČEZu. Je samozřejmé, že výsledky analýz využívají také odborné útvary výrobce.

Druhým důležitým faktorem je obsah získávaných informací o poruchách. Z tohoto pohledu je struktura hlášenky připravena dobře, neboť obsahuje:

- Identifikační údaje
 - Označení elektrárny, číslo bloku, rok, měsíc, den, hodinu a minutu začátku poruchy
rok, měsíc, den, hodinu a minutu konce poruchy, velikost ztráty nedodanou energií,
velikost ztráty nedodáním tepla, druh poruchy (úplná, částečná, opravovaná v době
vyžádané zálohy).
- Provozně technický stav zařízení před vznikem poruchy
- Podrobný popis vzniku, projevu a průběhu poruchy
- Vyhodnocení funkce zařízení SKŘ při vzniku a v průběhu poruchy
- Zhodnocení zásahu provozního personálu při vzniku a likvidaci poruchy
- Analýza příčiny a mechanismu poruchy
- Popis následně poškozených zařízení a jejich částí
- Popis provedené opravy
- Navržená resp. realizovaná opatření
- Náklady na opravu
- Další poznámky provozovatele

Třetím významným krokem je způsob zpracování údajů o poruchách. Měl by být realizován tak, aby získané informace byly přehledné, snadno přístupné a mnohostranně využitelné. Tento požadavek vedl k přípravě zadání na zpracování databázové aplikace.

Základní požadavky definující prostředí pro naprogramování úlohy, lze shrnout do následujících bodů:

1. Spolu s kódovanými údaji popisujícími důležité charakteristiky jednotlivých poruch bude možné ukládat také anotace poruch v rozsahu cca 6 stran.
2. Zvolený typ databáze bude podporovat grafiku, umožňující současné zobrazení výsledků provedených výběrů.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

3. Z uložených datových souborů bude možné vyhodnotit základní statistické parametry a stanovit parametry Weibullova rozdělení.
4. Uložené datové soubory bude možné transportovat do ASCII souborů. Tím bude zajištěna v případě potřeby možnost dalšího vyhodnocení uložených dat mimo prostředí databáze.
5. Dodatečně bude možné doplnění dalších programových modulů, řešících související problematiku.
6. Možnost tisku.

S tvorbou uživatelského software se započalo počátkem devadesátých let. Jako prostředí pro vytvoření databázové aplikace byl zvolen tuzemský programový produkt PC FAND.

Zadávaní požadavků na zpracování software vycházelo z do té doby používané praxe při vyhodnocování poruchových hlášenek. Poruchy byly identifikovány podle elektrárny, bloku, datumu poruchy, velikosti ztráty způsobené poruchou a číselného kódu označujícího skupinu součástí, jejíž nesprávná funkce způsobila vznik poruchy. Skupina součástí je kódové označení komponent parní turbíny definované v závodové normě rozdělení stroje. Jeho použití usnadňuje správné směřování informací z analýz poruchových hlášenek odborným útvarům výrobního závodu, což je z hlediska využívání těchto údajů a případné přípravě nápravných opatření podstatné.

K těmto původním údajům přibýly samozřejmě některé další, např. datum poslední generální opravy, číslo výkovku rotoru, informace o provozu napáječek, o provozu systému regenerace, informace o výsledku zkoušek ochrany a řada charakteristik vyplývajících z textové části popisu poruchy.

Pro ukládání významných charakteristik poruch byl zvolen systém deskriptorů. Tak jsou při ukládání do databáze rozlišeny různé druhy příčin poruchy, projevu poruchy, způsobu odstavení turbosoustrojí, zavinění poruchy, ovlivnitelnosti poruchy, typu odstávky, úniku média při poruše. Číselně jsou zakódovány také různé způsoby oprav vzniklé poruchy. Tyto informace jsou využitelné jako významné doplňující údaje k ukazatelům spolehlivosti.

Jeden záznam v databázi odpovídá jedné vzniklé poruše. Skládá se z identifikační části, která přibližně odpovídá původním údajům o poruchách se kterými se pracovalo v době před vytvořením databázové aplikace. Následuje část, do které jsou údaje z hlášenky ukládány ve formě vyjádřené deskriptory. K tomuto bloku je přidána i textová část záznamu, kterou tvoří kromě jiného anotace poruchy, zpracovaná podle popisu v poruchové hlášenice. Ukládány jsou samostatné datové soubory které obsahují informace o poruchách jedné výkonové řady parních turbín za období jednoho roku.

Požadavkům na maximální využití údajů o poruchách uložených v databázi bylo přizpůsobeno zadání pro zpracování výběrového programu. Práce s datovými soubory umožňuje podle potřeby jejich spojování. Do databáze byly převedeny také původní údaje, t.j. údaje získané od r. 1973 do roku 1990. Původní údaje neobsahují část deskriptorů a textovou část. Původní data ovšem mají omezené možnosti výběru.

Z datových souborů je možné po nastavení podmínek provést různě orientované výběry, jejichž výsledky je možné graficky zobrazit. Výsledky výběru poskytují údaje pro vyčíslení požadovaných koeficientů spolehlivosti.

Databázová aplikace obsahuje rovněž programový modul „Statistika“, který umožňuje statistické zpracování aktuálního pracovního souboru. V tomto modulu jsou významné tři základní nabídky:

- velikost výpadku t.j. ztráty nedodanou energií v důsledku vzniklé poruchy
- doby mezi poruchami
- četnosti poruch

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Volba „velikost výpadku“ umožňuje zpracovávat informace týkající se velikosti ztrát v MWh, způsobených poruchami vzniklými na parních turbínách, jejichž data jsou obsažena v aktuálním pracovním souboru. Pro tento soubor je k dispozici tabulka obsahující základní popisné statistiky: počet měření, úhrn, minimální hodnota, maximální hodnota, výběrový průměr, výběrový rozptyl, směrodatná odchylka, variační koeficient. Krabicový graf umožňuje zobrazit vybrané statistické charakteristiky jako medián, dolní a horní kvartil, mezikvartilové rozpětí a odlehlá pozorování ve výběru. V tabulce četností jsou uvedeny velikosti výpadků v třídních intervalech rovnoměrně rozdělených mezi minimem a maximem s délkou kroku, odpovídající zvolenému počtu tříd. Databázové prostředí dovoluje rovněž interpretaci uložených dat ve formě grafů. V režimu „velikost výpadku“ je možné pro vybranou položku, např. „elektrárna“ zobrazit ve formě kruhového, nebo sloupcového grafu odpovídající rozložení výpadků. To znamená, že se zobrazí velikosti výpadků každé z elektráren, která je obsažena v aktuálním pracovním souboru. Podobně získáme grafická zobrazení pro jinou zvolenou položku.

Volba „doba mezi poruchami“ umožňuje zpracovávat informace týkající se pravděpodobnostního rozdělení délky časových intervalů mezi evidovanými poruchami. V tomto režimu jsou k dispozici základní statistické charakteristiky, které obsahují popisné statistiky jako v režimu „velikost výpadku“ a navíc jsou vyčísleny odhady koeficientů Weibullova rozdělení aktuálního pracovního souboru.

Volba „četnost poruch“ umožní pro zvolenou položku zobrazit v kruhovém, nebo sloupcovém grafu rozložení četnosti jednotlivých poruch. K dispozici je rovněž tabulka četností.

Kromě hlavních funkcí programu, které jsou uvedeny výše, má program i některé další. Umožňuje například přípravu textových souborů a jejich vytištění ve formě zprávy.

3. Vyhodnocování provozní spolehlivosti

Pro posuzování úrovně provozní spolehlivosti se pro jednotlivé výkonové řady parních turbín pravidelně vyhodnocují následující koeficienty:

Průměrný výpadek v % z možné výroby za sledované období:

$$\frac{\text{výpadek [MWh]}}{\text{časová kapacita [h] x počet strojů x výkon [MW]}}$$

Průměrný výpadek v provozních hodinách:

$$\frac{\text{výpadek [MWh]}}{\text{počet strojů x výkon [MW]}}$$

Koeficient pohotovosti:

$$\frac{\text{doba provozu}}{\text{doba provozu + doba oprav}}$$

Kromě toho lze podle potřeby z databáze získat podklady pro vyhodnocení dalších ukazatelů, například takových, které jsou požadovány v nabídkách nových projektů.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Ve většině nabídek je striktní požadavek na garantování ukazatelů spolehlivosti. Zde jsou dvě možnosti. Buď je volba garantovaného koeficientu spolehlivosti ponechána na nabízejícím, nebo je ve výpsání požadovaný vzorec uveden.

Pokud je forma ponechána na naší volbě používáme ukazatele vypočteného podle následujícího vztahu:

$$T_a = \frac{A + B}{A + B + C_1 + C_2} * 100 [\%]$$

kde:

A doba provozu (h)

B doba provozní pohotovosti (h)

C₁ doba plánovaných odsávek (h)

C₂ doba vynucených odstávek (h)

Možností výstupu z databáze bylo rovněž využito při výpočtu koeficientu, reprezentujícího velikost ztráty nedodanou energií způsobenou poruchami v jednotlivých letech, od uvedení turbosoustrojí do provozu. Vyhodnocovaný koeficient je dán vztahem:

$$K_v = \frac{T_v}{T_r}$$

kde:

T_v průměrná roční ztráta způsobená poruchami (h)

T_r celková roční kapacita (h)

Průběh koeficientu K_v má charakter vanové křivky se třemi charakteristickými etapami průběhu. První zlom je u turbín výkonu 110 MW i 200 MW přibližně kolem pátého roku provozu. Druhý zlom nastává u obou výkonových řad turbín přibližně po 19 letech provozu.

V praxi se vyskytl požadavek vyhodnotit pohotovost turbínového ostrova využitím metody stromu poruch. Vycházeli jsme z funkčního schématu, ze kterého jsou zřejmé vazby mezi jednotlivými komponentami, včetně způsobu zálohování. Strom poruch je uspořádaný systém logicky svázaných vstupních událostí, které vedou k nežádoucí události. Nežádoucí událostí byla v tomto případě porucha systému.

Číselné vyjádření koeficientu nepohotovosti systému modelovaného stromem poruch jsme získali po zadání vstupních dat do programu RISK SPECTRUM PSA. Vstupními údaji byly pro jednotlivé komponenty hodnoty následujících parametrů:

- MTBF (Mean Time Between Failures) - střední doba mezi poruchami
- MTTR (Mean Time To Repair) - střední doba oprav
- Pro zálohované komponenty se zadával také testovací interval a doba trvání testu.

Při výpočtu nepohotovosti turbínového ostrova byly pro vyčíslení parametrů MTBF a MTTR parní turbíny s výhodou použity výstupy z databáze poruch, která je popsána výše.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Z programu RISK SPECTRUM PSA jsou kromě nepohotovosti jednotlivých prvků a nepohotovosti modelovaného systému jako celku k dispozici také další doplňující informace. Nevýhodou je značná finanční náročnost realizace výpočtu, takže se tento postup používá zcela vyjímečně.

S ohledem na to, že většina hlavních komponent turbínového ostrova jsou seriově řazené prvky, některé z nich jsou zálohované (jedná se pouze o jednu úroveň zálohování), není problém stanovit nepohotovost tohoto systému bez použití speciálního programu.

4. Závěr

Praktické zkušenosti s používáním v příspěvku popsaném uživatelském programu ukázaly, že ukládání údajů o poruchách je časově náročnější ve srovnání s dříve používaným způsobem zpracování informací z poruchových hlášenek. Takto vynaložený čas se však mnohonásobně vrátí při využívání strukturovaných výstupů z databáze, které lze kromě vyhodnocování ukazatelů spolehlivosti použít rovněž pro různě orientované informace odborným útvarům jako jsou projekty, konstrukce, výroba, montáž a nebo servis.

Kvalita získaných výstupních informací je samozřejmě závislá na kvalitě zdroje informací o poruchách, t.j. především na způsobu zpracování poruchové hlášenky u provozovatele. Jde o to, aby byly podchyceny všechny poruchy (úplné i částečné) a rovněž po obsahové stránce, aby byla hlášenka vyplněna kompletně a přesně. To je důležité k tomu, aby systém deskriptorů, používaný při ukládání do databáze, mohl být optimálně využit. Tento vliv lidského faktoru se snažíme korigovat používáním informací také z jiných zdrojů, např. od našich specialistů, kteří se účastnili jednání o poruše.

V současné době je téměř pro každou nabídku turbosoustruží požadováno garantování ukazatele pohotovosti. Případné nedodržení jeho hodnoty vede k finančním sankcím. Z toho pro nás vyplývá nejen nutnost kontinuálního sledování spolehlivosti parních turbín, ale, jako dodavatelé vyšších celků, požadujeme informace o spolehlivostních ukazatelích také od našich subdodavatelů. V mnoha případech se setkáváme s tím, že někteří výrobci nemají zpětné informace o chování jejich zařízení v provozu. Nemají proto k dispozici potřebné podklady pro výpočet požadovaných ukazatelů spolehlivosti. Tato skutečnost není pro pozici na trhu výhodou.

Z definice spolehlivosti je patrná vazba na údržbu, se kterou souvisí problematika životnosti. Dalším souvisejícím oborem je technická diagnostika. Diagnostický systém včasným zachycením změny sledovaných parametrů upozorní na možný vznik poruchy a rovněž poskytne podklady pro rozhodnutí, zda je nutné zařízení odstavit neprodleně, nebo za jakých podmínek je možný provoz do nejbližší plánované odstávky. Současně dává informace pro údržbu, kterou je možno za použití výstupu z diagnostiky orientovat podle skutečného stavu zařízení, dobře ji připravit a tím zkrátit čas potřebný na opravu. Závěry ze spolehlivostních analýz je možné využít pro nasměrování případného vývoje nových diagnostických metod.

Literatura:

Vlčková B.: Spolehlivost a technická diagnostika parních turbín. Disertační práce.

Vlčková B.: Analýza provozní spolehlivosti parních turbín výkonu 110 MW, 200 MW a 500 MW. Pravidelné roční zprávy.

ČEZ, SEP: Pravidla pro elektrizační soustavu č.3 - „Sledování spolehlivosti parních energetických výroben“, r. 1986

Dohnal G.: Manuál k databázové aplikaci.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOST VOJENSKÉ TECHNIKY A MATERIÁLU PODLE STANDARDŮ NATO

Doc. Ing. Zdeněk VINTR, CSc.

Vojenská akademie v Brně

1. Úvod

Zkušeností z posledních válečných konfliktů ve světě ukazují, že rozhodujícího úspěchu lze v boji dosáhnout pouze s vojenskou technikou, která je schopná plnit všechny požadované funkce vysoce efektivně a při minimálních požadavcích na logistickou podporu. O úspěchu v boji tedy rozhoduje nejen vysoká technická úroveň použité techniky, ale také její schopnost plnit požadované funkce bez poruch a při minimálních požadavcích na údržbu [2].

Z těchto důvodů je při vyzbrojování armád vyspělých zemí věnována značná pozornost otázkám zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky a požadavky na úroveň spolehlivosti u nově zaváděné techniky jsou nebývale přísné. Například při vývoji nových prostředků pozemního vojska a modernizaci stávající vojenské techniky v podmínkách Ozbrojených sil USA se běžně můžeme setkat s požadavkem několikanásobného zlepšení (často 4 až 5 ×) jednotlivých ukazatelů bezporuchovosti a udržitelnosti proti stávající úrovni [1].

Praktická realizace takových náročných požadavků potom není možná bez systematické a cílevědomé činnosti ve všech etapách života zbraňového systému. To si plně uvědomují i jednotlivé členské země NATO a proto společně vypracovaly, zavedly a realizují systém zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky a materiálu, který standardizuje činnosti související se zabezpečováním spolehlivosti a který vytváří předpoklady k tomu, aby armády členských zemí aliance byly vyzbrojeny dostatečně spolehlivou technikou schopnou úspěšně realizovat společné vojenské akce.

2. Standardizace v NATO

Standardizace v NATO je důležitý prostředek členských států k rozvoji společných ozbrojených sil a k jejich případnému efektivnímu použití. Cílem standardizace v NATO je zvýšení operační výkonnosti a zlepšení efektivnosti při využívání disponibilních zdrojů.

V procesu standardizace je zde věnována pozornost především těm oblastem, které nejsou v civilních standardech rozpracovány, nebo jsou rozpracovány nedostatečně s ohledem na potřeby ozbrojených sil. Jedná se zejména o problematiku společných operačních postupů, kooperace při výzkumu a vývoji, nákupu vojenské techniky a jejího zabezpečení v provozu apod.

Standardizační dokumenty NATO jsou vydávány ve dvojí formě, buď jako Standardizační dohody (Standardization Agreement), nebo jako Spojenecké publikace (Allied publications).

Standardizační dohody jsou definovány jako záznam dohody mezi několika, nebo všemi členskými zeměmi o zavedení stejné vojenské techniky, munice a jiného materiálu, operačních, logistických a administrativních postupů. Členské země, které k jednotlivým

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

standardizačním dohodám přistoupily, je zpravidla zapracovávají do národní standardizační dokumentace. Standardizační dohody jsou označovány zkratkou STANAG a čtyřmístným číselným kódem. V současné době je platných zhruba 1300 těchto standardů.

Spojenecké publikace jsou oficiální standardizační dokumenty NATO, jejichž používání schválí některé nebo všechny členské země NATO. Zpravidla mají charakter prakticky použitelných pomůcek a návodů a jsou distribuovány až na uživatelskou úroveň. Spojenecké publikace jsou označovány podle příslušné oblasti, kterou upravují a pořadovým číslem. Například publikace z oblasti administrativy jsou označovány AAP (Allied Administrative Publication). V současné době je platných asi 450 takovýchto publikací.

Sady spojeneckých publikací v každé oblasti obvykle bývají doplňovány společnou Standardizační dohodou, která upravuje podmínky jejich použití v mezinárodních vztazích a vymezuje jejich závaznost.

Standardizace v NATO je dobrovolnou činností a členské státy nejsou žádným způsobem nuceny se podílet na rozvoji standardizačních dohod, ani k tomu, aby je ratifikovaly a zaváděly. Vychází se zde z principu národní odpovědnosti - státy ratifikují a vykonávají standardizační dohody na základě vlastního rozhodnutí. Ratifikací (přistoupením k dohodě) státy potvrzují vůli příslušný standard implementovat. Přičemž implementaci se zde rozumí zajištění účinnosti příslušné standardizační dohody v dané zemi. To se zpravidla realizuje zavedením standardizační smlouvy do systému národních vojenských norem.

K přípravě standardizačních dohod a spojeneckých publikací se v rámci NATO přistupuje pouze tehdy, nejsou-li určité konkrétní požadavky zajištěny uznávanými civilními nebo již existujícími vojenskými normami. V maximální míře jsou zde tedy respektovány a využívány zejména platné mezinárodní normy.

3. Základní principy zabezpečování spolehlivosti v NATO

Obecná koncepce zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky a materiálu v NATO se řídí doporučeními mezinárodních norem pro spolehlivost IEC a respektuje důsledně systémový přístup k zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky zformulovaný ve dvou základních principech [7]:

První princip:

Spočívá v tom, že z logiky procesu vzniku, provozu a zániku vojenské techniky je její celkový životní cyklus možné rozdělit do šesti relativně samostatných etap:

- Etapy volby koncepce a stanovení požadavků;
- Etapy návrhu a vývoje;
- Etapy výroby;
- Etapy instalace;
- Etapy provozu a údržby;
- Etapy vypořádání.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Druhý princip:

Spočívá v tom, že veškeré činnosti při zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky v jednotlivých etapách musí být přiměřeně organizované a systémově řízené a je vhodné je uspořádat do tak zvaného programu spolehlivosti.

V souladu s těmito principy je koncepce zabezpečování spolehlivosti v NATO založena na vypracování a důsledné realizaci programu spolehlivosti ve všech etapách života vojenské techniky. To předpokládá velice úzkou spolupráci dvou základních subjektů vstupujících do tohoto procesu tj. výrobce (dodavatele) techniky, který je v dokumentech označován jako „smluvní dodavatel“ a uživatele techniky – armády, která je označována jako „odběratel“. Odpovědnost za úroveň spolehlivosti vojenské techniky tedy není možné přidělovat výhradně na některý z těchto subjektů, ale dosažení požadované úrovně bezporuchovosti a udržovatelnosti je společným zájmem obou zainteresovaných stran. Nicméně rozhodující úlohu zde však stále sehrává dodavatel, který při návrhu, vývoji a výrobě výrobku formuje jeho budoucí bezporuchovost a udržovatelnost.

Základní povinnosti smluvního dodavatele a odběratele při zabezpečování spolehlivosti lze vymezit následujícím způsobem:

- Odběratel má za povinnost zformulovat základní požadavky na bezporuchovost a udržovatelnost a připravit takové smlouvy, které jasně smluvnímu dodavateli vymezí cílovou úroveň bezporuchovosti a udržovatelnosti vojenské techniky. Odběratel také musí zajišťovat přejímku techniky a předávat dodavateli nezbytné informace o spolehlivosti techniky v provozu.
- Smluvní dodavatel je povinen vyvinout a vyrobit techniku, která splňuje požadavky smlouvy. Dodavatel také musí odběrateli prokázat, že byla provedena všechna nezbytná opatření k dosažení požadované úrovně spolehlivosti techniky. Jinými slovy musí poskytnout důkazy o zavedení a realizaci programu spolehlivosti.

Základním problémem zde je fakt, že v rámci přejímacích zkoušek je zpravidla obtížné dostatečně přesně určit dosaženou úroveň bezporuchovosti a udržovatelnosti techniky a skutečně věrohodné vyhodnocení lze provést až na základě sběru dat z provozu, kdy realizace účinných opatření k nápravě případných nedostatků již nemusí být vždy možná. Z tohoto pohledu je patrné, že sestavení kvalitního programu spolehlivosti a jeho důsledná realizace u dodavatele, stejně jako důsledná kontrola plnění tohoto programu ze strany odběratele má pro zajištění bezporuchovosti a udržovatelnosti vojenské techniky mimořádný význam.

Požadavky NATO na obsah a rozsah programu spolehlivosti jsou specifikovány v příslušných spojeneckých publikacích (viz dále). Tyto publikace uvádí výčet všech opatření, která by měla být v jednotlivých etapách života vojenské techniky realizována a vymezuje i přijatelné způsoby jejich provádění. Je zde také stanoven postup hodnocení toho, jak smluvní dodavatel plní požadované úkoly programu spolehlivosti.

Základní pravidla pro vztahy mezi odběratelem a dodavatelem se stanovují příslušnou smlouvou, která musí být vypracována tak, aby jednoznačně stanovovala cíle i způsoby jejich dosažení. Základním cílem strategie odběratele při uzavírání smluv je takové ovlivnění procesu návrhu, vývoje a výroby, které zajistí splnění předepsaných požadavků na spolehlivost. Důležité také je, aby smlouva dostatečně motivovala dodavatele ke splnění těchto cílů. Proto financování a platby po ukončení jednotlivých etap musí vycházet z prokázaného a ověřeného splnění požadavků na spolehlivost. Ve smlouvě proto musí být jednotlivé etapy jasně vymezeny stejně tak jako mezní hodnoty, které mají být splněny.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Dodavatel vždy musí být odpovědný za nesplnění požadavků na bezporuchovost a udržovatelnost.

3. Normy NATO pro jakost a spolehlivost

Stranou pozornosti členských zemí NATO v rámci procesu standardizace nezůstaly ani otázky zabezpečování jakosti vojenské techniky a materiálu. Základním východiskem v této oblasti jsou mezinárodní normy řady ISO 9000, které však nepokrývají všechny specifické aspekty vývoje, výzkumu, výroby a užití vojenské techniky a materiálu.

Proto byl v rámci NATO připraven soubor spojeneckých publikací pro jakost – AQAP (Allied Quality Assurance Publication), které jsou v podstatě aliančním ekvivalentem norem ISO 9000 [5]. Publikace AQAP z těchto norem vychází, navazují na ně a upřesňují je pro specifické podmínky aliance. Mimo jiné tyto publikace zavádí některé nové prvky systému zabezpečování jakosti jako jsou management konfigurace, či státní ověřování jakosti. Soubor těchto publikací je zastřešen standardizační dohodou STANAG - 4107 - Mutual acceptance of government quality assurance and usage of the allied quality assurance publications (Vzájemné uznávání státního ověřování jakosti a používání spojeneckých publikací k ověřování jakosti). Přehled platných publikací AQAP je uveden v Tab. 1.

Tabulka 1: Přehled spojeneckých publikací pro jakost.

Označení	Název	Překlad názvu
AQAP-100	General guidance on NATO quality assurance	Všeobecná směrnice NATO pro ověřování jakosti
AQAP-110	NATO quality assurance requirements for design development and production	Požadavky NATO na ověřování jakosti při návrhu, vývoji a výrobě
AQAP-119	NATO guide to AQAPs -110, -120, -130	Směrnice NATO k AQAP-110, -120, -130
AQAP-120	NATO quality assurance requirements for production	Požadavky NATO na ověřování jakosti při výrobě
AQAP-130	NATO quality assurance requirements for inspection and test	Požadavky NATO na ověřování jakosti při kontrole a zkouškách
AQAP-131	NATO quality assurance requirements for final inspection	Požadavky NATO na ověřování jakosti při konečné kontrole
AQAP-150	NATO quality assurance requirements for software development	Požadavky NATO na ověřování jakosti při vývoji software
AQAP-159	Guidance for the use of AQAP 150	Směrnice pro použití AQAP 150
AQAP-170	NATO guide for a government quality assurance programme	Směrnice NATO pro vládní program ověřování jakosti

Podobně jako na systém norem ISO 9000 navazuje systém norem pro spolehlivost IEC i k sadě publikací AQAP byl připraven soubor publikací, zabývajících se bezporuchovostí a udržovatelností vojenské techniky a materiálu ARMP (Allied Reliability and Maintainability

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Publications) [3], [5]. Tento soubor vychází z mezinárodních norem pro spolehlivost, navazuje na ně a upřesňuje požadavky na řízení spolehlivosti ve specifických podmínkách aliance. Soubor těchto publikací je zastřešen standardizační dohodou STANAG - 4174 Allied Reliability and Maintainability Publications (Spojenecké publikace pro bezporuchovost a udržitelnost). Dále je uveden přehled platných publikací ARMP se stručnou charakteristikou.

ARMP-1 NATO requirements for reliability and maintainability (Požadavky NATO na bezporuchovost a udržitelnost)

Tento dokument vymezuje úkoly, které musí smluvní dodavatel realizovat, aby bylo dosaženo požadované úrovně bezporuchovosti a udržitelnosti systémů a zařízení dodávaných pro potřeby armády. Dokument ukládá smluvnímu dodavateli povinnost vypracovat na základě analýzy požadavků vyplývajících ze smlouvy či objednávky armády program spolehlivosti, jehož realizace zajistí dosažení požadované úrovně bezporuchovosti a udržitelnosti.

K tomu publikace uvádí výčet všech opatření, které by měly být v jednotlivých etapách života systémů a zařízení realizovány a vymezuje i přijatelné způsoby jejich provádění.

Tato publikace je stěžejní dokument od kterého se odvíjí celý systém zabezpečování bezporuchovosti a udržitelnosti vojenského techniky a materiálu v NATO.

ARMP-2 General application guidance on the use of ARMP 1 (Všeobecná směrnice pro použití ARMP-1)

Tento dokument poskytuje smluvním dodavatelům a subdodavatelům informace, vysvětlení a pokyny k tomu, jak přizpůsobit požadavky programu spolehlivosti konkrétnímu výrobku a také obsahuje směrnici, která naznačuje jak je třeba postupovat při hodnocení toho, jak smluvní dodavatel plní požadované úkoly tohoto programu.

Z formálního hlediska má publikace stejné členění jako ARMP-1. Každé ustanovení této publikace je zde doslovně zopakováno a doplněno příslušnými podrobnými pokyny pro praktickou realizaci.

Součástí této publikace je také příloha, která formuluje požadavky na strategii odběratele při uzavírání příslušných smluv o spolehlivosti.

ARMP-3 List and source of national and international R & M documents (Seznam a zdroj národních a mezinárodních dokumentů k R & M)

V podstatě každá členská země aliance si nezávisle vytváří a udržuje systém národních norem pro oblast spolehlivosti v technice a často tyto normy také používá jak při realizaci samostatných, tak i společných projektů. Vzhledem k tomu, že není možné zkompileovat všechny tyto dokumenty do společné publikace NATO, bylo rozhodnuto pouze vydat souhrnný katalog, který bude uvádět výčet těchto dokumentů, které jsou jednotlivými státy v této oblasti využívány.

ARMP-3 uvádí soupis všech norem a ostatních dokumentů týkajících se spolehlivosti a to jak vojenských tak i civilních, které vypracovaly jednotlivé členské země. Dokument slouží jako vodítko a základní informace při realizaci společných projektů.

ARMP-4 Guidance for writing NATO reliability and maintainability requirements documents (Směrnice pro tvorbu dokumentů NATO s požadavky na bezporuchovost a udržovatelnost)

K tomu aby byly vytvořeny předpoklady pro splnění všech úkolů programu spolehlivosti musí být stanovené požadavky na bezporuchovost a udržovatelnost a zabezpečení údržby realistické, jednoznačné, posuzovatelné a nerozporné. Publikace ARMP-4 poskytuje návod k tomu, jak tyto požadavky zformulovat a to pro všechny etapy života výrobku. Je zde také uvedena doporučená nomenklatura příslušných ukazatelů i způsoby jejich předepisování.

ARMP-5 Guidance on reliability and maintainability training (Směrnice pro školení k bezporuchovosti a udržovatelnosti)

K tomu aby v rámci NATO byla zabezpečena vysoká úroveň bezporuchovosti a udržovatelnosti vojenské techniky je nutné, aby všichni ti co jsou zodpovědní za realizaci opatření v této oblasti i všichni ti co se nějakým způsobem podílí na realizaci těchto opatření, této problematice dobře rozuměli a byli schopni všechny úkoly vymezené publikací ARMP-1 a 2 důsledně realizovali.

K zajištění tohoto požadavku byl vypracován systém školení, které má příslušným pracovníkům poskytnout požadované znalosti a informace. Publikace ARMP-5 vymezuje okruh osob kterých se požadavek na proškolení týká a uvádí i doporučenou časovou strukturu i obsahovou náplň školení k bezporuchovosti a udržovatelnosti.

ARMP-6 In service reliability and maintainability (Bezporuchovost a udržovatelnost v provozu)

Pokud je u nějakého vojenského materiálu požadováno ověření úrovně bezporuchovosti a udržovatelnosti v provozu, je nutno příslušný program spolehlivosti doplnit o plán hodnocení bezporuchovosti a udržovatelnosti v provozu. V takovém případě se publikace ARMP-6 považuje za rozšíření publikací ARMP-1 a 2.

Publikace vymezuje cíl hodnocení bezporuchovosti a udržovatelnosti a formuluje požadavky na organizaci a provádění sběru dat a jejich analýzy.

ARMP-7 NATO R & M terminology Applicable to ARMPs (Terminologie NATO používaná v publikacích ARMP)

Tato publikace má charakter terminologického slovníku, který vymezuje a vysvětluje odborné termíny používané v publikacích k bezporuchovosti a udržovatelnosti. Cílem publikace není nahrazení jiných terminologických slovníků, obsahujících termíny z oblasti spolehlivosti, ale vztahuje se především ke specifickým termínům jež jsou ve spojeneckých publikacích používány a nejsou zde explicitně vysvětleny.

ARMP-8 Reliability and maintainability in procurement of off-the-shelf (OTS) equipment (Bezporuchovost a udržitelnost při obstarávání komerčního materiálu)

Tato publikace řeší problematiku zabezpečování bezporuchovosti a udržitelnosti při nákupu standardního komerčního materiálu (např. dílů, součástek, skupin, náradí, zařízení atd.), který nebyl speciálně navržen a vyroben pro potřeby armády a u kterého armáda neměla možnost ovlivňovat bezporuchovost a udržitelnost výrobku v předvýrobních a výrobních etapách. Publikace vymezuje hlavní úkoly, které je třeba při nákupu takového materiálu realizovat z hlediska zajištění jeho spolehlivosti.

4. Situace v Armádě České republiky

Díličí práce na zavedení popisované koncepce zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky v podmínkách AČR byly zahájeny v r. 1994, kdy naše země přistoupila k programu NATO „Partnerství pro mír“. Pro naši potřebu v té době bylo uvolněno velké množství standardů NATO s doporučením, abychom se začali připravovat na jejich ratifikaci a zavedení. Mezi těmito dokumenty, mimo jiné, byly i publikace AQAP a ARMP.

V následujících letech se s těmito normami seznamovali jak příslušní představitelé armády tak i zástupci podniků se speciálními programy a vznikl první ne příliš vydařený překlad části publikací. Celkově je však třeba říci, že problematice nebyla věnována příliš velká pozornost.

K zásadnímu zvratu dochází až po našem vstupu do NATO v roce 1999. Při Ministerstvu obrany (MO) byl vytvořen Národní úřad pro vyzbrojování, do jehož působnosti patří jak problematika obranné standardizace tak i státního ověřování jakosti. Jedním z hlavních úkolů, který tento úřad po svém vzniku začal realizovat, byla příprava legislativy umožňující implementaci standardizačních dohod NATO v podmínkách ČR. Z tohoto hlediska mají značný význam především dvě následující události:

- Dne 6. října 1999 přijala vláda ČR usnesení č. 1046 k zabezpečení úkolů, které souvisejí s přistoupením České republiky ke standardizačním dohodám NATO. Na základě tohoto usnesení vlády Ředitel Národního úřadu pro vyzbrojování ve Věstníku Ministerstva obrany oznamuje přistoupení ČR k prvním 34 standardizačním dohodám STANAG (nechybí zde ani výše uvedené dohody STANAG 4107 a STANAG 4174 a jako termín implementace je u nich uveden rok 2002).
- Dne 9. srpna 2000 Poslanecká sněmovna Parlamentu ČR schválila „Zákon o obranné standardizaci, katalogizaci a státním ověřování jakosti výrobků a služeb určených k zajištění obrany státu a o změně živnostenského zákona“ (dále jen Zákon), který vstoupí v platnost 1. dubna roku 2001.

Zákon zřizuje Úřad pro obrannou standardizaci, katalogizaci a státní ověřování jakosti, který je, mimo jiné, pověřen vydáváním Českých obranných standardů (ČOS), které umožňují zákonnou implementaci standardizačních dohod NATO. Prakticky se implementace příslušné standardizační dohody provede tak, že požadavky smlouvy budou vydány jako ČOS.

Podle dikce zákona ČOS stanovují požadavky na výrobky a služby nebo na postupy při činnostech v oblasti operační, logistické a administrativní, které slouží k zajištění obrany státu. Ustanovení ČOS jsou tedy ve věcech týkajících se zajišťování obrany závazné a všichni dodavatele armády budou nuceni se těmito standardy řídit.

ZABEZPEČOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI

Praha, 13. prosince 2000

Na základě výše uvedeného je možné předpokládat že nejpozději do konce roku 2002 bude standardizační dohoda STANAG 4174, týkající se zajišťování spolehlivosti vojenské techniky a materiálu, vydána jako ČOS a spojenecké publikace ARMP se tak v ČR stanou závaznými dokumenty.

5. Závěr

Z výše uvedeného je patrné, že se v NATO zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky řídí přísnými pravidly a že Česká republika je pevně odhodlána tyto pravidla při vyzbrojování armády realizovat. To bude nutit všechny potenciální dodavatele armády, aby této, doposud poněkud opomíjené, oblasti věnovali systematickou pozornost. Pro výrobce to nebude úkol jednoduchý, ale jeho realizace může významně zvýšit konkurenceschopnost jejich výrobků a otevřít jim cestu na vyspělé trhy.

Použitá literatura

- [1] BRYANT, J. J.: M1 Tank Upgrades. In: *Proceedings 1999 Combat Vehicles Conference*. Fort Knox, Kentucky: NDIA 1999.
- [2] COBURN, J.G.: Technology and Material for the Army After Next. In: *Proceedings 1999 Combat Vehicles Conference*. Fort Knox, Kentucky: NDIA 1999.
- [3] VINTR, Z.: Současný přístup k zabezpečování spolehlivosti výrobků. In: *Sborník příspěvků semináře: Spolehlivost a diagnostika v dopravní technice 98*. Pardubice: Universita Pardubice 1998, s. 29 – 30. ISBN 80-7194163-8.
- [4] VINTR, Z.: Zabezpečování spolehlivosti vojenské techniky podle standardů NATO. In: *Sborník z konference: Smery vývoja techniky pozemného vojska*. Bratislava: MO SR 1999, s. 23 – 29. ISBN 80-8040-116-0.
- [5] Zákon č. 309/2000 o obranné standardizaci, katalogizaci a státním ověřování jakosti výrobků a služeb určených k zajištění obrany státu a o změně živnostenského zákona
- [6] STANAG - 4107 Mutual acceptance of government quality assurance and usage of the allied quality assurance publications. Brussels: NATO – Military Agency for Standardisation 1998.
- [7] STANAG - 4174 Allied Reliability and Maintainability Publications. Brussels: NATO – Military Agency for Standardisation 1992.
- [8] The NATO Handbook. Brussels: NATO – Office of Information and Press 1998. ISBN 92-845-0104-0