ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

BEZ SPOLEHLIVOSTI NENÍ JAKOSTI

Materiály z 33. setkání
odborné skupiny pro spolehlivost

Praha, listopad 2008

OBSAH:

SPOLEHLIVOST A JAKOST 5
Ing. Libor Obruča

PŘEHLED TECHNICKÝCH NOREM Z OBLASTI SPOLEHLIVOSTI 12
RNDr. Jaroslav Matějček, CSc

METODIKA ZJEDNODUŠENÉHO INTERVALOVÉHO ODHADU PARAMETRU MTBF - UKAZATELE BEZPORUCHOVOSTI 29
Ing. Libor Obruča

Spolehlivost a jakost

Ing. Libor Obruča

1. Úvod

Touto přednáškou bych vám chtěl sdělit, že vyslovovaná nebo mlčky předpokládaná tvrzení některých pracovníků, zabývajících se problematikou zajišťování jakosti/kvality vyráběných, vytvářených nebo prodávaných produktů [1], že **kvalitní produkt je současně také spolehlivým produktem,...**", jsou jen částečně pravdivá. Proč tato tvrzení (mohli bychom je označit za mýty) vznikla?

Jsou do značné míry výsledkem skutečností, že tito pracovníci jsou ovlivněni normami vycházejícími z generických norem řady ČSN EN ISO 9000:2001, resp. konkrétně především požadavků QMS (Quality Managment System) - tj. Systému Managementu Kvality (resp. Jakosti), určovaných normou ČSN EN ISO 9001:2001.

Já k takovým pracovníkům také patřím s tím rozdílem, že o naznačenému mýtu jsem měl jasné představy, které vycházely z reality mých praktických zkušeností, které jsem postupně nabyl v mých dřívějších profesích. Ty se týkaly teorií a aplikací spolehlivosti a obnovy v souvislosti s návrhem a vývojem elektronických systému (převážně počítačů a jejich komponent) se zadanými parametry spolehlivosti. Později jsem poznal problematiku managementu kvality, jako auditor těchto systémů.

Citované normy ISO, přesněji „Guruové" norem ISO, zřejmě při specifikování vlastností kvalitních produktů vůbec nepovažovali vlastnosti nazývané jejich spolehlivostí za podstatné.[2] Zdánlivě logické tvrzení, že kvalitní produkty vznikající, např. v podmínkách respektujících zásady stanovené systémem managementu kvality QMS (Systému Managementu Kvality), by měly být automaticky také spolehlivými produkty, bohužel ne vždy při jejich používání platí.

Protože tato přednáška není kurzem spolehlivosti prosím, abyste řadu výrazů a pojmů, které budou použity, brali pouze na vědomí, že existují.

2. Co se rozumí pojmem „spolehlivý produkt"

Nejprve si naznačíme co se pod pojmem spolehlivost produktu skrývá. Zákazník bude s tzv. kvalitním produktem spokojený tehdy, když zakoupený produkt bude splňovat jím požadované funkční vlastnosti, stanovené v technických specifikacích takového produktu. Nicméně také očekává, že tyto vlastnosti, které produkt vykazoval při jeho zakoupení (kvalita, kterou nakoupil, např. za nemalou částku za produkt značkové kvality), zůstane zachovaná i při jeho používání. Ne vždy tomu tak bývá. Někdy brzy zjistí, že sice má určité legislativní záruky (stanovené např. Obchodním zákoníkem), že má právo vadný produkt reklamovat, vyměnit nebo vrátit a že má po určitou dobu možnost si nechat vadný produkt opravit v tzv. záručním období). Místo používání takového produktu navíc často nastupuje anabáze dožadování se tohoto práva.

Mohli bychom tedy stručně definovat spolehlivost produktu, jako jeho kvalitu zachovanou v časovém období jeho používání, resp. obnovovanou v případě poruchy používání tohoto produktu.

Dále je dobré si zapamatovat, že

„...kvalita (jakost) produktu bez definovaných vlastností, kterým se říká spolehlivost je JEN PODMÍNKOU NUTNOU, ALE NE DOSTAČUJÍCÍ. Proč tomu tak je? Tvrdit, že je produkt současně spolehlivým produktem není podloženo prokazatelným důkazem. **Jestliže v technických specifikacích produktu nejsou stanoveny odpovídající ukazatele spolehlivosti**, stejně tak, jako jsou v nich uvedeny ukazatele a charakteristiky, kterými lze prokazatelně dokazovat, že daný produkt má odpovídající třídu kvality (jakosti), nelze přece tvrdit, že je současně také spolehlivým produktem. To je přímo proti zásadním pravidlům QMS. Proto také platí, že **BEZ SPOLEHLIVOSTI NENÍ JAKOSTI...".**

---

[1] ***Produkt*** *– je výsledkem činností v procesu a zahrnuje výrobky (hardware), služby (obchodní činnosti, kooperace,. doklady související s logistikou,výrobou, montáží, zkušebnictvím, s kontrolními činnostmi, reklamačními procesy, nápravnými opatřeními, opravárenstvím, servisní údržbou, náhradními díly s dopravou atp.), software (počítačový software-programové vybavení, dokumentace výkresové a popisné, návodky, návody pro použití, pokyny pro údržbu apod.), zpracované materiály (suroviny apod). Speciálním produktem procesu je projekt, který je označován jako jedinečný proces sestávající z řady koordinovaných a řízených činností, zahrnujících obvykle více či méně dříve uvedené produkty a činnosti.*

[2] *Pokud je produkt navržen a/ nebo vyroben podle požadavků QMS [Quality Management System] vycházejících z normy ČSN EN ISO 9001:2001 a navazujících, pak pojmy „porucha", „spolehlivost", „ " apod nejsou v těchto normách používány. Doménou norem ISO (v systému CEN) je mj. jakost, zatímco spolehlivostí se zabývají normy IEC (v systému CENELEC) nebo několik .tzv joint ISO/IEC normy).*

Zmíněnou dostačující podmínkou jsou, mj. dvě následující skutečnosti.

a) Vědět jak je spolehlivost produktu oficiálně definovaná normou, abychom mohli prohlašovat, že je nějaký produkt spolehlivým nebo nespolehlivým, abychom věděli co můžeme očekávat. Abychom věděli, jaké jsou ony dílčí vlastnosti, které spolehlivost (dependability) produktu určují?
b) Jak bylo již zdůrazněno, v technických specifikacích které definují kvalitní produkt obvykle nemáme stanoveny odpovídající specifikace spolehlivosti.

Požadavky na uspokojující spolehlivost produktu mohou být buď
A) stanoveny (požadovány) zákazníkem v zadání nebo
B) určovány tržními souvislostmi kdy zákazník pasivně očekává, že produkt bude přiměřeně bezporuchový, tzn. přesněji, že k poruše funkce produktu sice může dojít, ale že pravděpodobnost že se to nestane hned, resp, brzy po začátku jeho používání je dostatečně vysoká. Navíc, dojde-li přece jen k jeho poruše, že bude včas zajištěna náprava aniž bychom museli nefunkčnost takového produktu složitě reklamovat a domáhat se nápravy. Je samozřejmě důležité, že se nějaká porucha znovu, a zejména ne často, bude opakovat.

Mnoho uživatelů, ale často i manažerů, rozumí pod pojmem spolehlivost produktu, především jen jeho bezporuchovost (resp. poruchovost), případně jeho životnost. To je jen částečně správné tvrzení. Do značné míry to např. platí pro tzv. neopravované produkty. Žárovky, drobné součástky a jednoduché komponenty systému apod. I v těchto případech existuje zmíněná doplňková vlastnost a tou je životnost (technická doba života nebo použití).

Obecně bývá nutné do pojmu „spolehlivý produkt" zahrnout i další dílčí vlastnosti definující spolehlivost produktu.

Jaké jsou tyto dílčí vlastnosti definující spolehlivost produktu:

2.1 SPOLEHLIVOST (DEPENDABILITY) je souhrnnou vlastností produktu tvořená jeho dílčími *spolehlivostními vlastnostmi*, jakými jsou
2.1.1 bezporuchovost (**reliability**),
2.1.2 udržovatelnost (maintainability),
2.1.3 pohotovost (availability),
2.1.4 životnost, resp. užitný život (durability, useful lifetime),
2.1.5 zajištěnost údržby (maintenance support performance),
2.1.6 bezpečnostní rizika (safety risks)
apod. podle druhu a použití daného produktu.

Je nutné zdůraznit, že zdaleka ne vždy je ve specifikacích produktu nutné deklarovat všechny výše uvedené vlastnosti. Záleží především na tom k jakému účelu a použití je takový produkt určen a zda jde o produkt typu součástky (jednoduché služby, jednoduchého softwaru apod.) nebo složitý systém skládající se z více podsystémů a součástek, jestliže zmíním pouze krajní extrémy jeho složitosti.

Velmi často stačí opravdu jen ony představy, že spolehlivosti produktu, tj. jeho bezporuchovost, životnost a navíc např. udržovatelnost apod. určují ony zmíněné vlastnosti.

Jednotlivé dílčí vlastnosti spolehlivosti jsou kvantifikovány (vyčíslovány) již zmíněnými **ukazateli spolehlivosti.** Ty je možné **ověřovat** (**verifikovat**), tj. posuzovat, zda je produkt shodný, se zadáním a zejména **validovat** (potvrdit platnost), tj. že produkt, který ač odpovídá zadání je především vhodný pro zamýšlené použití uživatelem. Validace je proces, který výraznou měrou přispívá ke zvyšování spolehlivosti daného produktu. Ověřování spolehlivostních ukazatelů je jen složitější a obvykle trvají delší dobu, než ověřování ukazatelů kvality. Nejen z toho důvodu je součástí tzv. „péče" o spolehlivost, tj. managementu spolehlivosti i nutnost zavedení tzv. zvláštních procesů (o nichž se zmiňuji později).

Základním požadavkem pro dosažení potřebné kvality produktu včetně jeho spolehlivosti vychází z předpokladu nekompromisního dodržení požadavků systému managementu kvality (QMS), která je podmínkou nutnou pro to, aby systém managementu spolehlivosti [3] (DMS – Dependability Management System), mohl být úspěšně realizován, aby produkt byl skutečně kvalitní.

---

[3] *viz soubor norem ČSN **IEC** 60300 a ČSN **EN** 60300 a dalších uvedených v oddílu NORMY PRO MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI v aktualizovaném PŘEHLEDU TECHNICKÝCH NOREM Z OBLASTI SPOLEHLIVOSTI v sylabu pro druhou přednášku tohoto semináře, který vypracoval RNDr.Jaroslav Matějček, CSc.*

2.2 Zvýšené nároky na návrh a realizaci kvalitního a spolehlivého produktu

Nároky na návrh produktů z hlediska jejich spolehlivostních vlastností se mohou velmi lišit jedná-li se o návrh systémů ve srovnání s návrhem podsystémů nebo komponent takového systému.

Dosažení požadované nebo přiměřené spolehlivosti produktu je vždy ekonomicky nákladnější než náklady na vytvoření „jen" kvalitního produktu. Tato skutečnost producenty musí zajímat. Musí se snažit najít optimum, např. mezi náklady na návrh, vývoj a výrobu a mezi náklady na provoz produktu v závislosti na celkových nákladech a dosažitelné bezporuchovosti. Tato zjištění zahrnují období tzv. životního cyklu produktu. (viz dále odstavec 4.2.) Požadavky na dosažení určitých spolehlivostních vlastností produktu jsou nejčastěji určovány požadovanou mírou bezpečnostních rizik při používání takových produktů.

Zajištění Systému Managementu Spolehlivosti je zásadně závislé na **informacích. Informacích vyplývajících ze systému záznamů o průbězích procesů a zejména záznamů o spolehlivosti provozu, zkoušek apod. a následném vyhodnocování těchto záznamů.** Bez následných analýz příčin a náprav zjišťovaných neshod a nedostatků jsou záznamy a náklady na ně vynaložené ztracenou investicí.

Tyto záznamy, mj. jiné slouží také pro již zmíněné validace [4], nejen při vlastním návrhu, ze zkoušek spolehlivosti a zejména z následných provozů produktů u uživatelů. Jak bylo dříve konstatováno. proces validace je jedna z nejúčinnějších metod umožňujících postupné zvyšování spolehlivosti daných produktů.

V návrhu produktu musí být specifikovány a vyžadovány po dodavatelích požadavky na kvalitu a případně i spolehlivost nakupovaných komponent. Požadavky na kvalitu kooperací, požadavky na kontroly a zkoušení v průběhu výroby nebo projektování služeb a dalších služeb souvisejících s technickou údržbou (servisem). Je nutné obnovit důsledně zavedení tzv. „zvláštních procesů" [5],, které jsou v anglických originálech někdy „skryty" pod názvem „nonconforming processes" - doslova neshodné procesy, resp. „special processess" - speciální procesy. Jejich zvláštnost, neshodnost nebo speciálnost souvisí hlavně s tím, že ověřování výsledků realizace těchto procesů, tj. kontrol a zkoušení nelze v reálném čase provádět.

U technologických procesů, např. sváření, jsou provedeny pečlivé zkoušky a zjišťován jejich výsledek nedestruktivními i destruktivními zkušebními metodami. Tyto metody ověřování výsledků takového procesu není možné provádět v reálním čase výrobního procesu. Celý proces sváření a jednotlivé postupy jsou v něm popsány technologickými postupy a požadavky od stanovení požadavků na prokazatelnou autorizovanou kvalifikací a dovedností konkrétních svářečů, jaké mají k dispozici výrobní prostředky, kontrolní zařízení, metrologické zabezpečení a jak průběžnou kontrolu provádějí apod. Jde o specifické procesy, které ovlivňují výslednou spolehlivost produktu v důsledku technologických a aplikačních omezení. [6] Těmito opatřeními je snižováno riziko vzniku vadných svařenců

Podobně např. zvláštní proces ve výrobní montáži vyžaduje důslednost prokazatelného splnění kvalifikačních požadavků a výcvik pracovníků, zúčastněných v takovém procesu případně jejich akreditaci autorizovanou osobou (jako např. zvláštní proces technologie sváření pro drážní použití) , prokazatelné zajištění prováděné údržby a seřízení pracovních prostředků, metrologického zabezpečení měřidel atp. Vypracování požadavků na zajištění nákupu komponent montáže včetně kooperačních procesů a kontroly jejich splnění atd.

Systémy (produkty) používané v letecké, železniční, lodní, automobilové apod. dopravě nebo v jaderné technice, energetice, zdravotnictví, chemických provozech, astronautice, v průmyslu, např. v systémech řídících in-line produkci (mj. válcovací stolice) apod., to jsou příklady použití produktů, kdy jsou i při respektování zásad managementu řízení kvality (QMS) respektována i hlediska spolehlivosti, vyžadovaná systémem managementu spolehlivosti (DMS).

Zmíněná odvětví, problematiku spolehlivosti řeší a tradičně ji respektují. V této přednášce nebudeme tato odvětví sledovat, pro ně to není nic nového a vědí velmi dobře o co jde. Naši pozornost zaměřím, odvětví, která až dosud nemusela o zajištění určité úrovně spolehlivosti pečovat. Stačila jí produkce tzv. kvalitních produktů bez požadavků na spolehlivost. **Pro zjednodušení si je, ne zcela přesně označím jako tzv. „spotřební produkty"..** [7]

---

[4] *Validace – je proces potvrzování platnosti, že realizovaný produkt třeba že splňuje požadavky zadání (to bylo potvrzeno verifikací – ověřením) je současně při jeho používání vhodný pro zamýšlené použití.*

[5] *které byly z prvních návrhu ČSN EN ISO 9001:1993 vyškrtnuty*

[6] *Viz § 7.1, písm. c) v normě ČSN EN 60300-1 Management spolehlivosti-Část 1: Systémy managementu spolehlivosti*

[7] *Oficiální definice „spotřebního produktu" neexistuje. Rozumí se jimi někdy i produkty komerčně vyrobené pro účely prodeje, běžně dostupné na pultech obchodu (COTS – Commercial Of The Shelf), náhradní díly atp.*

3. Spolehlivost tzv. „spotřebních produktů“

Znovu opakuji a připomínám, že jde o produkty, které jsou v našich podmínkách z hledisek jejich spolehlivosti „ošetřeny“ jednoduše tím, že zákazník, uživatel takových produktů má, již zmíněný zákonný nárok (např. Obchodní zákoník).

Každý produkt může mít poruchu v průběhu jeho používání. Musí být buď opraven nebo vyměněn za bezvadný nebo vrácen. Záleží na tom, jak často se taková událost stane nebo, jestli jde jenom o výjimečný případ a navíc se tato událost znovu s vysokou pravděpodobností nemá opakovat. Zejména ne v kritických situacích při použití takového produktu. V takových případech také záleží na tom jak je poruchová událost rychle odstraněna, tzn. jaké jsou nároky na pohotovost produktu k použití a na zajištěnost údržby a následnou opravitelnost nebo udržovatelnost takového produktu.

Produkty, které jsou poruchové a navíc přitom jsou vydávány za kvalitní nebo velmi kvalitní a obvykle tedy i dražší postupně zájem o ně na trhu klesá a jsou zákazníky odmítány. Obrat výrobce nebo dealera takových produktů na trhu rovněž klesá. Dochází k tzv. ztrátě „dobrého jména producenta , ztráta důvěry“, která se jen obtížně znovu získává.

4. Ekonomické souvislosti spolehlivosti a jakosti

Realizace spolehlivých, kvalitních produktů je vždy nákladnější, než „jen“ produktů, které ač jsou vydávány za kvalitní nebo dokonce vysoce kvalitní produkty nejvyšší jakostní třídy, nemají odpovídajícím způsobem „ošetřeny“ své spolehlivostní vlastnosti.

Dále jsou zmíněny příčiny, které ve větší či menší míře zvyšují náklady na produkci i provozování spolehlivých produktů ve srovnání s obvyklými produkčními postupy tzv. kvalitních produktů.

4.1 Pravidla a požadavky týkající se tzv. systému managementu jakosti (QMS) je nutné důsledně dodržovat a navíc je nutné dodržovat také požadavky na systém managementu spolehlivosti (DMS), který rozšiřuje pravidla a procesy vyžadované systémem managementu kvality (QMS) o další požadavky a procesy..

Systém Managementu Spolehlivosti (DMS - Dependability Management System) je podrobně definován v normách řady ČSN IEC 60300 a dalších na ně navazujících. [8] Z nich je v počátku návrhu produktu nejdůležitější **specifikace požadavků na spolehlivost,** která je uvedena v normě **ČSN EN 60300-3-4:2008 (01 0644)** Management spolehlivosti – Část 3-4: Návod k použití – Pokyn ke specifikaci požadavků na spolehlivost. Tato norma se zabývá specifikací spolehlivosti, specifikováním jednoho nebo více ukazatelů bezporuchovosti, udržovatelnosti, zajištěnosti údržby a pohotovosti daného produktu.

Zjednodušeně si zopakujme, že Systém Managementu Spolehlivosti (DMS) je do značné míry totožný s požadavky a pravidly systému managementu jakosti (QMS). Doplněny musí být především o zavedení specifikací spolehlivosti do obchodních smluv, do požadavků na logistiku a kooperace. Dále důsledným zavedením tzv. „speciálních, resp. zvláštních procesů“ na kritické procesy. Zavedení zkoušek spolehlivosti a důsledné provádění validačních procesů. Zjednodušeně se seznámíme jaké nároky má DMS na jednotlivé oblasti v procesu vytváření jakostního a tedy i spolehlivého produktu.

4.1.1 **Obchodní fáze** v úvodu, v průběhu realizace i zakončení akce

Projednávání specifikací požadavků produktu na spolehlivost se zákazníkem nebo s požadavky trhu. Musí být zvážena ekonomická bilance a rizika související s vytvořením předpokladů pro realizaci takového produktu. V DSM jsou zvýšené nároky na tzv. „úvodní přezkoumání zadání“, ve srovnání s praxí prováděnou často v QMS. Pečlivé zvážení požadavků zákazníka nebo trhu na spolehlivost budoucího produktu. Využití již zmíněné normy **ČSN EN 60300-3-4:2008 (01 0644)**

Provedení optimalizace nákladů na návrh, realizaci, nákladů na zajištěnost údržby apod. v závislosti na požadovaných spolehlivostních vlastnostech budoucího produktu. Zajištění sběru dat o spolehlivosti provozu existujících obdobných produktů a nově projektovaného produktu včetně dat z prováděných spolehlivostních zkoušek pro ověřování výsledků. Mj. rovněž pro provádění důsledných validací, pro procesy zlepšování procesů a provovzuchopnosti, resp. použitelnosti nového produktu.

---

[8] *Viz v poznámce pod čarou č. 3 PŘEHLED TECHNICKÝCH NOREM Z OBLASTI SPOLEHLIVOSTI, RNDr. Jaroslav Matějček, CSc.,*

Viz příklad přiloženého optimalizačního grafu na obr. 1, při hledání optimální přijatelné hodnoty bezporuchovosti existujícího podobného produktu (protože je nutné např. znát náklady na údržbu za období životního cyklu, které u nového produktu můžeme pouze odhadovat jaké lze očekávat) pro odhad optimální hodnoty bezporuchovosti nově navrhovaného produktu.

Jsou to mj. požadavky v jednotlivých návrhových fázích procesu, které musí být postupně zpřesňovány po prováděných validacích.

4.1.2 Návrhová fáze

4.1.2.1 volba a návrh architektury budoucího produktu, které jsou silně závislé na tom, jestli produkt je prvkem nebo je součástí (komponentou) větší částí budoucího systému apod.

4.1.2.2 požadavky na logistiku – tj. nároky na specifikaci objednávek pro nákup potřebných komponent budoucího produktu a na kooperace v nichž jsou podle potřeby rovněž požadavky na spolehlivost; požadavky na logistické zabezpečení zajištěnosti údržby budoucího produktu (např. nutnost vybudování konsignačních skladů, náhradních dílů atp.)

4.1.2.3 hlediska a realizační potřeby zajištěnosti údržby budoucího produktu související s výcvikem odborných pracovníků údržby, servisem v terénu, potřebou náhradních dílů, dopravní zajištěností atp.; nároky na expedici produktu k zákazníkovi

4.1.2.4 požadavky na zajištění tzv. „zvláštních (speciálních) procesů", např. náklady na výcvik a certifikaci pracovníků realizujících příslušné důležité a kritické procesy včetně zvýšených nákladů na logistiku (zajištění odpovídající kvality , často včetně požadovaných záruk na spolehlivost nakupovaných a používaných materiálů a komponent produktu, jejich skladování, požadavků na kvalitu kooperací atp.)

4.1.2.5 zvážení nákladů na zvýšené nároky pro ověřování (verifikací) kontrolami a zkoušením (často i v mezních provozních podmínkách, náklady na zkoušky prováděné ve specializovaných, akreditovaných zkušebnách nebo zkouškami autorizovanou osobu atd), zda jsou splněny projektované parametry produktu v souladu se zadáním; zejména náklady související se spolehlivostními zkouškami a prováděním validací, kterými se potvrzuje platnost projektových záměrů v praktické použitelnosti produktu.

4.1.2.6 náklady na případnému nutnost investovat do zkušebních a kontrolních přístrojů, případně do plateb za externí zkušebny, do realizačních kontrolních procesů a dalších nákladů souvisejících s metrologickým zabezpečením, zejména „zvláštních procesů"

4.1.2.7 zvážení nákladů na provádění validací návrhu (např. nutností komisionelního provádění těchto validací za účasti odborníků zákazníka atp.), realizací funkčních a zkušebních vzorků produktu, ověřování technologie, realizace prototypu nebo pilotní série atp.

4.1.2.8 odhady nákladů na tzv, „životní cyklus produktu", kde je nutné zvažovat nově i náklady na zajištění požadované ekologické úrovně po celé období života produktu.

4.1.2.9 zvážení případných nákladů souvisejících s nutností investovat do nových technologií - např. není možné zajistit potřebnou úroveň kooperační činností, pak je nutné zvážit možnost zavedení vlastní technologie, např. použitím indukčního pájení atp.

4.1.3 Logistická fáze

4.1.3.1 nakupování výrobních komponent a služeb (např. kooperací) musí být realizováno jen organizacemi, které byly námi vyhodnoceny, jako důvěryhodné, schopné poskytovat nám požadovanou kvalitu a často požadovaných spolehlivostních vlastností předmětů svých dodávek, resp. poskytovaných služeb a které periodicky vyhodnocujeme a provádíme příslušná nápravná opatření

4.1.3.2 zabezpečení požadavků týkajících se logistiky zmíněných v bodě 4.1.2.2., tj. např. zajištěnosti údržby, zvýšené náklady na uskladnění produktů určených pro režim tzv. „zvláštních procesů"apod.

4.1.4 Realizační fáze (výroba, návrh služby, sw apod.)

4.1.4.1 (průběhy procesů v režimu tzv.„zvláštních procesů", náklady související s environmentálním „ošetřením", vypracování technologických postupů, postupů pro údržbu)

4.1.5 Kontroly a zkoušení

4.1.5.1 (spolehlivostní zkoušky a validace opět v souvislosti se zajišťováním tzv. „zvláštních procesů", vypracování zkušebních postupů apod.)

4.1.6 Předání produktu zákazníkovi včetně expedice

4.1.6.1 (servisní smlouvy, ochrana produktu při expedici atp.)

4.1.7 Zajištění údržby

4.1.7.1 (zajištění specifikovaného sběru dat z provozu a jejich vyhodnocování pro provádění validací a následných zlepšování procesů od návrhu až po expedici a samozřejmě také kvality prováděných údržbových a servisních činností, zajištění výcviku a vyškolení pracovníků pro údržbu - našich i pro zákazníka apod.)

4.1.8 Likvidace produktu

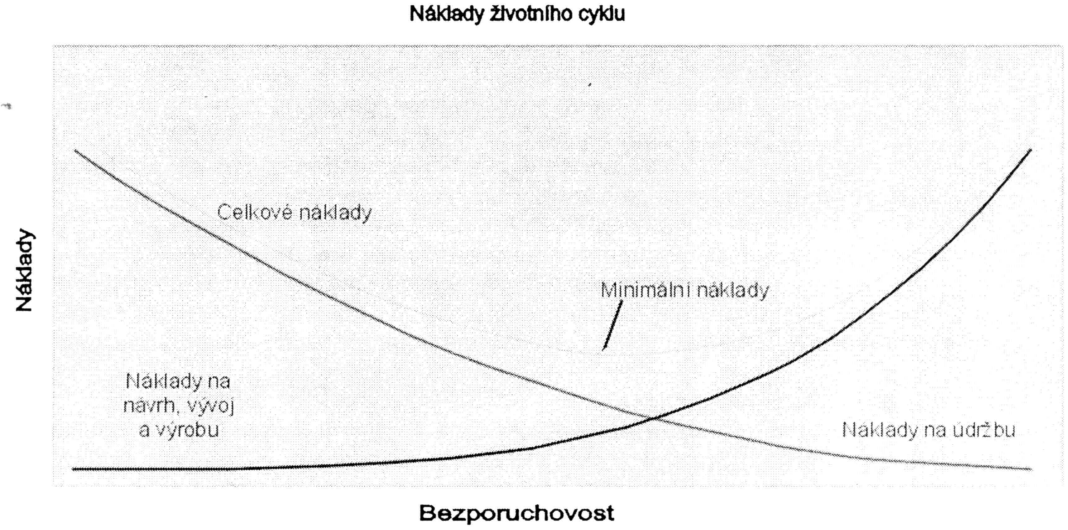
4.1.8.1 (Návody a požadavky na zajištění ekologicky šetrné likvidaci produktů, které buď dosáhly svých mezních stavů technické životnosti nebo byly nahrazeny novými produkty podle plánu modernizace a efektivnosti výrobních procesů apod.)

4.2. Závěr k ekonomickým hlediskům systému managementu spolehlivosti (DMS)

Je evidentní, že zdaleka ne všechny zmíněné aspekty zajištění spolehlivého produktu managementem spolehlivosti (DMS) budou nutné. Závisí to především na tom jaké jsou kladeny požadavky na spolehlivost produktu a kým (zákazníkem, „jenom" trhem), o jaké jde produkty (komponenta, systém apod.) a do jaké míry bylo v jednotlivých organizacích až dosud dodržování zásad stanovených v systému managementu kvality (QMS) formální, nedůsledné a podceňované, především vrcholovým managementem organizace.

Vzhledem k tomu, že dosažení požadované úrovně spolehlivosti (zde především bezporuchovosti) znamená vynaložení mnohdy nemalých nákladů, je v zájmu producenta, aby se zajímal o optimalizaci dosažených, resp. dosažitelných hodnot bezporuchovosti a aby tak, podle možnosti korigoval eventuálně požadavky zákazníka při sjednávání technické specifikace nového produktu, resp. hledal vhodnou architekturu dodávaného produktu (např. zavedení vhodného zálohování prvků, bloků nebo celého systému, systému zajištěnosti údržby apod).

Na dále uvedeném obrázku[9] je zjednodušené grafické řešení optimalizace ekonomicky příznivé hodnoty navrhované úrovně bezporuchovosti daného systému s ohledem hodnoty souvisejících nákladů.



Grafická metoda optimalizace hledání minimálních nákladů

Obr. 1

Je zřejmé, že takové analýzy lze provádět na základě informací, které vycházejí převážně z dřívějších projektů sběru a vyhodnocování dat z provozů, tj. tzv. nákladů životního cyklu.[10]

5. Závěr

Cílem předaných informací nebylo vyškolit Vás na odborníky spolehlivosti, ale cílem mělo být úvodní seznámení pracovníků, kteří se ve své praxi dosud nemuseli zabývat problematikou spolehli-

---

9 *Obrázek je převzat z normy ČSN EN 60300-3-4:2008 (01 0644) Management spolehlivosti – Část 3-4: Návod k použití – Pokyn ke specifikaci požadavku na spolehlivost*

10 *Viz ČSN EN 60300-3-3:2005 MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI- část 3-3: Pokyn k použití - Analýza nákladu životního cyklu*

vostí produktů. Pracovníků, kteří se až dosud mohli zabývat „pouze" vytvořením kvalitních produktů o jejichž spolehlivost se v přeneseném slova smyslu staral stát svými legislativními opatřeními".

Snažili jsme se Vám, pro první přiblížení k problematice spolehlivosti, zjednodušeným způsobem, alespoň trochu objasnit některé základní pojmy a souvislosti. Zvýšit Vaši gramotnost týkající se dosud všelijak nepřesně interpretovaného pojmu - „spolehlivost".

Chtěli jsme zdůraznit, že systém managementu spolehlivosti vyžaduje nejen neformální a důsledné plnění požadavků QMS (systému managementu jakosti-kvality), ale také něco navíc což souvisí tzv. Systémem Managementu Spolehlivosti (DMS), který je naznačen ve 4. odstavci.

Cílem by mělo být, že i Vy byste měli vnímat problematikou spolehlivosti, pokud Vás k tomu budou nutit požadavky ve Vašem oboru nebo Vás k tomu budou nutit požadavky trhu. Zákazník ten kdo si, často za drahý peníz koupil kvalitní produkt a těšil se, že ho budete používat nebo ho využívat, musí a má právo radostně reklamovat jeho nefunkci.

Základní informace týkající se požadavků na spolehlivost byste měli umět vnímat a další detailnější problematiku zajišťování požadavků na spolehlivost, alespoň pro začátek, přenechat v kooperaci externím specialistům zabývajícím se spolehlivostí profesně. S nimi byste měli úzce spolupracovat a např. jim zajišťovat potřebná data apod. Tím byste získávali další praxi v oboru spolehlivosti a postupně se osamostatňovali abyste mohli spolupracovat s externími „spolehlivostními" specialisty. Pokud budete nuceni osudovými okolnostmi si tuto profesi ve své organizaci vytvořit

V následné přednášce se dovíte, že existuje velký soubor norem, které se zabývají problematikou spolehlivosti.

V závěrečné přednášce po přehledu norem je naznačen konkrétní návod postupu provádění předběžných intervalových odhadů **parametru ukazatele bezporuchovosti**, kterým je **MTBF** (Mean operating Time Before Failures) - střední provozní doba mezi poruchami.

PŘEHLED TECHNICKÝCH NOREM Z OBLASTI SPOLEHLIVOSTI

RNDr. Jaroslav Matějček, CSc., Praha

(Stav ke dni 31. 10. 2008)

Oborem spolehlivosti se zabývá přibližně 50 technických norem zavedených do ČSN. Vesměs se jedná o normy vypracované technickou komisí IEC TC 56 Spolehlivost, které jsou zpravidla paralelním hlasováním schváleny CENELEC a jakožto průřezové normy jsou zaváděny do ČSN překladem.

Tyto normy lze podle svého předmětu rozdělit do několika skupin:
- názvoslovné normy spolehlivosti;
- normy pro management spolehlivosti;
- pokyny k udržovatelnosti zařízení;
- normy pro odhady hodnot ukazatelů a analýzu spolehlivosti;
- normy pro ověřování a zjišťování dosažených hodnot ukazatelů spolehlivosti;
- normy pro zlepšování ukazatelů spolehlivosti;
- ostatní související normy.

Toto dělení není absolutní a některé z nich je možné zařadit do několika skupin.

Další podrobnosti o citovaných normách lze nalézt na webových stránkách Českého normalizačního institutu na adrese http://www.cni.cz/.

NÁZVOSLOVNÉ NORMY SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN IEC 50(191): 1993 (01 0102)	MEDZINÁRODNÝ ELEKTROTECHNICKÝ SLOVNÍK – Kapitola 191: Spoľahlivosť a akosť služieb	**Základní názvoslovná norma** z oboru spolehlivosti. Obsahuje definice pojmů a ekvivalenty termínů z oboru spolehlivosti v 11 jazycích. Slovensky, česky a anglicky je definováno několik set hesel.
ČSN IEC 50(191)/ Změna Z1:2003 (01 0102)	MEDZINÁRODNÝ ELEKTROTECHNICKÝ SLOVNÍK – Kapitola 191: Spoľahlivosť a akosť služieb Změna Z1	**Změna Z1 základní názvoslovné normy** z oboru spolehlivosti obsahuje několik změn definic z původní normy ČSN IEC 50(191) a rozsáhlý **dodatek** obsahující termíny a definice z oboru spolehlivosti **elektrizačních soustav a rozvodu elektrické energie**.
ČSN IEC 50(191)/ Změna Z2:2003 (01 0102)	MEDZINÁRODNÝ ELEKTROTECHNICKÝ SLOVNÍK –Kapitola 191: Spoľahlivosť a akosť služieb Změna Z2	**Změna Z2 základní názvoslovné normy** z oboru spolehlivosti obsahuje definici termínu „zkouška; test“.
ČSN EN 13306: 2002 (01 0660)	TERMINOLOGIE ÚDRŽBY	Obsahuje **termíny a definice** základních pojmů **z oboru údržby**. Jsou v ní specifikovány termíny a definice pro technické, administrativní a manažerské oblasti údržby. Česky a anglicky je v ní definováno cca 110 hesel. V přílohách je doplněna vysvětlujícími obrázky a tabulkami. Norma je opatřena abecedními rejstříky českých, anglických, francouzských a německých termínů definovaných v této normě. Nahrazuje ČSN 01 0660:1986.
ČSN ISO/IEC 2382-14:1999 (36 9001)	INFORMAČNÍ TECHNOLOGIE – SLOVNÍK – Část 14: Bezporuchovost, udržovatelnost a pohotovost	Obsahuje názvosloví z oboru spolehlivosti používané v oboru **informačních technologií**. Česky a anglicky je definováno cca 42 hesel. V normě je uveden český, anglický a francouzský abecední rejstřík.

NORMY PRO MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 60300-1: 2004 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 1: Systémy managementu spolehlivosti	V této normě jsou popsány pojmy a **principy systémů managementu spolehlivosti**. Jsou v ní uvedeny všeobecné procesy používané ve spolehlivosti pro plánování, rozvržení zdrojů, řízení a přizpůsobování nutné pro splnění cílů spolehlivosti. Tato norma se zabývá problémy spolehlivosti v jednotlivých etapách životního cyklu produktů v oblasti plánování, navrhování, měření, analýzy a zlepšování spolehlivosti. Je to **základní norma** celého souboru norem **pro management spolehlivosti** (norem souboru ČSN EN/IEC (60)300) a současně navazuje na normy pro řízení jakosti (souboru ČSN EN ISO 9000). Norma je vydána jako dvojjazyčná (v českém a anglickém jazyce).
ČSN EN 60300-2: 2005 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 2: Směrnice pro management spolehlivosti	Tato norma navazuje na základní normu pro management spolehlivosti ČSN EN 60300-1 a navazují na ni další normy pro management spolehlivosti. Je v ní zaveden pojem životní cyklus produktu a pojednává se v ní o významných spolehlivostních činnostech a jejich načasování pro efektivní uplatnění ke zlepšení spolehlivosti. Je v ní popsána **návaznost jednotlivých etap životního cyklu produktu na příslušné prvky a úkoly programu spolehlivosti** pro snadnější přizpůsobení programů spolehlivosti potřebám specifického projektu a je v ní popsán obecný proces využití programů spolehlivosti, který může být začleněn do managementových systémů velkých společností, avšak je možné jej přizpůsobit i pro malé podniky. Norma nahrazuje normu ČSN EN 60300-2:1997.
ČSN IEC 60300-3-1:2003 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-1: Pokyn k použití – Techniky analýzy spolehlivosti – Metodický pokyn	Metody analýzy spolehlivosti popsané v této normě se používají k předpovědím, přezkoumání a zlepšování bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti objektu. Tyto analýzy se provádějí v etapě koncepce a stanovení požadavků, v etapě návrhu a vývoje a v etapě provozu a údržby na různých úrovních a stupních rozčlenění pro vyhodnocení a stanovení ukazatelů spolehlivosti objektu. Je v ní uveden všeobecný **přehled obecně používaných technik analýzy spolehlivosti.** Jsou v ní popsány obvyklé metodiky a norma je určena k poskytování informací nezbytných pro výběr nejvhodnějších metod analýzy popsaných v ostatních částech normy ČSN EN/IEC (60)300-3.
ČSN EN 60300-3-2:2005 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-2: Pokyn k použití – Sběr dat o spolehlivosti z provozu	V této normě se poskytují **směrnice pro sběr dat**, které se vztahují k bezporuchovosti, udržovatelnosti, pohotovosti a zajištěnosti údržby objektů v běžném provozu. Je zaměřena na problémy základní filosofie sběru dat, jako je vzorkování či cenzurování dat a sběr dat v časových oknech. Je v ní též uveden návod týkající se přesnosti a shodnosti dat, technik automatického sběru dat a správcovství dat. Je použitelná bez omezení pro různé objekty, od součástek po systémy a sítě, včetně hardwaru, softwaru a interakcí člověk/stroj. Norma nahrazuje normu ČSN IEC 300-3-2:1995.
ČSN EN 60300-3-3:2005 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-3: Pokyn k použití – Analýza nákladů životního cyklu	Analýza nákladů životního cyklu je proces ekonomické analýzy zaměřený na posouzení celkových nákladů na pořízení a vlastnictví, jakož i na vypořádání (likvidaci) produktu. Tato analýza má být v maximální možné míře nedílnou součástí procesu návrhu, aby mohly být znaky produktu a jeho náklady optimalizovány. V této normě se poskytuje obecný **návod pro provádění analýzy nákladů životního cyklu** včetně vypracování modelu těchto nákladů a jsou v ní uvedeny názorné příklady.

NORMY PRO MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 60300-3-4:2008 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3: Pokyn k použití – Pokyny ke specifikaci požadavků na spolehlivost	Tato část ČSN EN 60300 obsahuje návod, jak **definovat požadované ukazatele bezporuchovosti, udržovatelnosti, pohotovosti a zajištěnosti údržby** ve specifikacích, a obsahuje podrobný popis postupů a kritériích ověřování a validace těchto ukazatelů. Návod uvedený v této normě obsahuje rady, jak určit kvantitativní a kvalitativní požadavky základní charakteristiky spolehlivosti, rady zákazníkům používajícím systém, rady jak zajistit, aby dodavatel splnil specifikované požadavky a rady pro dodavatele, které jim napomáhají splnit požadavky zákazníka. Tato norma doplňuje normu IEC 62347, která obsahuje definice systémů a jejich základních prvků. Souběžně s touto normou se do 2010-12-01 smí používat dosud platná ČSN IEC 300-3-4:1997 (01 0690).

NORMY PRO MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN IEC 60300-3-5:2002 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-5: Návod k použití – Podmínky při zkouškách bezporuchovosti a principy statistických testů	Tato norma slouží jako **návod pro volbu** použitelných **norem pro zkušební podmínky a statistickou analýzu**. Je to též všeobecný **návod k plánování, provádění a analýze dat ze zkoušek bezporuchovosti.** Pomocí této normy je uživatel schopen zvolit jiné normy, které jsou vhodné a nezbytné pro plánování, provádění a analyzování dat získaných při specifické zkoušce bezporuchovosti. Tato norma tudíž obsahuje odkazy na statistické nástroje pro analýzu konstantního i nekonstantního parametru proudu poruch a intenzity poruch i jiných ukazatelů, jako je podíl úspěšných pokusů/podíl poruch. Norma nahrazuje normu ČSN IEC 605-1:1992
ČSN IEC 60300-3-7:2000 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-7: Návod k použití – Třídění namáháním pro zlepšení bezporuchovosti elektronického hardwaru	Tato norma byla zrušena a měla by být nahrazena normou ČSN EN 61163-1:2008, která však byla vydána pouze vyhlášením ve Věstníku ÚNMZ a je tudíž dostupná v ČNI pouze v anglické verzi jako IEC 61163-1:2006. Bližší informace viz **ČSN IEC 1163-1:1996**.
ČSN IEC 300-3-9: 1997 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3: Návod k použití – Oddíl 9: Analýza rizika technologických systémů.	V této normě se poskytují směrnice pro volbu a realizaci technik **analýzy rizika**, především pro posuzování rizika spojeného s technologickými systémy. Cílem této normy je zajistit jakost a vzájemný soulad plánování a provedení analýz rizika a prezentace jejich výsledků a závěrů. Norma se používá jako směrnice pro plánování, provádění a dokumentování analýz rizika, jako základ pro specifikování požadavků na jakost pro analýzu rizika a jako základ pro vyhodnocení analýz rizika po jejich dokončení. Analýza rizika prováděná podle této normy poskytuje vstupní údaje pro další činnosti managementu rizika.
ČSN IEC 60300-3-10:2001 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-10: Návod k použití – Udržovatelnost	Tato norma se používá při vypracování a uplatňování programu udržovatelnosti pokrývajícího etapy zahájení, vývoje a provozu výrobku, který je součástí úkolů popsaných v ČSN EN 60300-2. V této normě se poskytuje návod na to, jak se u těchto úkolů mají brát v úvahu hlediska údržby, aby se dosáhlo optimální udržovatelnosti. Zásady stanovené v této normě lze aplikovat podle požadavků tak, že se program udržovatelnosti přizpůsobí, aby vyhovoval potřebám konkrétního projektu. Je to **základní norma pro management udržovatelnosti** v příslušných etapách životního cyklu produktu. Tato norma nahrazuje oddíly 2 a 3 zrušené normy ČSN IEC 706-1:1992.

NORMY PRO MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN IEC 60300-3-11: 2000 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-11: Návod k použití – Údržba zaměřená na bezporuchovost	**Údržba zaměřená na bezporuchovost** (**RCM**) je metoda pro zavedení programu preventivní údržby, který umožní účelně a účinně dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a pohotovosti zařízení a konstrukcí. Metoda RCM umožňuje používat strom logického rozhodování ke zjišťování použitelných a efektivních požadavků na preventivní údržbu pro zařízení a konstrukce podle bezpečnostních, provozních a ekonomických důsledků zjistitelných poruch a podle mechanismu degradace způsobujícího tyto poruchy. Konečným výsledkem práce je **posouzení nutnosti provádění konkrétních úkolů údržby**.
ČSN IEC 60300-3-12:2003 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-12: Návod k použití – Integrované logistické zajištění	Úspěšný provoz produktu při jeho používání závisí do značné míry na efektivním poskytování logistického zajištění, aby se dosáhly a udržely požadované úrovně jeho výkonnosti a uspokojení zákazníka. Náklady na logistické zajištění značně přispívají k nákladům životního cyklu produktu a je nutné je brát v úvahu při rozhodování o jeho nákupu. Integrované logistické zajištění popsané v této normě je **metoda managementu**, jejíž pomocí se všechny služby **logistického zajištění** sestavují strukturovaným způsobem v souladu s daným produktem, což umožňuje optimalizovat jeho řešení, aby bylo přínosem jak pro zákazníka, tak pro dodavatele.
ČSN EN 60300-3-14:2005 (01 0690)	MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI – Část 3-14: Pokyn k použití – Údržba a zajištění údržby	V této normě je popsána **základní struktura údržby a zajištění údržby**, jakož i rozmanité minimální všeobecné praktické postupy, které se mají přitom provádět. Účelem této normy je všeobecně použitelným způsobem v základních rysech popsat procesy a techniky týkající se údržby a zajištění údržby, které jsou nutné k dosažení přiměřené spolehlivosti splňující provozní potřeby zákazníka. V této normě je poskytován obecnější přístup k údržbě a zajištění údržby, než se používá v integrovaném logistickém zajištění. Tato norma se věnuje složitým systémům, u kterých je nutné, aby byly údržba a zajištění údržby nastaveny pro specifické situace během etapy návrhu i etapy provozu a údržby.

POKYNY K UDRŽOVATELNOSTI ZAŘÍZENÍ		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN IEC 706-1: 1992 (01 0661)	POKYNY K UDRŽOVATELNOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 1: Oddíl 1, 2 a 3: Úvod, požadavky a program udržovatelnosti	Tato norma byla zrušena a je nahrazena normou ČSN IEC 60300-3-10: 2001 (viz NORMY PRO MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI).
ČSN EN 60706-2: 2007 (01 0661)	UDRŽOVATELNOST ZAŘÍZENÍ – Část 2: Požadavky na udržovatelnost a studie udržovatelnosti v etapě návrhu a vývoje	V této části normy IEC 60706 se zkoumají **požadavky na udržovatelnost** a související parametry návrhu a používání a rozebírají se některé činnosti nutné k dosažení požadovaných znaků udržovatelnosti a jejich vztah k plánování údržby. Tato norma obsahuje **úvod do koncepce udržovatelnosti** a návod, jak **začlenit udržovatelnost do specifikací a smluv** a jak se má udržovatelnost považovat za součást procesu návrhu. Popisuje se v ní obecný přístup k dosažení těchto cílů a je v ní ukázáno, jak mají být znaky udržovatelnosti specifikovány v dokumentu s požadavky nebo ve smlouvě. Tato norma nahrazuje normu ČSN IEC 706-2:1994.
ČSN EN 60706-3: 2007 (01 0661)	UDRŽOVATELNOST ZAŘÍZENÍ – Část 3: Ověřování a sběr, analýza a prezentace dat	V této části normy IEC 60706 jsou popsány různé aspekty **ověřování** nutné k zajištění, že byly splněny specifikované **požadavky na udržovatelnost** objektu, a jsou v ní uvedeny vhodné postupy a zkušební metody. Zatímco ověřování udržovatelnosti jako takové má být povinnou součástí jakéhokoliv programu udržovatelnosti, pro zajištění celkové nákladové efektivnosti je nutné pro každý jednotlivý případ zvolit vhodné metody. Tato norma se též zaměřuje na **sběr, analýzu a prezentaci dat** týkajících se **udržovatelnosti**, která mohou být požadována během návrhu a při jeho dokončení a během výroby a provozu objektu. Tato norma nahrazuje normu ČSN IEC 706-3:1992 a ČSN IEC 706-6:1996.
ČSN EN 60706-5: 2009 (01 0661)	POKYNY K UDRŽOVATELNOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 5: Testovatelnost a diagnostické zkoušení	Účelem této normy je poskytovat návod pro časné úvahy o aspektech testovatelnosti při návrhu a vývoji a napomáhat při stanovení efektivních zkušebních postupů jako nedílné součásti provozu a údržby. Tato mezinárodní norma se používá k vývoji jakýchkoliv produktů s cílem navrhovat charakteristiky produktu tak, aby byly ověřitelné (testovatelné). Cílem této mezinárodní normy je zajistit, aby nezbytné předpoklady týkající se testovatelnosti produktů byly definovány v přípravných etapách vývoje, aby je formuloval zákazník a aby byly implementovány, dokumentovány a ověřovány během vývoje. V této mezinárodní normě jsou též poskytovány **metody implementace a hodnocení testovatelnosti** používané jako nedílná součást návrhu produktu. Doporučuje se, aby dokumentace testovatelnosti produktu byla nepřetržitě aktualizována po celou dobu životního cyklu produktu. Tato norma byla zatím vydána pouze vyhlášením ve Věstníku ÚNMZ a je tudíž dostupná v ČNI pouze v anglické verzi jako IEC 60706-5:2007, ale v současné době se zpracovává do ČSN EN 60706-5, která vyjde v češtině začátkem roku 2009.
ČSN IEC 706-6: 1996 (01 0661)	POKYNY K UDRŽOVATELNOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 6: Oddíl 9: Statistické metody pro hodnocení udržovatelnosti	Tato norma byla zrušena ke dni 2007-12-01 a byla nahrazena normou ČSN EN 60706-3: 2007.

POKYNY K UDRŽOVATELNOSTI ZAŘÍZENÍ		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 13460: 2003 (01 0662)	ÚDRŽBA – Dokumenty pro údržbu	Norma obsahuje všeobecné **směrnice pro technickou dokumentaci**, která musí být pro zajištění údržby dodávána s objektem před jeho uvedením do provozu, a pro dokumentaci informací, které musejí být pro splnění požadavků na údržbu zavedeny v etapě provozu. Je v ní uveden **seznam základních dokumentů pro údržbu** a jsou podány informace o možném obsahu každého dokumentu. V informativních přílohách je popsána dokumentace pro údržbu s ohledem na funkce údržby, které jsou součástí systému jakosti daného podniku.
ČSN P CEN/TS 15331:2006 (76 1501)	KRITÉRIA PRO NÁVRH, MANAGEMENT A ŘÍZENÍ SLUŽEB ÚDRŽBY BUDOV	Účelem údržby budov je zajistit využití majetku udržováním jeho majetkové hodnoty a výchozích technických charakteristik v přijatelných mezích po celou dobu jeho života při současném podporování technických modifikací a modifikací vyplývajících z předpisů vztahujících se k výchozím nebo novým technickým charakteristikám, jak je zvolil provozovatel nebo jak je požaduje zákon. V této evropské technické specifikaci jsou uvedena **obecná kritéria a obecné metody plánování, managementu a řízení údržby budov** a jejich okolí v závislosti na cílech jejich vlastníků a uživatelů a na požadované kvality údržby.
ČSN EN 13269: 2007 (01 0663)	ÚDRŽBA – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě	V této normě je uvedena **směrnice pro vypracování smluv na údržbářské práce**. Účelem této normy je podporovat přeshraniční i vnitrostátní vztahy mezi společností a dodavatelem údržby a vytvářet jasné rozhraní mezi nimi při zajišťování služeb údržby, zlepšit kvalitu smluv o údržbě tak, aby byly minimalizovány spory, věnovat pozornost službám údržby a stanovit volitelné možnosti jejich poskytování, pomoci a poradit při vypracování návrhů a projednávání smluv o údržbě a při specifikování opatření v případě sporu, stanovit typy smluv o údržbě a vypracovat doporučení pro přidělování práv a povinností mezi smluvními stranami včetně rizik, jakož i zjednodušit vzájemné porovnávání smluv o údržbě.
ČSN EN 15341: 2007 (01 0664)	Údržba – Klíčové ukazatele výkonnosti údržby	Klíčové **ukazatele výkonnosti údržby** popsané v této normě mají podpořit řízení při dosahování vynikající údržby tak, aby se technické zařízení údržby využívalo konkurenceschopným způsobem. Tyto ukazatele se mají používat pro měření stavu, porovnávání (interní i externí benchmarking), diagnózu (analýza slabých a silných stránek), identifikaci úkolů a cílů, plánování zlepšení a neustálé měření vývoje. Norma EN 15341:2007 byla zavedena do ČSN EN 15341:2007 pouze vyhlášením ve Věstníku ÚNMZ a je tedy dostupná v ČNI pouze v anglické verzi.

NORMY PRO ODHADY HODNOT UKAZATELŮ A ANALÝZU SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN IEC 60319: 2000 (01 0612)	PREZENTACE A SPECIFIKACE DAT o bezporuchovosti elektronických součástek	V této normě je uveden **návod pro sběr a prezentaci dat** nutných k pochopení charakteristik bezporuchovosti součástek. Je v ní též uveden návod pro uživatele součástek zaměřený na způsob, jakým mají výrobcům součástek specifikovat své požadavky na bezporuchovost. Dodržování takového návodu nutí k přesnosti a úplnosti podávání zpráv a může zlepšit jakost sledovaných objektů a jejich částí. Taková prezentace usnadňuje výměnu informací o bezporuchovosti mezi všemi zainteresovanými stranami a umožňuje porovnávat údaje o bezporuchovosti různých typů součástek od různých výrobců.
ČSN EN 60812: 2007 (01 0675)	TECHNIKY BEZPORUCHOVOSTI SYSTÉMŮ – Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)	V této normě je popsána **analýza způsobů a důsledků poruch** (**FMEA**) a analýza způsobů, důsledků **a kritičnosti** poruch (**FMECA**) a je v ní uveden návod, jak se tyto analýzy mohou používat. K tomuto účelu jsou v ní popsány procedurální kroky nutné k provedení analýzy, jsou v ní stanoveny vhodné termíny, předpoklady, ukazatele kritičnosti a způsoby poruch, jakož i základní principy metody. Dále jsou v ní uvedeny příklady nezbytných pracovních listů nebo jiných tabulkových formulářů. Všechny obecné kvalitativní úvahy uvedené pro analýzu FMEA lze aplikovat na analýzu FMECA, která je rozšířením analýzy FMEA. Analýza FMEA je jednou ze základních technik analýzy spolehlivosti systémů. Tato norma nahrazuje normu ČSN IEC 812:1992.
ČSN EN 61025: 2007 (01 0676)	ANALÝZA STROMU PORUCHOVÝCH STAVŮ (FTA)	**Analýza stromu poruchových stavů** (**FTA**) popsaná v této normě se zabývá identifikací a **analýzou podmínek a faktorů**, **které způsobují** nebo mohou potenciálně způsobit **výskyt** nebo přispívat k výskytu specifikované **vrcholové události**. Při analýze FTA je touto událostí obvykle porucha, poruchový stav nebo zhoršené fungování systému, snížení bezpečnosti nebo zhoršení jiných důležitých provozních atributů. FTA se často uplatňuje při analýze bezpečnosti systémů, jako jsou dopravní systémy, elektrárny nebo jakékoliv jiné systémy, u kterých se vyžaduje vyhodnocení bezpečnosti jejich provozu. Analýzu stromu poruchových stavů lze též použít pro analýzu pohotovosti a udržovatelnosti. V normě je popsán jak kvalitativní, tak kvantitativní přístup k analýze FTA. Jsou v ní podrobně popsány kroky při provádění analýzy FTA od vymezení základních principů, přes identifikaci vhodných předpokladů, událostí a způsobů poruch, až po identifikaci a popis obecně používaných značek. Tato norma nahrazuje ČSN IEC 1025:1994.

NORMY PRO ODHADY HODNOT UKAZATELŮ A ANALÝZU SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 61078: 2007 (01 0677)	TECHNIKY ANALÝZY SPOLEHLIVOSTI – Blokový diagram bezporuchovosti a booleovské metody	Pro analýzu spolehlivosti jsou k dispozici různé analytické metody, jednou z nich je **metoda blokového diagramu bezporuchovosti** (**RBD**). Blokový diagram bezporuchovosti je obrazová reprezentace bezporuchovosti systému. Znázorňuje logické spojení (funkčních) součástí potřebných pro úspěšný provoz systému. Technika modelování RBD se má používat především u systémů bez opravy a v případech, kdy nezáleží na pořadí vzniku poruch. V této normě jsou popsány postupy pro modelování spolehlivosti systému a pro použití modelu za účelem výpočtu jeho ukazatelů bezporuchovosti a pohotovosti. Souběžně s touto normou se může do 2009-03-01 používat dosud platná ČSN IEC 1078:1993 (01 0677) Metody analýzy spolehlivosti – Metoda blokového diagramu bezporuchovosti (a její změna 1:1995).
ČSN EN 61160: 2006 (01 0678)	PŘEZKOUMÁNÍ NÁVRHU	V této normě jsou uvedena doporučení pro praktické **provádění** postupů **přezkoumání návrhu** jako prostředku pro ověření, že byly splněny požadavky na vstupy pro návrh, a pro stimulaci zlepšování procesu. Přezkoumání návrhu usnadňuje posouzení stavu návrhu vzhledem ke vstupním požadavkům, umožňuje identifikovat příležitosti ke zlepšování a vede manažera návrhu k vhodným opatřením. V této normě jsou poskytovány směrnice pro plánování a provádění přezkoumání návrhu a specifické podrobnosti týkající se příspěvků odborníků v oboru bezporuchovosti, udržovatelnosti, zajištěnosti údržby, pohotovosti a bezpečnosti. Je v ní popsáno vhodné složení týmu pro přezkoumání návrhu a je podrobně popsán celý proces přezkoumání návrhu. Tato norma nahrazuje normu ČSN IEC 1160:1994.
ČSN EN 61165: 2007 (01 0691)	POUŽITÍ MARKOVOVÝCH TECHNIK	V této normě je uveden **návod pro použití Markovových technik** k modelování a analýze systému a **k odhadu ukazatelů bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti**. Tato norma je použitelná ve všech průmyslových odvětvích, ve kterých je nutné analyzovat systémy, které vykazují chování závislé na stavu. V normě je definována základní terminologie a jsou v ní stanoveny značky používané při Markovových technikách. Vedle základních pravidel pro konstrukci, reprezentaci a použití Markovových technik jsou v ní popsány i předpoklady a omezení tohoto přístupu. Souběžně s touto normou se může do 2009-07-01 používat dosud platná ČSN IEC 1165:1996 (01 0691) Použití Markovových metod.
ČSN IEC 61703: 2002 (01 0607)	MATEMATICKÉ VÝRAZY pro termíny bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby	Tato norma obsahuje matematické výrazy umožňující **kvantifikovat ukazatele bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby** popsané v ČSN IEC 50(191). Tato norma je základem pro většinu statistických výpočtů hodnot ukazatelů používaných v oboru spolehlivosti a odvolává se na ni mnoho norem z tohoto oboru.

NORMY PRO ODHADY HODNOT UKAZATELŮ A ANALÝZU SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 61709: 1998 (01 0649)	ELEKTRONICKÉ SOUČÁSTKY – Bezporuchovost – Referenční podmínky pro intenzity poruch a modely namáhání pro přepočty	Norma obsahuje nezbytné základy pro **předpověď bezporuchovosti elektronických zařízení** pomocí výpočtu bezporuchovosti součástek. V normě jsou specifikovány **referenční podmínky a matematické modely** závislosti intenzity poruch součástek na namáhání, což umožňuje přepočítat hodnoty daného ukazatele bezporuchovosti zjištěné za určitých podmínek prostředí a provozního namáhání na hodnoty stejného ukazatele za jiných provozních podmínek prostředí a namáhání. Na základě takto zjištěných hodnot ukazatele bezporuchovosti jednotlivých součástek lze předpovědět bezporuchovost celého systému v daném provozním prostředí. Tato norma spolu s normou ČSN IEC 60319:2000 nahrazují normu ČSN IEC Postup:1992, která byla zrušena.
ČSN IEC 61710: 2001 (01 0650)	MOCNINOVÝ MODEL – Testy dobré shody a metody odhadu parametrů	V normě je popsán **mocninový model**, který je jedním z nejpoužívanějších modelů **pro popis bezporuchovosti opravovaných objektů**, a jsou v ní uvedeny pokyny pro jeho použití. Jsou v ní uvedeny postupy pro odhad parametrů mocninového modelu a pro test dobré shody dat s tímto modelem. Tento postup poskytuje konfidenční intervaly parametru proudu poruch a předpovědní intervaly délky doby do budoucích poruch.
ČSN IEC 61882: 2002 (01 0693)	STUDIE NEBEZPEČÍ A PROVOZUSCHOPNOSTI (studie HAZOP) – Pokyn k použití	HAZOP je strukturovaná a systematická **technika zkoumání** daného systému **s cílem zjistit potenciální nebezpečí** v systému a potenciální problémy s provozuschopností systému, které pravděpodobně povedou k neshodným produktům. V normě je uveden návod k použití této techniky, včetně definic, přípravy, pracovních porad HAZOP, výsledné dokumentace a dalšího postupu. Je v ní též uveden široký soubor příkladů zahrnujících různá průmyslová odvětví, které ilustrují zkoumání pomocí studie HAZOP.
ČSN IEC 62198: 2002 (01 0694)	MANAGEMENT RIZIKA PROJEKTU – Směrnice pro použití	Tato norma se zabývá používáním politik, postupů a pracovních technik **managementu rizika projektu** u úkolů zabývajících se vytvářením kontextu, zjišťováním, analýzou, vyhodnocováním, posuzováním, ošetřováním, monitorováním a sdělováním rizik takovým způsobem, který umožňuje organizaci minimalizovat ztráty a nákladově efektivním způsobem maximalizovat vhodné příležitosti. Norma je určena pro pracovníky činící rozhodnutí, včetně manažerů projektu, manažerů rizik a obchodních manažerů.
ČSN EN 62308: 2007 (01 0630)	BEZPORUCHOVOST ZAŘÍZENÍ – Metody posuzování bezporuchovosti	V této normě je popsáno **použití** tří **přístupů k posuzování bezporuchovosti**: analýzy podobnosti, analýzy životnosti a předpovědi pomocí příručky. Výsledky takového posuzování jsou určeny k použití jako vstupy pro rozhodování v časných etapách návrhu zařízení, jako je volba architektury systému, jakož i pro obchodní rozhodování, jako je odhad nákladů na záruky nebo záruk nákladů na údržbu. Tyto výsledky mohou být dále použity jako počáteční odhad vstupu například do analýzy bezpečnosti nebo do analýzy FTA. Moderní elektronické součástky a objekty jsou tak málo poruchové, že je odhadování a ověřování jejich bezporuchovosti zkoušením velmi obtížné a jediným způsobem získání počátečního odhadu bezporuchovosti jsou tudíž často data z provozu předchozích obdobných objektů. Metoda založená na datech o předchozích objektech se nazývá princip podobnosti. Tato metoda je moderní alternativou klasické, ale nyní již zastaralé předpovědi pomocí příručky.

NORMY PRO ODHADY HODNOT UKAZATELŮ A ANALÝZU SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 62309: 2005 (01 0695)	SPOLEHLIVOST PRODUKTŮ OBSAHUJÍCÍCH OPAKOVANĚ POUŽITÉ DÍLY – Požadavky na funkčnost a zkoušky	Většina dílů moderních produktů je vyrobena se střední dobou života mnohem delší, než uživatel potřebuje, takže jsou produkty a jejich díly likvidovány, přestože jsou stále ještě použitelné. Moderní produkty jsou méně poruchové a současně stále rychleji a více zastarávají. K řešení tohoto problému se zavádí norma, která utvrdí zákazníky a výrobce, že mohou mít **produkty vyrobené s použitím dílů, které již byly dříve použity, bez poklesu spolehlivosti**. Tyto díly musejí splňovat vysoká přejímací kritéria, aby mohly být kvalifikovány jako stejně dobré jako nové. Takový postup je přínosný jak pro výrobce, tak pro zákazníka.
ČSN EN 62402: 2009 (01 0697)	MANAGEMENT ZASTARÁVÁNÍ – Pokyn k použití	Všechny produkty, ať se jedná o investiční celky, infrastrukturu, zboží dlouhodobé spotřeby, spotřební výrobky či softwarové produkty, technicky či morálně zastarávají. Zastarávání má vliv na všechny etapy jejich života, je nevyhnutelné a nelze mu zabránit, ale předem promyšlené a pečlivé plánování může minimalizovat jeho dopad a potenciálně vysoké náklady na něj vynaložené. Cílem managementu zastarávání je zajistit, aby bylo zastarávání řízeno jako nedílná součást návrhu, vývoje, výroby a podpory v provozu za účelem minimalizace nákladů a škodlivého dopadu během celého životního cyklu výrobku. **Management zastarávání** je zásadně důležitý pro dosažení optimální nákladové efektivnosti během životního cyklu produktu. Účelem této normy je poskytnout návod pro plánování nákladově efektivního procesu managementu zastarávání, ve kterém se berou v úvahu základní faktory pro zajištění, že jsou uvažovány a použity v nákladech životního cyklu produktu. Tato norma byla zatím vydána pouze vyhlášením ve Věstníku ÚNMZ a je tudíž dostupná v ČNI pouze v anglické verzi jako IEC 62402:2007, ale v současné době se zpracovává do ČSN EN 62402, která vyjde začátkem roku 2009.
ČSN EN 62347: 2007 (01 0696)	NÁVOD PRO SPECIFIKACE SPOLEHLIVOSTI SYSTÉMŮ	V této normě je uveden **návod na vypracování specifikací spolehlivosti systémů**. Je v ní uveden proces hodnocení systému a postup stanovení požadavků na spolehlivost systémů. Proces vývoje specifikace systému představuje stanovení funkcí potřebných ke splnění specifického cíle. V normě je zdůrazněna důležitost uvádění spolehlivosti ve specifikaci systému pomocí funkcí. Pro provoz generického systému je popsán proces stanovení funkcí potřebných ke splnění cíle spolehlivosti systému. Pro provoz specifického systému je zaveden pojem provozní profil, aby se stanovily požadavky na funkce vykonávané v určitém prostředí, které se vztahuje k provozu specifického systému. Kroky postupu a procesy stanovení požadavků na spolehlivost systémů jsou uvedeny s použitelnými příklady.

NORMY PRO OVĚŘOVÁNÍ A ZJIŠŤOVÁNÍ HODNOT UKAZATELŮ SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN IEC 605-1: 1992	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 1: Všeobecné požadavky	Norma byla zrušena a je nahrazena normou ČSN IEC 60300-3-5:2002. (Viz NORMY PRO MANAGEMENT SPOLEHLIVOSTI.)
ČSN IEC 605-2: 1996 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 2: Návrh zkušebních cyklů	Norma poskytuje **obecný postup pro vypracování zkušebních cyklů**, pokud nemohou být v normách souboru ČSN IEC 605-3 nalezeny vhodné doporučené zkušební cykly. Zkušební cyklus se skládá z posloupnosti různých provozních podmínek (provozního namáhání) a podmínek prostředí (klimatického a mechanického namáhání) vycházejících ze skutečných podmínek při použití, stanovených například v příslušné specifikaci výrobku. Zkušební cyklus obsahuje též časové intervaly pro funkční zkoušky. Počet opakování zkušebního cyklu závisí na kumulované platné době zkoušky buď požadované vybraným plánem ověřovací zkoušky podle ČSN EN 61124, nebo vhodné pro určovací zkoušku podle ČSN IEC 605-4. Postup popsaný krok za krokem je určen pro libovolné specifické zařízení, které se má vyzkoušet, pokud se považuje za nezbytné věrně simulovat podmínky skutečného použití zařízení. V normě je též uveden pracovní příklad.
ČSN IEC 605-3-1: 1992 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 3-1: Doporučené zkušební podmínky – Přenosné zařízení pro vnitřní použití – Nízký stupeň simulace	Tato část normy obsahuje **doporučené zkušební podmínky** (cykly klimatického, mechanického a provozního namáhání) pro zkoušky bezporuchovosti zařízení. Hlavním účelem předkládaných doporučených zkušebních podmínek je zajistit, aby zařízení rozličného tvaru, konstrukce a funkce, avšak s podobným použitím, byla podrobena stejným zkušebním podmínkám. Použití standardizovaných podmínek též zlepšuje srovnatelnost výsledků zkoušek. Tato část normy ČSN IEC 605-3 obsahuje popis provozních podmínek pro **přenosná zařízení** s hmotností do 15 kg určená **k vnitřnímu použití**.
ČSN IEC 605-3-2: 1992 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 3-2: Doporučené zkušební podmínky. Zařízení pro stacionární použití na místech chráněných proti povětrnosti – Vysoký stupeň simulace	Tato část normy obsahuje **doporučené zkušební podmínky** při zkouškách bezporuchovosti **zařízení pro stacionární použití na místech chráněných proti povětrnosti** (v budovách) v klimatech popisovaných v ČSN IEC 721-2-1 jako „mírná“.
ČSN IEC 605-3-3: 1994 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 3-3: Doporučené zkušební podmínky – Zařízení pro stacionární použití na místech částečně chráněných proti povětrnosti – Nízký stupeň simulace	Tato část normy obsahuje **doporučené zkušební podmínky** při zkouškách bezporuchovosti **zařízení pro stacionární použití v mírných klimatech**.
ČSN IEC 605-3-4: 1994 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 3-4: Doporučené zkušební podmínky – Přenosná a nestacionární zařízení – Nízký stupeň simulace	Tato část normy obsahuje **doporučeně zkušební podmínky** při zkouškách bezporuchovosti **přenosných a nestacionárních zařízení** podle ČSN IEC 721-3-7.

ČSN IEC 605-3-5: 1997 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 3: Doporučené zkušební podmínky – Oddíl 5: Zkušební cyklus 5: Pozemní a pohyblivá zařízení – Nízký stupeň simulace	Tato část normy obsahuje **doporučené zkušební podmínky** při zkouškách bezporuchovosti **pozemních pohyblivých zařízení** napájených stejnosměrným proudem, která jsou při přepravě v provozu, například ve vozidle nebo na něm, ale nejsou součástí tohoto vozidla a nejsou navržena k tomu, aby byla ve vozidle trvale instalována. Tato zařízení budou vystavena typům venkovního klimatu z „široké“ skupiny podle ČSN IEC 721-2-1.
ČSN IEC 605-3-6: 1997 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 3: Doporučené zkušební podmínky – Oddíl 6: Zkušební cyklus 6: Přenosná zařízení pro vnější použití – Nízký stupeň simulace	Tato část normy obsahuje **doporučené zkušební podmínky** při zkouškách bezporuchovosti **přenosných zařízení pro vnější použití**, která jsou v provozu pouze ve stálé poloze **v mírných klimatech**.
ČSN IEC 60605-4:2002 (01 0644)	ZKOUŠENÍ BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 4: Statistické postupy pro exponenciální rozdělení – Bodové odhady, konfidenční intervaly, předpovědní intervaly a toleranční intervaly	V této normě jsou uvedeny **statistické metody** pro vyhodnocení **bodových odhadů, konfidenčních intervalů, předpovědních intervalů a tolerančních intervalů pro intenzitu poruch** objektů, jejichž doba do poruchy se řídí exponenciálním rozdělením. Tyto metody jsou základem pro vyhodnocování výsledků určovacích zkoušek bezporuchovosti prováděných za účelem odhadu hodnot ukazatelů bezporuchovosti.
ČSN IEC 60605-6:2009 (01 0644)	ZKOUŠENÍ BEZPORUCHOVOSTI ZAŘÍZENÍ – Část 6: Testy platnosti předpokladu konstantní intenzity poruch nebo konstantního parametru proudu poruch	V této normě jsou specifikovány **postupy pro ověření předpokladu konstantní intenzity poruch nebo konstantního parametru proudu poruch** a pro zjišťování tvaru závislostí intenzity poruch nebo parametru proudu poruch. Tyto postupy jsou použitelné, kdykoliv je nezbytné takové předpoklady ověřit, což může být nutné na základě požadavku nebo za účelem posouzení jakéhokoliv kolísání intenzity poruch nebo parametru proudu poruch v čase. Testy specifikované v této normě jsou určeny též k testování, zda nemají doby mezi poruchami jediného opravitelného objektu nějaký rostoucí nebo klesající trend. Tato norma se v současné době zpracovává (je v etapě prvního návrhu) a bude vydána v začátkem roku 2009. Zatím je platné předchozí vydání ČSN IEC 60605-6:1998.
ČSN IEC 1123: 1994 (01 0644)	ZKOUŠKY BEZPORUCHOVOSTI – Plány ověřovacích zkoušek pro podíl úspěšných pokusů	V této normě jsou specifikovány **postupy** použití a přípravy **plánů ověřovacích zkoušek pro podíl úspěšných pokusů** (bezporuchových stavů) nebo pro podíl poruch. Postupy jsou založeny na předpokladu, že je každý pokus statisticky nezávislý. Předpokládá se, že požadavky na bezporuchovost budou specifikovány jako přípustný podíl poruch nebo přípustný podíl úspěšných pokusů.

NORMY PRO OVĚŘOVÁNÍ A ZJIŠŤOVÁNÍ HODNOT UKAZATELŮ SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 61124: 2007 (01 0644)	ZKOUŠENÍ BEZPORUCHOVOSTI – Ověřovací zkoušky pro konstantní intenzitu poruch a konstantní parametr proudu poruch	V této normě jsou specifikovány **postupy zkoušení, zda je pozorovaná hodnota** intenzity poruch, parametru proudu poruch, střední doby do poruchy a střední doby provozu mezi poruchami **ve shodě s daným požadavkem**. Je v ní uvedena řada optimalizovaných zkušebních plánů, příslušných křivek operativních charakteristik a očekávaných dob zkoušky používaných při ověřovacích zkouškách bezporuchovosti. Norma je vhodná pro zkoušení bezporuchovosti v případech, kdy platí předpoklad konstantní intenzity poruch a/nebo konstantního parametru proudu poruch. Jsou popsány čtyři typy zkušebních plánů: plány zkrácených postupných zkoušek, plány zkoušek ukončených časem/poruchou, plány zkoušek ukončených pevným kalendářním časem bez nahrazování a kombinované zkušební plány. Tato norma nahrazuje normu ČSN EN 61124:1998.
ČSN IEC 1070: 1994 (01 0646)	POSTUPY OVĚŘOVACÍCH ZKOUŠEK pro součinitele ustálené pohotovosti	V normě jsou popsány metody zkoušení pohotovosti často udržovaných objektů, pokud se u nich používá jako ukazatel pohotovosti buď ustálená hodnota součinitele pohotovosti, nebo ustálená hodnota součinitele nepohotovosti. Je to **základní norma pro zkoušení pohotovosti zařízení**.
ČSN IEC 61649: 1999 (01 0653)	TESTY DOBRÉ SHODY – Konfidenční intervaly a dolní konfidenční meze pro data s Weibullovým rozdělením	V této normě jsou uvedeny numerické metody, které jsou doplňkem grafických metod při provádění **testů dobré shody pro doby do poruchy s Weibullovým rozdělením,** a jsou v ní uvedeny přibližné postupy získání konfidenčních intervalů pro parametry dvouparametrického Weibullova rozdělení, pokud jsou odhadnuty metodou maximální věrohodnosti. Kromě toho jsou v ní uvedeny doporučené postupy získání dolních konfidenčních mezí pro 10 %-ní kvantily technického života a pro pravděpodobnost bezporuchového provozu. Tato norma je použitelná, kdykoliv je náhodný výběr objektů podroben zkoušce pro zjištění dob do poruchy za účelem odhadování ukazatelů bezporuchovosti základního souboru, ze kterého byly tyto objekty vybrány.
ČSN IEC 61650: 1998 (01 0654)	TECHNIKY ANALÝZY DAT O BEZPORUCHOVOSTI – Postupy porovnání dvou konstantních intenzit poruch a dvou konstantních parametrů proudů poruch	V této normě jsou specifikovány p**ostupy pro porovnání dvou pozorovaných intenzit poruch, parametrů proudu poruch či intenzit/parametrů proudů** příslušných **událostí**. Postupy se používají k určení, zda může být domnělý rozdíl mezi dvěma soubory pozorování považován za statisticky významný. Předpokládá se, že časové intervaly do poruchy (události)/mezi poruchami (událostmi) jsou nezávislé a jsou shodně exponenciálně rozděleny během období pozorování. Dále se předpokládá, že existují technické nebo jiné důvody k domněnce, že mezi pozorovaným znakem bezporuchovosti dvou porovnávaných souborů výrobků může existovat rozdíl (zlepšení nebo zhoršení). Tyto postupy lze použít též na pozorování dvou řad jakýchkoliv platných událostí, pokud platí výše uvedené předpoklady.

NORMY PRO ZLEPŠOVÁNÍ UKAZATELŮ SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN IEC 1163-1: 1996 (01 0648)	TŘÍDĚNÍ NAMÁHÁNÍM PRO ZLEPŠENÍ BEZPORUCHOVOSTI – Část 1: Opravitelné objekty vyráběné v dávkách	V této normě jsou popsány zvláštní metody pro použití a optimalizaci procesů **třídění namáháním pro dávky opravitelných hardwarových sestav** v případech, kde mají sestavy nepřípustně nízkou bezporuchovost v období časných poruch a když nejsou použitelné jiné metody, jako jsou programy růstu bezporuchovosti a metody řízení kvality. Důvodem pro použití třídění namáháním může být časové omezení a/nebo samotná povaha nedostatků, pro jejichž zachycení je třídění namáháním navrženo. Tyto procesy se používají v libovolné etapě sériové výroby opravitelných sestav. Metody pro sestavení tohoto procesu se mohou použít během plánování výroby, při předvýrobní sérii nebo při ustálené výrobě. Norma IEC 1163-1:1995 zavedená v této normě byla revidována a byla vydána jako IEC 61163-1:2006, která by měla nahradit (zrušenou) normu ČSN EN 60300-3-7:2000, avšak byla zavedena do ČSN pouze vyhlášením ve Věstníku ÚNMZ jako ČSN EN 61163-1 a nebude zavedena překladem.
ČSN IEC 61163-2:1999 (01 0648)	TŘÍDĚNÍ NAMÁHÁNÍM PRO ZLEPŠENÍ BEZPORUCHOVOSTI – Část 2: Elektronické součástky	V této části normy ČSN IEC 61163 se poskytuje směrnice pro metody a postupy **třídění namáháním pro zlepšení bezporuchovosti elektronických součástek.** Tato norma je určena k použití pro výrobce součástek (jako směrnice), pro uživatele součástek (jako směrnice pro dohodnutí s výrobci součástek o požadavcích na třídění namáháním nebo pro plánování procesu třídění namáháním u uživatele kvůli požadavkům na bezporuchovost) a pro smluvní subdodavatele, kteří poskytují třídění namáháním jako službu. Neoficiální český překlad této normy má k dispozici Technická univerzita v Liberci.
ČSN EN 61014: 2004 (01 0645)	PROGRAMY RŮSTU BEZPORUCHOVOSTI	**Zlepšování bezporuchovosti pomocí programu jejího růstu** je zpravidla součástí celkové činnosti zajišťování bezporuchovosti při vývoji produktu. Tento program se zejména používá u nových nebo nevyzkoušených technik, součástí nebo u zařízení, jejichž významnou část tvoří software. Snížení pravděpodobnosti vzniku poruchy nalezením slabých míst návrhu při použití programu růstu bezporuchovosti je zásadně důležité k zabránění pozdějšího výskytu poruch při oficiálních zkouškách či při používání v provozu. Pozdější změny návrhu jsou často velmi obtížné, nákladné a časově náročné. Jestliže jsou nezbytné změny návrhu provedeny v co nejčasnější možné etapě, mohou být náklady životního cyklu sníženy na minimum.
ČSN EN 61164: 2005 (01 0647)	RŮST BEZPORUCHOVOSTI – Metody statistických testů a odhadů.	V této normě je popsán **mocninový model růstu bezporuchovosti** a návazný model pro projektování a je v ní uveden návod, jak tyto modely krok za krokem používat. Tato norma představuje metodický nástroj umožňující realizaci programů popsaných v ČSN EN 61014. Modely jsou založeny na datech o poruchách, která byla zjištěna v programu zlepšování bezporuchovosti, a týkají se **odhadování parametrů**, **konfidenčních intervalů** pro bezporuchovost produktu, **testů dobré shody** pro ověření oprávněnosti použití modelu a dalších **nástrojů** pro objektivní **sledování růstu bezporuchovosti**, ať kladného, nebo záporného.

NORMY PRO ZLEPŠOVÁNÍ UKAZATELŮ SPOLEHLIVOSTI		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN EN 62429: 2009 (01 0647)	RŮST BEZPORUCHOVOSTI – Zkoušení namáháním pro zjišťování časných poruch v jedinečných složitých systémech	V této normě je uveden **návod k růstu bezporuchovosti během** závěrečných zkoušek nebo přejímacích **zkoušek u jedinečných složitých systémů**. Poskytuje návod k podmínkám zrychlené zkoušky a kritéria pro ukončení těchto zkoušek. Tato norma se zabývá růstem bezporuchovosti opravitelných složitých systémů, které se skládají z hardwaru se zabudovaný softwarem. Je možné ji použít k popisu postupu při přejímacích zkouškách, při „záběhu“ a k zajištění toho, že pravděpodobnost bezporuchového provozu dodávaného systému není zhoršena chybami kódování, řemeslnými chybami nebo výrobními chybami. Normu je možné použít i v případě, kdy společnost chce optimalizovat dobu trvání zkoušek interní výroby prováděných během výroby prototypů, jednotlivých systémů nebo malých sérií. Norma se v současné době zpracovává a vyjde začátkem roku 2009.
ČSN IEC 61713: 2001 (01 0692)	ZAJIŠTĚNÍ SPOLEHLIVOSTI SOFTWARU POMOCÍ PROCESŮ JEHO ŽIVOTNÍHO CYKLU – Návod k použití	Tato norma obsahuje návod pro **provádění procesů životního cyklu softwaru** popsaných v ČSN ISO/IEC 12207, na kterou tato norma navazuje, za **účelem dosažení takového softwaru, který je bezporuchový a udržovatelný a má dobrou zajištěnost údržby**. Tento návod je určen pro podporu normy ČSN IEC 60300-3-6. Je určen nejen odborníkům na software a na spolehlivost, ale i manažerům projektu, odborníkům na jakost a jiným účastníkům projektu, kteří se podílejí na vývoji nebo na používání systémů nebo výrobků obsahujících software.

OSTATNÍ SOUVISÍCÍ NORMY		
IDENTIFIKACE	**NÁZEV**	**Stručná charakteristika**
ČSN 01 0611: 1984	SPOLEHLIVOST V TECHNICE – Pravidla pro stanovení bodových a intervalových odhadů ukazatelů spolehlivosti – Parametrické metody	V normě jsou popsány **parametrické metody pro odhad hodnot ukazatelů bezporuchovosti a životnosti** při dobách bezporuchového provozu podléhajících zákonům exponenciálního, normálního, logaritmicko normálního, Weibullova a gama rozdělení. V normě se používá pouze **metoda maximální věrohodnosti.** Může se používat pro obnovované i pro neobnovované objekty. V informačních přílohách jsou uvedeny základní používaná označení a příklady použití normy.

Metodika zjednodušeného intervalového odhadu parametru MTBF - ukazatele bezporuchovosti

Ing. Libor Obruča

1. Úvod

Rád bych vám ukázal několik základních orientačních výpočtů a odhadů, které souvisí se začátky řešení problematiky spolehlivosti. Předpokládám, že prozatím jste se, jako specialisté zajímající se doposud především o problémy související s realizací a vylepšováním systémů managementu kvality QMS, nemuseli starat o spolehlivostní vlastnosti těchto produktů.

S některými základními pojmy , které souvisí s problematikou nazývanou „spolehlivost produktu" a s jejich správnými interpretacemi byste se měli správně orientovat. Např. jedním z prvních pojmů, které souvisí se spolehlivostí produktu jsou, např. MTBF (možná někdy MTTF apod.), případně „potřebná spolehlivost musí být alespoň 99 %" apod. Ředitelé a manažeři tyto pojmy různě vnímají a používají, ale mnohdy mylně. Zároveň se omlouvám těm z vás, kteří jste v této věci znalí. Nicméně moje životní zkušenosti jsou, že i zopakování si některých informací, neuškodí.

Protože tato přednáška není kurzem spolehlivosti prosím, abyste řadu výrazů a pojmů, které budou použity, vzali pouze na vědomí, že existují.

2. Jak a proč orientačně zjišťovat jaké MTBF náš produkt vykazuje?

MTBF jsou i v našich krajích používané anglické zkratky **„Mean operating Time Between Failures"**, česky „Střední provozní doba mezi poruchami". Také je někdy uváděna zkratka MTTF („Mean Time To Failure") - „Střední doba do poruchy". Tyto detaily v této fázi informací o spolehlivosti nebudeme rozebírat.

MTBF je **parametrem ukazatele bezporuchovosti R(t)**, (**Reliability**). Tady vznikají první dvě nepřesnosti, kterých se většina dříve zmíněných pracovníků, zaměřených na kvalitu, dopouští.

Jsou to dva pojmy

a) MTBF a reliability

b) střední hodnota

Ad a) Jakmile se někde v textu objeví „**reliability**" je to signál, že jde o „spolehlivost". My bychom už teď měli vědět, že skutečně jde o spolehlivost, ale že jde jen o jeden z parametrů spolehlivosti, který se jmenuje - **bezporuchovost**". Ukazatelem je pravděpodobnost bezporuchového provozu R(t) za časový interval t hodin (nebo. např. počet zkušebních cyklů apod) v jehož vzorci /1/ je uvedený parametr MTBF.

$$R(t) = \exp^{-t/MTBF} \qquad .../1/$$

Pravděpodobnost vzniku poruchy **F(t)** za dobu t (nebo počet cyklů) je

$$F(t) = 1 - R(t) \qquad .../2/$$

Protože pravděpodobnost provozu do provozu nebo do vzniku poruchy je jev jistý, tj.

$$R(t) + F(t) = 1$$

V prvém přiblížení obvykle předpokládáme, že vznikající poruchy lze modelovat tzv. **exponenciálním rozdělením** pravděpodobnosti časových okamžiků vzniků jednotlivých poruch. Viz rovnici /1/.

Tento předpoklad bývá většinou splněn u elektronických produktů provozovaných po odeznění období výskytu tzv. časných poruch (early mortality failures).

U neelektrických produktů je pro prvé přiblížení **exponenciální zákon** (jak se exponenciálnímu přiblížení také říká) rovněž přijatelný, pokud jde o povozní období mimo doby tzv. „záběhu" nebo časových úseků sledování, kdy se už začíná projevovat opotřebení, resp. stárnutí produktu.

Předpoklad možnosti modelování vznikající poruchy exponenciálním zákonem (resp. o konstantní hodnotě MTBF), musí být ověřován testy tzv. „dobré shody" - např. ČSN IEC 60605-6:1998 (01 0644) Zkoušení bezporuchovosti zařízení – Část 6: Testy platnosti předpokladu konstantní intenzity poruch nebo konstantního parametru proudu poruch. Tyto testy je ovšem možné provést jen s datovými soubory, které obsahují časové záznamy okamžiků vznikajících poruch (což musí být splněno, např. v případech zkoušek spolehlivosti). Nové pojmy, které s MTBF a R(t) souvisí, jako např.

intenzita poruch λ souvisí s MTBF jednoduchým vztahem /2/. Tento vztah platí **jen** pro platnost exponenciálního rozdělení poruch.

$$\lambda = 1/\,MTBF = konst. \qquad .../3/$$

Pro zvídavé odkazuji na normu ČSN EN 61703:2002 (01 0607) Matematické výrazy pro ukazatele bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby.

Ad b) Podobně střední hodnotu si každý představí např. jako aritmetický průměr. Matematická statistika má ještě určité podmínky, které souvisí s tím, jedná-li se o tzv.. „základní (úplný) soubor dat" nebo „jen" o tzv. „výběrový soubor" což je nejčastější praktický případ se kterým se budete nejspíš setkávat. Protože MTBF je střední provozní dobou mezi poruchami očekávají mnozí, že za tuto dobu (nebo např. počet zkušebních cyklů) nemůže dojít k poruše. Zapomínají na to, že vznik poruchy je věc náhodná a tedy je z oblasti matematické statistiky a teorie i praxe spolehlivosti. MTBF je **parametrem ukazatele bezporuchovosti R(t).** Důsledky této skutečnosti jsou uvedeny v následující tabulce. Doporučuji si je vždy uvědomovat.

Zapamatujme si, že

A) pravděpodobnost bezporuchového provozu za dobu (resp. počet cyklů) odpovídajících hodnotě parametru ukazatele **t = MTBF,** je

$$R(t) = 0{,}37, \text{ tj. } 37\%;$$

Tím můžeme vypočítat pravděpodobnost, že za tuto dobu (počet cyklů) vznikne porucha

$$F(t) = 1 - R(t) = 0{,}63, \text{ tj. } 63\%.$$

B) pravděpodobnost bezporuchového provozu odpovídající jedné desetině parametru ukazatele MTBF, tj. **t = 0,1 MTBF je**

$$R(t) = 0{,}90, \text{ tj. } 90\%;.'$$

pravděpodobnost, že za tuto dobu (počet cyklů) vznikne porucha je

$$F(t) = 1 - R(t) = 0{,}10, \text{ tj. } 10\%.$$

C) pravděpodobnost bezporuchového provozu odpovídající jedné setině parametru ukazatele MTBF, tj. **t = 0,01 MTBF** je

$$R(t) = 0{,}99, \text{ tj. } 99\%;.'$$

D) pravděpodobnost, že za tuto dobu (počet cyklů) vznikne porucha je

$$F(t) = 1 - R(t) = 0{,}01, \text{ tj. } 1\%.$$

Z informací uvedených v tabulce Tab. 1 vidíme, že jako obvykle, všechno je trochu jinak, že s interpretaci střední hodnoty je dobré si uvědomit, „jak a kdy".

Proč bychom uvedené informace měli znát jsou dány skutečností, že bychom měli z počátku alespoň orientačně vědět, jaké ukazatele bezporuchovosti náš produkt může dosahovat a co to znamená pro jeho provozuschopnost, a abychom mohli např. posoudit jakou máme šanci splnit požadavky našeho zákazníka.,Případně jak nereálné požadavky po nás (resp. pro nás) zákazník požaduje apod. Protože mají být provedeny zkoušky spolehlivosti a to nejčastěji zkoušky bezporuchovosti. Přitom i jen orientační znalost ukazatelů bezporuchovosti podstatně zkrátí nutnou délku tzv. ověřovací zkoušky bezporuchovosti Je ekonomicky mnohem úspornější provádět tzv. ověřovací zkoušky bezporuchovosti [ČSN EN 61124:2007 (01 0644) Zkoušení bezporuchovosti - Ověřovací zkoušky pro konstantní intenzitu poruch a konstantní parametr proudu poruch], známe-li, byť i jen alespoň trochu věrohodné orientační odhady MTBF a tím i související ekonomické náklady.

3. Základem všeho jsou informace

(nezkreslené politickým a konkurenčním lobbingem)

Základem pro možnost provádění odhadů parametrů MTBF a dalších je dostupnost potřebných dat vypovídajících o poruchovosti produktů, které chceme vyhodnotit. Data nejen z nové produkce, ale i z předchozí produkce, z jejich zkoušek a provozů, případně z obdobných produktů jiných producentů. Přitom stačilo respektovat a ukázněně plnit doporučení a požadavky systémů managementu kvality (QMS) týkající se sledovatelnosti procesů.

Toto je klíčovým problémem realizace systému managementu spolehlivosti (DMS), který je prostředkem pro zajištění oné potřebné přidané hodnoty k perfektní jakosti (kvalitě) příslušných produktů, realizovaných QMS zásadami.

Základní snahou by mělo být, kromě získávání dat z provozů a používání produktů, zlepšování kvality úplnosti dat. K tomu jediné efektivní cesty vedou přes tzv. metody objektivizace a automatizace dat z provozů a používání produktů. Kromě obvyklých provozních deníků a záznamů s manuálními záznamy využívat např. záznamy do „černých skříněk" (viz letectví), akustické záznamy, video a foto záznamy (např. z kontrol a zkoušení), snímání dat z procesů, včetně zkoušek snímačem „čárového" kódu atp.

Mluvíme-li o datech a jejich vyhodnocování dostáváme se do oblasti statistiky. U mnohých pracovníků velmi oblíbenou to disciplínou. V oblasti teorie aplikace spolehlivosti, která vyžaduje, abyste o ní alespoň něco věděli.

Mít k dispozici potřebná data, třeba „jen" celkovou dobu používání provozovaných produktů nebo produktů podrobovaných např. typovým zkouškám nebo zkouškám vytrvalosti, resp. životnosti, ale i standardním funkčním zkouškám při výstupních kontrolách. Dále záznamy o počtech a druzích vzniklých poruch. Nejcennější je dostupnost k provozním záznamům, případně záznamů z prováděné servisní údržby. V prvém přiblížení zdaleka nebudete asi mít data požadovaná při zkouškách spolehlivosti, nejčastěji bezporuchovosti. Viz doporučení požadovaná, např. normou ČSN EN 60300-3-2 Management spolehlivosti - Část 3-2: Pokyn k použití - Sběr dat o spolehlivosti z provozu.

V prvém přiblížení musí být data pokud možno alespoň z homogenních souborů sledovaných produktů (tj. stejný typ produktu, přibližně stejné podmínky provozu, záznamy o vzniklých poruchách, v prvém přiblížení bez nároků na časové okamžiky vzniku těchto událostí. atp.).

4. Intervalový odhad MTBF parametru bezporuchovosti R(t)

Při opakovaných pokusech do doby **t** (nebo počtu zkušebních cyklů) obecně vznikne různý počet poruch **r**. Bodové odhady se budou vyskytovat v určitém rozmezí (viz dále rovnici /9/) a s určitou pravděpodobností (konfidencí) tyto meze (dolní a horní), nepřekročí. Tato pravděpodobnost je tzv. **konfidenční úroveň,** zkráceně „**konfidence**", označená **c**. Tuto pravděpodobnost (konfidenci) můžeme předem zvolit. Např. 90% konfidence znamená, že v příslušných odpovídajících mezích bude soustředěno 90 % výsledků (bodových odhadů) a jen 10 % se vyskytne vně těchto mezí. Výsledkem je tzv. **intervalový odhad MTBF**.

V normě ČSN IEC 60605-4:2002 [11]. jsou, mj. také vzorce pro intervalové odhady parametru MTBF s danou konfidencí, které jsem vám uvedl. Kvantily výběrové funkce „Chí-kvadrát" (χ^2) jsou v normě uvedeny v tabulce D1. Toto manuální vyhledávání kvantilů v tabulce bývá jednak často zdrojem chyb, jednak je zdlouhavé. Proto vám nabízím vyčíslování této funkce automatizovaným způsobem s použitím tabulkového procesoru v Excelu. Získání hodnot intervalových odhadů MTBF to zrychluje a dovoluje bezchybně simulovat vliv změn při různě zvolených počátečních hodnotách kumulovaného času t (nebo zkušebních cyklů) a počtu poruch r a zvolené konfidence c, na výsledný odhad.

Pro odhady **dolní jednostranné 90 % konfidenční meze** parametru ukazatele bezporuchovosti $MTBF_{D\,90\%}$ existuje např. následující vzorec /7/

---

11 ČSN IEC 60605-4:2002 (01 0644) „Zkoušení bezporuchovosti zařízení - část 4: Statistické postupy pro exponenciální rozdělení - Bodové odhady, konfidenční intervaly, předpovědní intervaly a toleranční intervaly"

$$m_{PE} > MTBF_{D190\%} = \ldots \frac{2.t}{\chi^2_{\alpha}(2r+2)} \ldots \qquad \ldots /7/$$

t ... je kumulovaná (souhrnná) doba zkoušky nebo např. provedených zkušebních cyklů sledovaného provozu

c ... požadovaná konfidenční mez (pravděpodobnost), např. tzv. 90%, tj. je c= 0,9

α ... je tzv. statistická úroveň významnosti; platí α **= 1- c**

r ... počet poruch vzniklých ve sledované kumulované době t

Pro výpočet kvantilů hodnoty statistické výběrové funkce „Chí kvadrát" označené (χ^2), použijeme tabulkový procesor Excel ve funkcích "statistiky".

Kvantilly rozdělení se v Excelu označují

CHÍINV(Prst; volnost),

kde

Prst = 1 - c = α tzv. úroveň významnosti - viz pozn. *)

a doplňují se do vzorců /7/, /8/, /9/, podle toho, který odhad provádíme.

volnost tzv. počet stupňů volnosti,

např. podle vzorce /7/, volnost = 2r+2.

Poznámka:

*) Při použití tabulkového procesoru Excel pro výpočet kvantilů funkce „CHÍINV dosazujte za Prst hodnoty podle vzorců /7/ až /9/. Excel počítá s tzv. „kritickými hodnotami".

Pokud v průběhu zkoušky nevznikne žádná porucha (r = 0) lze odhadnout jenom dolní mez hledané náhodné veličiny (zde MTBF) a ve vzorci /7/ se změní argument (počet stupňů volnosti) funkce „Chí kvadrát" na hodnotu 2. Viz vzorec /8/.

$$\chi^2_{\alpha}(2) \qquad \ldots /8/$$

Pro **odhady dvoustranného intervalu** použijeme při r > 0 vzorec /9/ a /10/.

$$MTBF_{D2;90\%} = \frac{2.t}{\chi^2_{\alpha/2}(2r+2)} < m_{PE} < \frac{2.t}{\chi^2_{1-\alpha/2}(2r)} = MTBF_{H2;90\%} \quad \ldots /9/$$

kde $MTBF_{PE} = m_{PE}$ je střední hodnota parametru MTBF ukazatele bezporuchovosti.

Např. při pokusu (zkoušce) provedením **t** zkušebních cyklů při nichž dojde k **r** > 0 poruchám zjistíme tzv. **bodový odhad** (PE Point Estimate) hledaného parametru ukazatele bezporuchovosti. Ve statistice bylo odvozeno, že nejlepším odhadem střední hodnoty (základního souboru dat) náhodné veličiny pro počet vzniklých poruch r > 0 je její **výběrový aritmetický průměr** - viz vzorec /10/.

$$x_{PE} = \bar{x} = \Sigma t_i / \Sigma r_j = t/r = MTBF_{PE} = m_{PE} \qquad \ldots /10/$$

Za definovaných podmínek provozu v závislosti na technologii a technickém postupu zkoušení produktů je možné počty dílčích časových intervalů nebo provedených cyklů v jednotlivých pokusech (zkouškách, provozech) kumulovat. Výsledný odhad bezporuchovosti je pak možné provést s touto kumulovanou hodnotou nejen počtu vzniklých poruch (r), ale i celkové doby provedené zkoušky nebo např. provedených zkušebních cyklů.

Nezanedbatelným důvodem proč provádíme intervalové odhady je ta skutečnost, že nevznikne-li porucha, neumíme vypočítat bodový odhad, tj. aritmetický průměr $MTBF_{PE}$.

V citované normě ČSN IEC 60605-4:2002 je uvedena řada dalších metod odhadů ukazatelů bezporuchovosti, kterou je možno aplikovat, podle konkrétních výchozích materiálů z prováděného sběru dat o spolehlivosti provozů (používání) sledovaných produktů.

Provedením odhadu intervalových odhadů parametru ukazatele bezporuchovosti MTBF můžeme vypočítávat intervalové odhady pravděpodobnosti bezporuchového provozu zkoušeného objek-

tu, resp. pravděpodobnost vzniku poruchy ve zvoleném časovém intervalu (resp. počtech cyklů), postupným dosazováním vypočtených mezí parametru MTBF.

V prvém přiblížení k řešení problému předpokládáme, že vznik poruch ve sledovaném objektu má tzv. exponenciální rozdělení těchto náhodně vznikajících poruch v čase (resp. v provedených počtech cyklů). To je v praxi splněno s dostatečnou věrohodností u elektronických zařízení. Ty teoreticky nepodléhají opotřebení a jsou v ustáleném provozním stavu (ne v tzv. období časných poruch). Nicméně i u většiny ostatních zařízení s málo četnými výskyty poruch lze aproximaci vznikajících poruch v prvním přiblížení provést exponenciálním rozdělením.

Při podrobnějších a přesnějších odhadech je nutné prověřit do jaké míry byly předpoklady provedené při prvém přiblížení oprávněné – např. pomocí tzv. „testu dobré shody", ale to musí být k dispozici dostatečný počet odpovídajících záznamů z provozu (zkoušek) objektů a zejména je nutné, abychom měli k dispozici údaje o časech kdy jednotlivé poruchy vznikly a další podrobnosti. Použít normu ČSN IEC 60605-6:1998 (01 0644) Zkoušení bezporuchovosti zařízení – Část 6: Testy platnosti předpokladu konstantní intenzity poruch nebo konstantního parametru proudu poruch - obvykle je třeba., aby z počátku u zkouškydohlížel pracovník specializující se na problematiku spolehlivosti.

5. Závěr

Velmi důležitou etapou zabezpečování požadavků na spolehlivost produktu je etapa známá z QMS z generické normy ČSN EN ISO 9001"2001 v § 7.2.2., jako „přezkoumání požadavků na produkt" na jeho zadání a následné požadavky na návrh a vývoj § 7.3

Ke specifikování požadavků produktu na spolehlivost slouží evropská norma zavedená od roku 2007. Je to norma **ČSN EN 60300-3-4:2008 (01 0644)** Management spolehlivosti – Část 3-4: Návod k použití – Pokyn ke specifikaci požadavků na spolehlivost, která bude v češtině k dispozici údajně cca koncem roku 2008 nebo začátkem 2009.

Při znalosti uvedených souvislostí a výsledků provedených odhadů můžeme např. včas rozpoznat, jak asi je kvalifikovaný požadavek zákazníka na spolehlivost našeho výrobku a případně si vyjasnit jeho zadání.

Kvalifikovaný zákazník bude vědět, že jím požadovaný systém nemusí být vytvořen jenom, jako „seriový" poruchový model [viz např. normu ČSN EN 61078:2006 ed. 2 (01 0677) Techniky analýzy spolehlivosti - Blokový diagram bezporuchovosti a booleovské metody] Jinak ho třeba odkázat na kosmickou agenturu NASA a nebo lépe seriozně si vysvětlit co je možné realizovat, co ne a jak to řešit, do kdy a za kolik. Při řešení spolehlivostních problémů není „pánem" jenom zákazník, ale často musí být spolupracujícím partnerem producenta a návrháře systému i jeho komponent aby se, např. požadované bezpečnostní riziko, dalo vůbec „ošetřit". K vydání překladem je novela normy ČSN IEC300-3-9:1997 Analýza rizik technologických systémů, jejíž dokončovaný originál se jmenuje IEC 31010 Ed.1.0 Risk Management-RISK Assessment Techniques, ve které jsou stručně zmíněny obvykle používané analýzy spolehlivosti daného produktu.

Ve dvou přílohách k této přednášce P1 a P2 jsou dva soubory v Excelu, které si můžete podle toho doma (za domácí cvičení) v Excelu naprogramovat podle vzorců /7/ až /10/ a realizovat si malou automatizaci výpočtů řešených vzorců, simulovat si tím jaké výsledky můžete očekávat, případně jaké rozptyl výsledků dosahujete. Odhady jsou podle volitelných změn vstupních parametrů (např. délky sledovaného intervalu t a počtu poruch r vzniklých v tomto časovém intervalu). Případně k provedení intervalových odhadů MTBF s konkrétními daty, které máte u vás k dispozici.

Přílohy:

Příloha P1 - Intervalové odhady MTBF s 90% konfidencí v Excelu

V této příloze jsou vzorce z této přednášky určené pro intervalové odhady MTBF (viz pro intervalové odhady /7/ až /9/ (v příloze P1 vzorce /1/, /3/, /4/) a pro výpočet výběrového aritmetického průměru /8/. Pro úplnost je doplněn i vzorec pro horní mez jednostranného odhadu (viz /2/ v příloze P1).

Příloha P2 - Odhad potřebné délky sledování (zkoušky)

Tato příloha ukazuje jednu z možností jak využít vzorce pro odhad MTBF, pro zjištění potřebné kumulované doby **t** pro různé zvolené počty poruch r, a přípustnou dolní mez $MTBF_{D1;c}$.

Vzorce umožňující použít tabulkový procesor v Excelu ve statistických funkcích. Kvantily Chí-kvadrát vypočítávané pod symbolem CHIINV(Prst; volnost)

Odhady provedené podle **mnou** používaných vzorců

Dolní "D" jednostranný intervalový odhad MTBF = m pro konfidenci c = 1-α

$$m_{D1;c} = \frac{2t}{\chi^2_{\alpha}(2r+2)} \quad /1/$$

Horní "H" jednostranný ...

$$m_{H1;c} = \frac{2t}{\chi^2_{1-\alpha}(2r)} \quad /2/$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
7	c	0,90	*)		konfidenční pravděpodobnost					c	0,90	
8	α = 1 - c	0,10	*)		tzv. statistická úroveň významnosti					α = 1 - c	0,10	
9	t	10 000,00	*)		kumulovaný počet hodin (cyklů apod.) zkoušky					t	10 000,00	
10	r	1,00	*)		(provozu) počet vzniklých poruch v průběhu doby t					r	1,00	
11	Prst α	0,10	Vzorec /1/		*) na tato políčka je v programu proveden tzv.					Prst=1-α	0,90	
12	volnost=2r+2	4,00	Vzorec /1/		"absolutní odkaz" jestliže, **např. pro hodnotu c**					volnost= 2r	2,00	
13	CHIINV	7,78	Vzorec /1/		je v polích B22, J7, H22 zapsáno =B7 a pak stisk.					CHIINV	0,21	
14	$m_{D1;c}$	2 570,88	**2 600**		klávesa F4. Objeví se v těchto polích =§B§, pak se					$m_{H1;c}$	94912,22	**94 900**
15	m_{PE} = t/r	10 000,00	**10 000**		ve všech vzorcích uplatní hodnota **c** zapsaná					m_{PE} = t/r	10000,00	**10 000**
16					v okrovém poli B7.							

Dvoustranný intervalový odhad MTBF = m pro konfidenci c = 1-α

Odhad dolní meze

$$m_{D2;c} = \frac{2t}{\chi^2_{\alpha/2}(2r+2)} \quad /3/$$

Odhad horní meze

$$m_{H2;c} = \frac{2t}{\chi^2_{1-\alpha/2}(2r)} \quad /4/$$

22	c	0,90		c	0,90	
23	α = 1 - c	0,10		α = 1 - c	0,10	
24	t	10 000,00		t	10 000,00	
25	r	1,00		r	1,00	
26	Prst=α/2	0,05	Vzorec /3/	Prst=1-α/2	0,95	Vzorec /4/
27	volnost=2r+2	4,00	Vzorec /3/	volnost= 2r	4,00	Vzorec /4/
28	CHIINV	9,49	Vzorec /3/	CHIINV	0,71	Vzorec /4/
29	$m_{D2;c}$	2 107,99	**2 150**	$m_{H2;c}$	28 140,36	**28 100**
30	m_{PE} = t/r	10 000,00	**10 000**	m_{PE} = t/r	10 000,00	**10 000**

Pozn.: Tónovaně zabarvená políčka (žlutá) jsou pro volitelné parametry. V polích B7, B9, B10 lze tvolit vstupní hodnoty pro odhady.
a ty jsou použity ve všech zde uvedených vzorcích tónovaných bledě zeleně.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	**Vzorce pro intervalové odhady použíté pro odhad minimální doby t (resp. počtu zkušebních cyklů apod.)**												
2	Pro odhad použijeme následující výchozí parametry												
3	**počet poruch**		**r**	0,00									
4	konfidenční úroveň		c	0,90									
5	úroveň významnosti		α = 1- c	0,10									
6	Prst			0,10									
7	volnost			2,00									
8	CHÍINV(Prst; volnost)			4,6052									
9	Dolní přípustná mez $m_{D1;c}$			100 000,00	100 000								
10	Bodový odhad		m_{PE}	#DIV/0!	#DIV/0!								
11	Nutná min. délka zkouš $t_{D1;c}$			230 258,51	230 260	se 100c% pravděpodobností							
12													
13													
14	**Počet poruch**		**r**	1,00						;			
15	Prst			0,10									
16	volnost			4,00									
17	CHÍINV(Prst; volnost)			7,7794									
18	Dolní přípustná mez $m_{D1;c}$			100 000,00	100 000								
19	Bodový odhad		m_{PE}	388 972,02	389 000								
20	Nutná min. délka zkoušky $t_{D1;c}$			388 972,02	388 980	se 100c% pravděpodobností, tj. pro kofidenci c=0,9, s 90% pravděpodobností.							
21	Ze vzorce vyplývá, že pořebná, minimální doba pro zkoušení je závislá zejména na hodnotě přípustné dolní meze $m_{D;c}$, kterou musíme ověřit												
22	a na počtu vzniklých poruch r.												
23	Pro potřebný odhad dolní meze jednostranného intervalu $MTBF_{D1,c} = m_{D1,c}$ vyjdeme ze vzorce /1/ na listu 1. .												
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													

$$t_{D;1;c} \geq \frac{m_{D;c}\,\chi^{2}_{\alpha}(2r+2)}{2}$$ /1L3/

ISBN 978-80-02-02104-9
Bez spolehlivosti není jakosti (sborník přednášek),
Kolektiv autorů, rok vydání: 2008, 1. vydání, druh vazby: brožovaná