

ČESKÁ SPOLEČNOST PRO JAKOST

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

Zajištění údržby v systému managementu spolehlivosti



**Materiály z 36. setkání
odborné skupiny pro spolehlivost**

Praha, září 2009



OBSAH:

Zajištěnost údržby zvyšuje provozní spolehlivost výrobního zařízení Prof. Ing. Václav Legát, DrSc.	1
Počítačová podpora umožňuje měřit účinnost a efektivnost zajištěnosti údržby Vladimír Jurča	18
Analýza poškození strojních součástí Prof. Ing. Josef Pošta, CSc.	48

Zajištěnost údržby zvyšuje provozní spolehlivost výrobního zařízení

prof. Ing. Václav LEGÁT, DrSc.

Technická fakulta
Česká zemědělská univerzita v Praze
legat@tf.czu.cz



TECHNICKÁ FAKULTA

Seminář: Zajištěnost údržby v systému managementu spolehlivosti
24. září 2009

1. Úvod

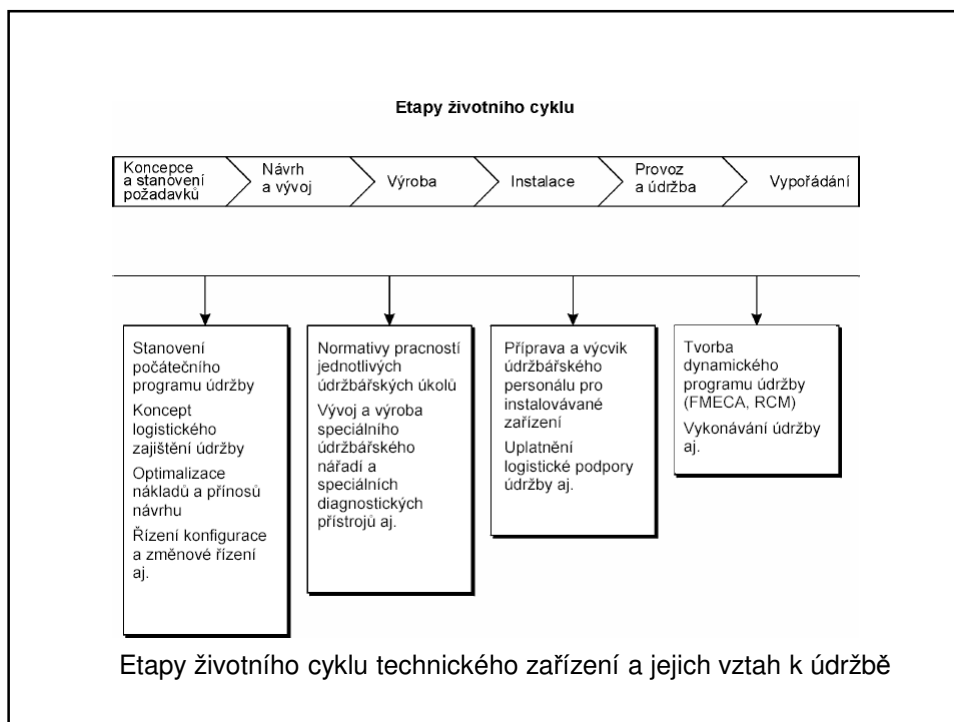
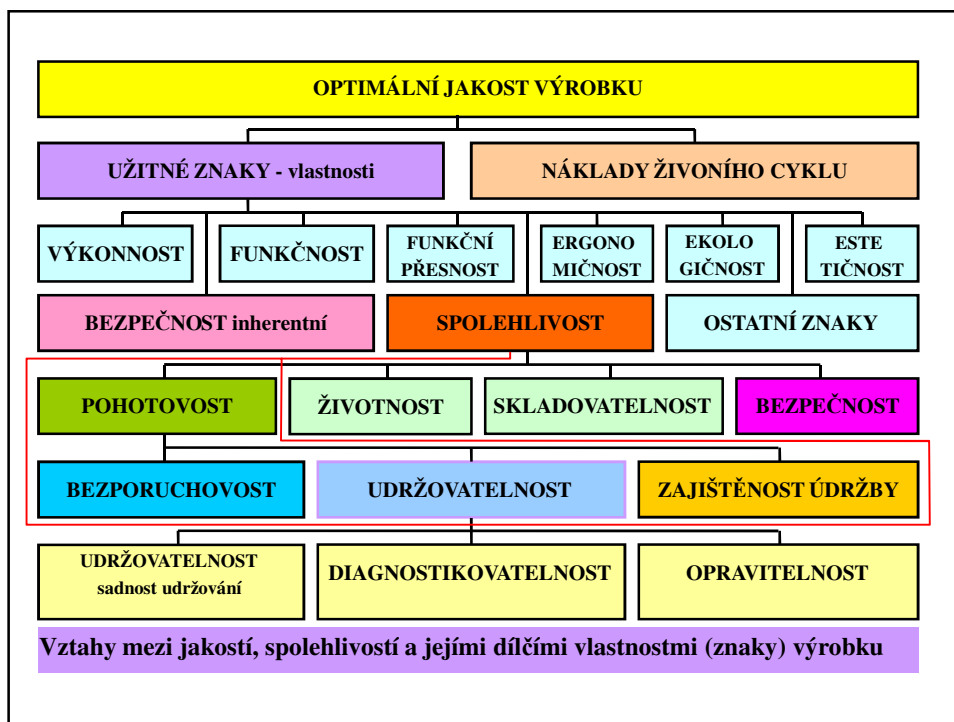
- Spolehlivost a zajištěnost údržby
- Co je zajištěnost údržby
- Vybrané ukazatele provozní spolehlivosti výrobního zařízení ve vztahu k údržbě
- Údržbářská opatření ovlivňující provozní spolehlivost

Cíl: Ukázat možnosti údržby pro zvyšování provozní spolehlivosti výrobních zařízení

2. Spolehlivost a zajištěnost údržby

- Spolehlivost zasahuje do všech etap životního cyklu produktu.
- Rozhodující etapa pro realizaci užitné hodnoty produktu je etapa provozu.
- Vedle pořizovací ceny produktu vstupují do nákladů životního cyklu výrazným způsobem náklady na provoz a údržbu.

- **SPOLEHLIVOST** je souhrnný termín používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují: bezporuchovost, udržovatelnost a zajištěnost údržby (IEC 50(191)).
- **ZAJIŠTĚNOST ÚDRŽBY** je schopnost organizace poskytující údržbářské služby zajišťovat podle požadavků v daných podmínkách prostředky potřebné pro údržbu podle dané koncepce údržby (IEC 50(191)).



3. Co je zajištěnost údržby?



Supportability (of an item) (zajištěnost objektu)

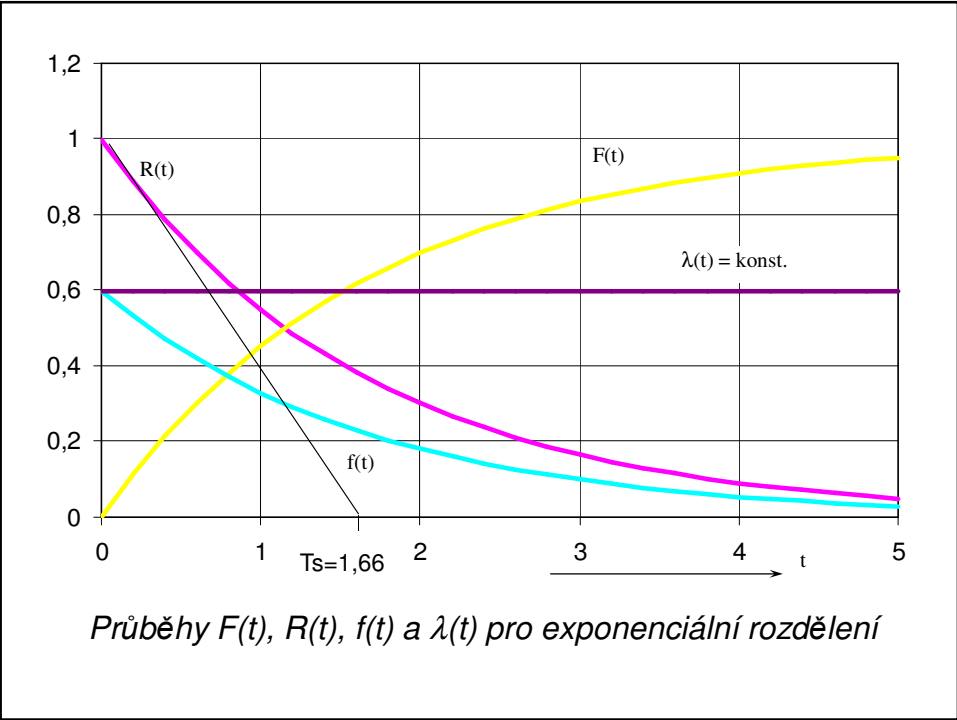
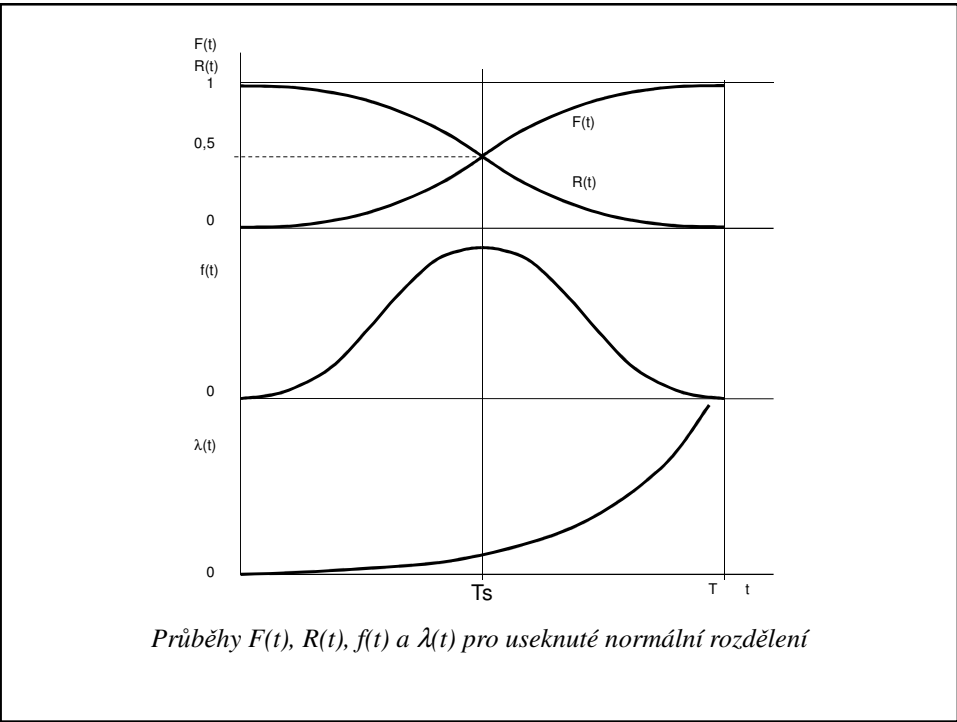
- Degree to which the design characteristics and planned logistic and maintenance resources meet the operational requirements.
- Stupeň, v jakém konstrukční charakteristiky a plánované logistické a údržbářské zdroje dosahují provozní požadavky.
- NOTE: Supportability results from the inherent maintainability of the item, combined with factors external to the item that the relative ease of providing the required maintenance support.
- Poznámka: Zajištěnost objektu je výsledkem inherentní udržitelnosti objektu kombinované s externími faktory vůči objektu, které ovlivňují relativní snadnost zajištění (zajišťování) údržby.

4. Vybrané ukazatele spolehlivosti výrobního zařízení ve vztahu k údržbě

- Inherentní a provozní spolehlivost
- Ukazatele spolehlivosti jako indikátory výkonnosti a účinnosti údržby
- Ukazatele spolehlivosti neopravovaných, ale pouze vyměňovaných objektů
- Ukazatele spolehlivosti opravitelných a opravovaných objektů

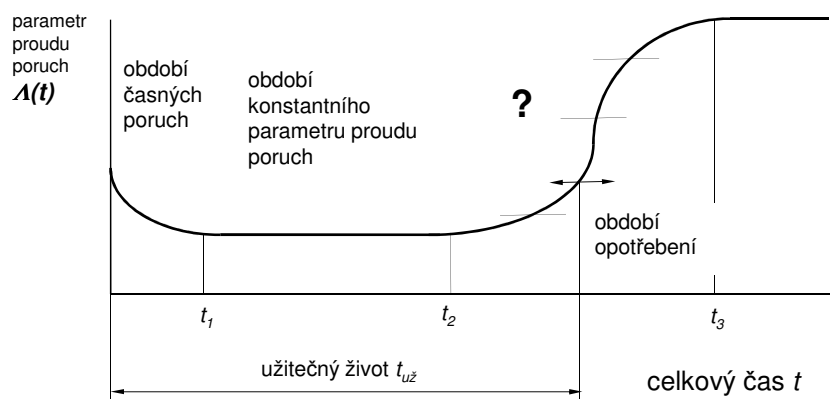
Ukazatele spolehlivosti neopravovaných, ale pouze vyměňovaných objektů, které lze použít pro hodnocení účinnosti údržby

- Střední doba provozu do poruchy (střední život objektu) **MTTF**
- Hustota doby provozu do poruchy **$f(t)$**
- Pravděpodobnost poruchy **$F(t)$**
- Pravděpodobnost bezporuchového provozu **$R(t)$**
- Intenzita poruch **$\lambda(t)$**
- Gama procentní život **ty**

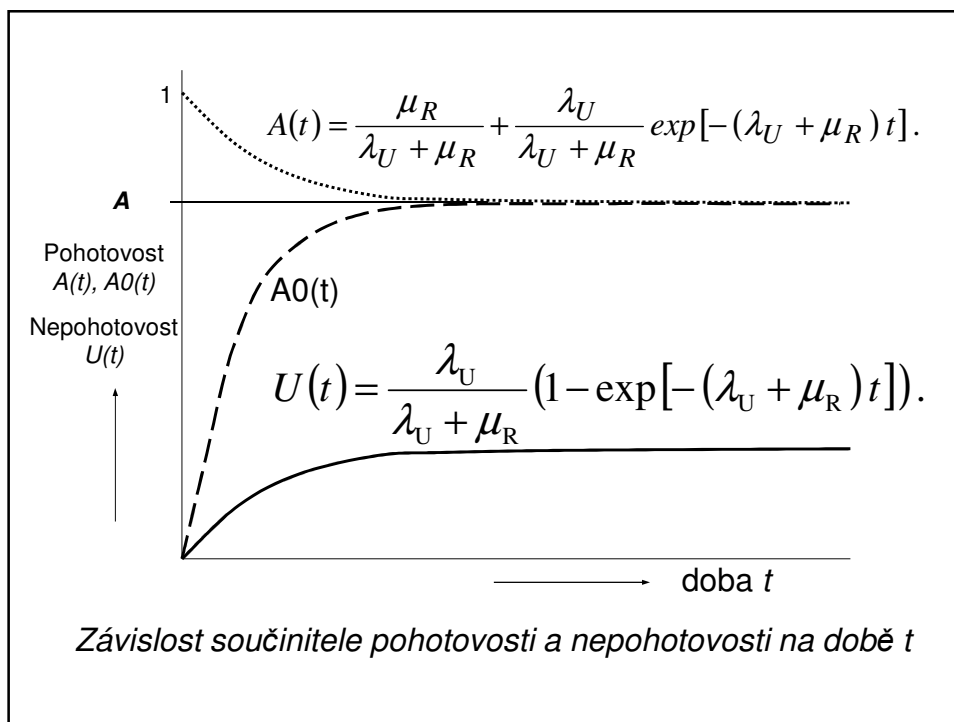


Ukazatele spolehlivosti opravovaných objektů, které lze použít pro hodnocení účinnosti údržby

- Střední doba provozu mezi poruchami **MTBF**
- Střední doba opravy **MTTR**
- Parametr proudu poruch $\lambda(t)$
- Součinitel ustálené pohotovosti **A**
- Celková efektivita zařízení **CEZ (OEE)**



Grafické zobrazení období časných poruch, období konstantního parametru proudu poruch, období opotřebení a užitečného života (? – kde končí užitečný život); parametr proudu poruch je typická funkce bezporuchovosti opravovaného objektu



Součinitel ustálené pohotovosti

$$A = \frac{MUT}{MUT + MDT}$$

MUT – střední doba použitelného stavu

MDT – střední doba nepoužitelného stavu

$$A_1 = \frac{MUT}{MUT + MAMT}$$

MUT – střední doba použitelného stavu

MAMT – střední doba aktivní údržby (údržba po poruše a preventivní údržba bez logistických a administrativních zpoždění a nezjištěného poruchového stavu)

$$A_2 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

MTBF – střední doba provozu mezi poruchami

MTTR – střední doba obnovy (obsahuje střední dobu údržby po poruše + dobu nezjištěného poruchového stavu a administrativního zpoždění)

$$A_3 = \frac{MTBF}{MTBF + MCMT}$$

MTBF - střední doba provozu mezi poruchami

MCMT – střední doba údržby po poruše (obsahuje střední dobu aktivní údržby po poruše + logistické zpoždění)

$$A_4 = \frac{MTBF}{MTBF + MACMT}$$

MTBF - střední doba provozu mezi poruchami

MACMT – střední doba aktivní údržby po poruše (započítávají se doby technického zpoždění, lokalizace porouchané části, aktivní opravy a kontroly, nezapočítává se logistické zpoždění)

$$A_5 = \frac{MTBF}{MTBF + MRT}$$

MTBF - střední doba provozu mezi poruchami

MRT – střední doba opravy (započítávají se pouze doby lokalizace porouchané části, aktivní opravy a kontroly)

Doba použitelného stavu τ_{is} ; MUT				Doba nepoužitelného stavu MDT ; MADT		
Doba využitého (obsazeného) stavu t_{vs} Doba provozu MTTF MTBF	Doba nevyužitého stavu; nevyužitá doba t_{nvs}	Doba pohotovostního stavu t_{pst}	Doba nepožadované funkce t_{nff}	Doba provozuneschopného stavu z vnějších příčin t_{pnsvep}		
				Doba provozuneschopného stavu z vnitřních příčin t_{pnsvip}		Doba preventivní údržby t_{pu}
		Doba poruchového stavu t_{prs} Doba do obnovy MTTR		Doba nezjištěné - poruchového stavu MUFT	Doba administrativního zpoždění MAD	
				Doba údržby t_u		
Doba provozuschopného stavu t_{pss}				Doba provozuneschopného stavu t_{pns}		

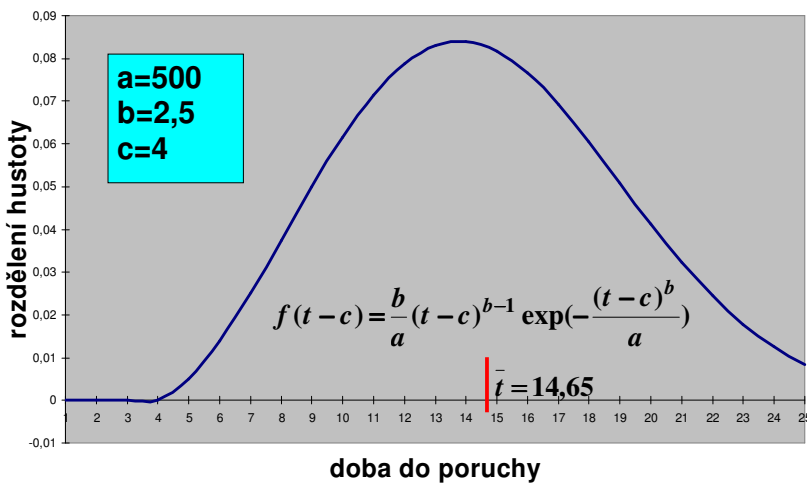
Struktura časových údajů pro kvantitativní analýzu spolehlivosti objektů

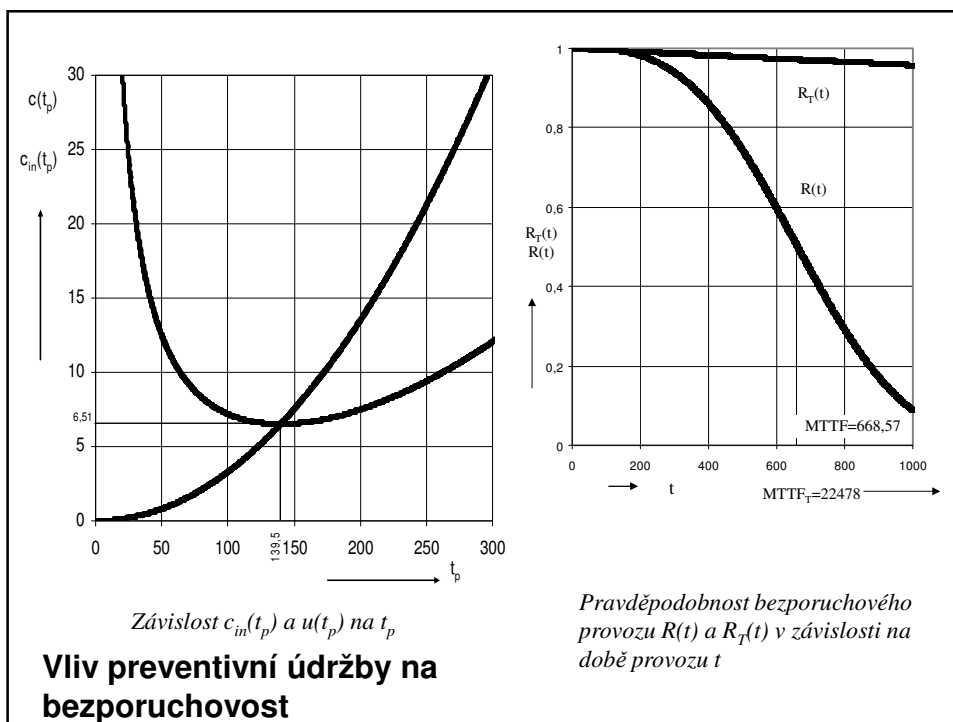
Pokračování detailního rozkladu doby údržby:

Doba údržby t_u				
Doba preventivní údržby t_{pu}		Doba údržby po poruše ζ_r ; MCMT		
Doba logistického zpoždění MLD	Doba aktivní údržby MAMT			Doba logistického zpoždění MLD
	Doba aktivní preventivní údržby t_{apu}	Doba aktivní údržby po poruše MACMT		
	Doba technického zpoždění MTD	Doba lokalizace porouchané části t_{lprc}	Doba aktivní opravy t_{aopr}	Doba kontroly t_{kontr}
	Doba opravy MRT			

Funkce rozdělení hustoty pravděpodobnosti poruchy je podkladem pro optimalizaci preventivní údržby

Weibullovo rozdělení





Pohotovost pro měření celkové efektivity výrobního zařízení

$$A = \frac{t_{oper}}{t_{oper} + t_{PU} + t_{UP} + t_{TP} + t_{PS}}$$

t_{oper} – operativní doba směny

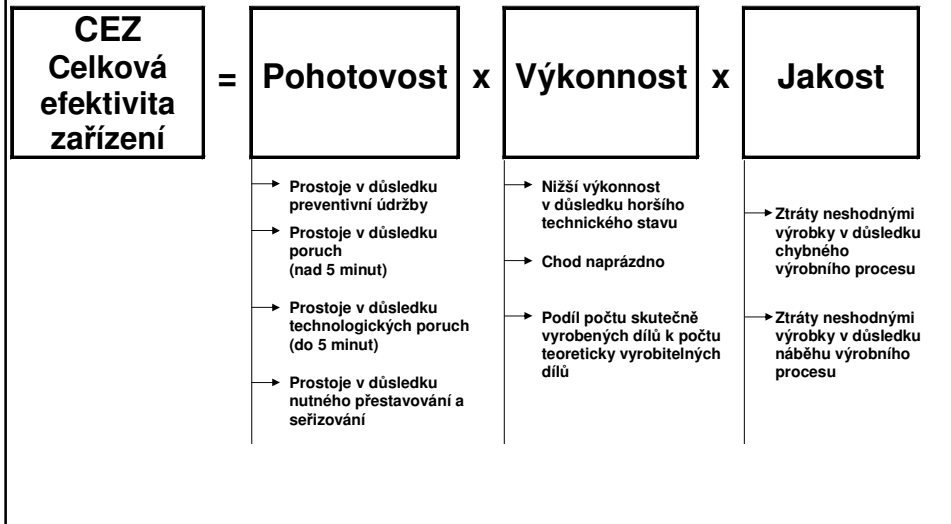
t_{PU} – doba preventivní údržby za směnu

t_{UP} – doba údržby po poruše za směnu

t_{TP} – doba na odstraňování technologických poruch za směnu

t_{PS} – doba přestavování a seřizování za směnu

Celková efektivita zařízení (CEZ) – ukazatel účinnosti TPM



Výpočet celkové efektivity zařízení (CEZ) pro daný stroj a zjištěné údaje (výsledky):

Doba směny $t_{pcs} = 480$ minut	Preventivní údržba (čištění + prohlídka) $t_{PU} = 20$ minut	Přestavování (výměna nástroje a seřízení) $t_{PS} = 20$ minut	Počet neshodných výrobků v důsledku chybného výrobního procesu $z_{chyb} = 5$
Přestávka $t_{osob} = 30$ minut	Údržba po poruše $t_{UP} = 40$ minut	Počet vyrobených kusů za směnu (skutečná produkce) $Q_{SK} = 330$	Počet neshodných výrobků v důsledku náběhu výrobního procesu $z_{nab} = 10$
Logistický prostoje $t_{org} = 15$ minut	Odstraňování technologických poruch $t_{TP} = 5$ minut	Plánovaná pracnost výroby jednoho kusu $T_{pl} = 0,95$ minut	<i>Naměřil a zaznamenal: František Novák</i>

(OEE)
CEZ
(EVZU)

Součinitel pohotovosti
 $(480-30-15-20-40-5-20)/(480-30-15)=350/435=0,8046$

Součinitel výkonnosti
 $330/(350/0,95)=0,8957$

Součinitel jakosti
 $(330-5-10)/330=0,9545$

= 0,6879

Produktivní (dispoziční) čas směny
 $t_{prc} = t_{pcs} - t_{osob} - t_{org}$
 Operativní čas směny
 $t_{oper} = t_{prc} - t_{PU} - t_{UP} - t_{TP} - t_{PS}$
Součinitel pohotovosti
 $S_{vcs} = t_{oper}/t_{prc}$

Teoretická (jmenovitá) produkce
 $Q_{jm} = t_{oper}/T_{pl}$
Součinitel výkonnosti
 $S_{mvw} = Q_{sk}/Q_{jm}$

Součinitel jakosti
 $S_{jp} = (Q_{sk} - z_{chyb} - z_{nab})/Q_{sk}$

Záznam vstupních dat pro výpočet CEZ

Strana z

Název stroje/zařízení: _____ Den/směna: _____ Týden: _____ Středisko: _____
 Číslo stroje/zařízení: Výrobek: _____ Nepožadovaný časový fond t_{nef} : **960** min Data zaznamenal: _____
 Plánovaná pracnost (cyklus): $T_{pi} = 0,98$ minut

Čas	Operativní čas	Prostoje nezávislé na údržbě (minuty)			Preventivní údržba t_{PU} (minuty)			Údržba po poruše (minuty)			Přestavování a seřizování (minuty)	Počet výrobků			Počet neshodných výrobků	Poznámka	
		t_{oper}	t_{osob}	Organizační prostoje t_{org}	Prostoje ovlivňující pohotovost							výkonnost Q_{SK}	jakost				
					Čištění	Mazání	Prohlídky	Diagnostika	$t_{UP} > 5$	$t_{TP} \leq 5$			t_{PS}	Z_{chyb}			Z_{nab}
6:00	7:15	75											70				
7:15	7:30																
7:30	9:30	120				15								115			
9:30	10:00		30														
10:00	10:20	20											20				
10:20	10:35											15	3			3	
10:35	12:05	90											88	5			
12:05	12:15										10		2			2	
12:15	12:20											5	1			1	
12:20	13:45	85											84				
13:45	13:50							5									
13:50	13:55								5								
13:55	14:00					5											
Celkem		390	30			15	5	5	5		10	20	383	5	6		

Výpočet celkové efektivity zařízení (CEZ)

pro daný stroj a zjištěné údaje:

Doba směny $t_{PCS} = 480$ minut	Preventivní údržba (čištění, mazání, prohlídka) $t_{PU} = 15$ minut	Přestavování (výměna nástroje a seřízení) $t_{PS} = 20$ minut	Počet neshodných výrobků v důsledku chybného výrobního procesu $Z_{chyb} = 5$
Přestávka $t_{osob} = 30$ minut	Údržba po poruše $t_{UP} = 10$ minut	Počet vyrobených kusů za směnu (skutečná produkce) $Q_{SK} = 383$	Počet neshodných výrobků v důsledku náběhu výrobního procesu $Z_{nab} = 6$
Logistický a org. prostoje $t_{org} = 15$ minut	Odstraňování technologických poruch $t_{TP} =$ minut	Plánovaná pracnost výroby jednoho kusu $T_{pi} = 0,98$ minuta	Naměřil a zaznamenal:

$$CEZ = \left[\frac{390}{480 - 30 - 15} \right] \times \left[\frac{383}{390 \cdot 0,98} \right] \times \left[\frac{(383 - 5 - 6)}{383} \right] = 0,837$$

Produktivní (dispoziční) čas směny

$$t_{prc} = t_{PCS} - t_{osob} - t_{org}$$

Operativní čas směny

$$t_{oper} = t_{prc} - t_{PU} - t_{UP} - t_{TP} - t_{PS}$$

Součinitel pohotovosti

$$S_{vrsc} = t_{oper} / t_{prc}$$

Teoretická (jmenovitá) produkce

$$Q_{jm} = t_{oper} / T_{pi}$$

Součinitel výkonnosti

$$S_{mvv} = Q_{SK} / Q_{jm}$$

Součinitel jakosti

$$(383 - 5 - 6) / 383 = 0,971$$

Součinitel jakosti

$$S_{jp} = (Q_{SK} - Z_{chyb} - Z_{nab}) / Q_{SK}$$

Vliv preventivní údržby na pohotovost (příklad)

Údržba prováděná po poruše

$$A_{2CM} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{668}{668 + 0,8} = 0,9988038278$$

Údržba prováděna periodicky (po 140 h) – preventivně provedená údržba se nepočítá jako porucha.

$$A_{2PM} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{22478}{22478 + 0,8} = 0,9999644109$$

5. Čím udržovatelnost a údržba ovlivňuje spolehlivost?

PROVOZNÍ SPOLEHLIVOST=POHOTOVOST

BEZPORUCHOVOST

UDRŽOVATELNOST

ZAJIŠTĚNOST ÚDRŽBY

Čištění a mazání
Přestavování a seřizování
Revizní prohlídky + opravy
Technické prohlídky + opravy
Preventivní periodická údržba
Preventivní diagnostická údržba

Požadavky na kvalifikaci pracovníků údržby
Potřeba speciálního údržbářského nebo zkušebního zařízení
Normalizace, unifikace a dědičnost konstrukce
Přístup pro vizuální kontrolu;
Vestavěná diagnostika
Označení zkušebních bodů
Použití modulových jednotek
Použití spolehlivých upínek aj.

Kvalifikovaný a motivovaný personál
Technické informace
Nářadí a testovací přístroje
Náhradní díly a materiál
Údržbářské dílny
Finanční prostředky

6. Závěr

- Provozní spolehlivost a údržba jsou „spojité nádoby“.
- Inherentní spolehlivost bývá vyšší než spolehlivost provozní.
- Ukazatele spolehlivosti jsou indikátorem výkonnosti a účinnosti údržby.
- Pro měření efektivnosti údržby jsou potřeba ještě ekonomická data.

Děkuji za pozornost.

Otázky?

Počítačová podpora umožňuje měřit účinnost a efektivnost zajištění údržby

Vladimír Jurča

Technická fakulta ČZU v Praze
katedra jakosti a spolehlivosti strojů
jurca@tf.czu.cz

Obsah prezentace:

1. Vývoj postavení údržby v rámci SMJ
2. Dokumentace systému údržby
3. Informační systém v údržbě (ISÚ)
4. Hlavní oblasti využití ISÚ
5. Analýzy dat systému údržby
6. Metody hodnocení účinnosti údržby, hledání slabých míst a zvyšování efektivity zajištění údržby

Vývoj postavení údržby v procesu SMJ

- **Údržba jako vedlejší útvar** se všemi dopady na organizační zařazení a uspořádání, přidělování zdrojů včetně rozvojových a na odměňování. Útvar údržby často ani nevěděl, že certifikace SMJ v podniku probíhá. Důraz je kladen na odstraňování problémů – údržby po poruše. Častý dřívější názor na údržbu:
 - zdržuje výrobu
 - čerpá prostředky, ale nepřináší žádný zisk



- **Údržba je jedním z významných výrobních podprocesů**, jejíž efektivita má výrazný dopad na hospodaření podniku. Základem je zvyšování spolehlivosti výrobního zařízení jakostně zajištěnou údržbou - **prevencí**.

Vývoj postavení údržby v procesu SMJ

- využívá se řada metod pro zlepšení procesu výroby a jeho optimalizaci bez obdobných řešení v oblasti údržby
- údržba je však rovnocenným činitelem ovlivňujícím efektivitu procesu výroby, zejm. z hlediska prostojů, ale i neshodných výrobků aj.
- optimalizovaný systém údržby je dalším zdrojem snížení nákladů na jakost (vnitřní náklady) a zvýšení efektivity podnikání

Dokumentace systému údržby

- Aby byl systém údržby plnohodnotným článkem spirály jakosti, musí být dokumentovaný:
 - „**CO, KDY, KDO, JAK, ČÍM, ZA KOLIK**“
 - má být udržováno – plán preventivní činnosti
 - bylo udržováno – jako doklad pro SMJ, pro analýzy, báze znalostí „know-how“

Dokumentace systému údržby

PRAVIDELNÉ DENNÍ ÚKONY KONTROL LAKOVACÍHO ZAŘÍZENÍ - H10 - LAKOVACÍ LINKA		měsíc	leden
Zařízení	Činnost	den	
Lakovací kabina		1	<i>[Signature]</i>
Zařízení B-M		2	<i>[Signature]</i>
kontrola tlakosti	čerpadového a membránového čerpadla v případě netěsnosti odstranění závady	3	<i>[Signature]</i>
kontrola stavu a neporušenosti	hadic, misičů a ventilů	4	<i>[Signature]</i>
kontrola tlakosti ventilů	dotazení tlakosti případná výměna	5	<i>[Signature]</i>
kontrola tlakosti filcových hadic	zda nevnikla do hadice barva, tvrdělo	6	<i>[Signature]</i>

- pro splnění požadavků na dokumentaci dle „ISO 9000“ lze dokumentaci o údržbách vést i „papírově“ ...

Informační systém v údržbě

- výrazně zpřehlední dokumentaci i plánování
- umožňuje analýzy dat systému údržby pro
 - provozní účely
 - hodnocení účinnosti údržby - **měřitelnost výsledků**
 - hledání slabých míst systému a jeho zlepšování
 - optimalizace intervalů preventivní údržby
 - vyhledávání opakujících se poruch a jejich eliminace
 - snižování prostoje výroby, skladových zásob, počtu neshodných výrobků
 - ...

Software pro řízení údržby

- Auto-Do-It
- Data-Trak
- DYNASTAR 2000
- ExpressMaintenance
- FaciliWorks
- FastMaint
- Frontec
- GP MaTe 4.0
- MAINSAVER
- MaintSmart
- MaintenanceConnection
- MS2000 Software
- ProTeus
- Qqest
- ... **zde 350 produktů** a stovky dalších

zahraniční

Poměrně slušný přehled SW pro řízení údržby lze nalézt na:

http://www.plant-maintenance.com/maintenance_software_CMMS_A-L.shtml

Hlavní nedostatek - v ČR chybí servis a poradenská služba.

Software pro řízení údržby

- **Ekonomický podnikový software s modulem pro řízení údržby:**
 - SAP
 - MAX
 - Rudware
 - ABRA
 - SW Pro
 - ORGAsoft, Korund, FaMa, iMaint
 - ... a další
- **Hlavní nedostatky:**
 - vysoká cena
 - zaměření SW je spíše ekonomické a logistické, čemuž odpovídá i stavba modulů pro řízení údržby - pro údržbaře méně uživatelsky přívětivá
 - problematická a zdlouhavá implementace
 - obtížné provádění analýz dat z ISÚ manažerem údržby

podporovaný v ČR

Software pro řízení údržby

- **Software určený přímo pro řízení údržby:**
 - MAXIMO
 - PATRIOT
 - SG /Maintenance
 - Datastream, MP2
 - MaintainIt
 - Aperture
 - PREDIC
 - ...
- **Pro menší a střední podniky pak např.:**
 - Plánování údržby – A-plus Kolín
 - PROFYLAX – IVAR Lovosice

**Jakmile má podnik vybrán i úspěšně
implementován ISÚ,
nastává několik možných scénářů:**

1.

ISÚ je využíván sporadicky a v podstatě je pouze naplněn vzorovými daty, která slouží **pro předvedení „úspěšného řešení údržby“ auditorům jakosti** či odběratelům produkce podniku.

2.

ISÚ je používán pouze **jako kartotéka**, která nahrazuje dříve vedené listy údržeb či sešity strojů. Jsou do něj sice poctivě **zapisovány všechny provedené údržby**, data v ISÚ obsažená odpovídají skutečnosti, ale jedinými výstupy ze systému jsou triviální podnikové výkazy typu „náklady za kvartál“, **nejsou aplikovány analytické nástroje** a tudíž ani zpětná vazba ke zvyšování jakosti systému údržby. V případném auditu systému jakosti útvar údržby sice „čestně“ obstojí, ale moderní systém managementu údržby by neměl být pouhou kartotékou, ale především pružným nástrojem řízení.

3.

ISÚ slouží nejen jako systém pro zápis a evidenci provedených údržeb, ale i pro řadu dalších pokročilých činností – od **monitoringu** a **elektronickému hlášení závad** přes **automatický přenos diagnostických signálů** do systému až po **propracované analytické nástroje** sloužící k pravidelné evaluaci ISÚ, **hledání jeho slabých míst** a provádění kroků nezbytných pro zvyšování jakosti systému.

Tento scénář využívá ISÚ ve všech jeho možnostech jako skutečný nástroj pro řízení procesů.

Výběr a implementace ISÚ - shrnutí

Jádro implementace ISÚ není v jeho úspěšném naprogramování dodavatelskou organizací!

Kritickým faktorem úspěchu je:

- úplná podpora vrcholového vedení podniku,
- promyšlený výběr ISÚ,
- tým kvalitních a zainteresovaných pracovníků údržby,
- dobře připravená vize systému údržby
- a pečlivá předimplementační příprava.

Hlavní oblasti využití informačního systému údržby

1. Nástroj pro dokumentaci systému údržby

(co, kdy, kdo, jak, čím, za kolik – má dělat, dělal)

**V podnicích s ISÚ vysoké využití, ale také vysoká
pracnost.**

2. Nástroj pro analýzy systému, hledání slabých míst a neustálé zvyšování jeho jakosti

(kde jsou problémy – výrobní zařízení, systém údržeb,
údržbářské postupy, externí firmy, ...)

Málo využívané, bez algoritmizace velmi pracné.

Systémy jakosti v údržbě – dokumentace systému údržby

**Z pohledu pracovníků útvaru údržby přinášejí negativa - zejména v
počátku administrativně náročné a pracné:**

- předpokládají úplnou dokumentaci systému (kdy, kdo, jak, čím, ...)
- systém je nutno naplnit velkým množstvím dat
- a průběžně data aktualizovat

**Aby však dlouhodobě fungovaly, musí pracovníkům útvaru údržby
přinést i pozitiva a to zejména rychlou dostupností informací:**

Např. umožňují rychle provádět běžné provozní úkoly:

- sestavovat plány údržeb
- vytvářet a tisknout pracovní příkazy
- sumarizovat náklady (na stroj, za období, po útvarech, ...)
- vyhledávat provedené údržby (na stroji, údržbářem, za období, ...)
- vyhledávat a třídit bázi strojů (podle typů, útvarů, data instalace, ...)
- atd.

umožňují však také průběžně analyzovat a tím i korigovat systém údržby

- analýzy poruch a jejich příčin, prostožů, nákladů, ...

Příklady přímých výstupních dat

Příklad plánu údržeb

Plán standardních údržeb						
E_c	Typ	Utvár	Dni_do	Datud	Den	Druh
57060	Lis Hydrap Tsh HPDb 1000	57-5464/1		3:26.02.2004	Čt	pmyli
57141	TS VW A5 MAG svař.robodem VW A	57-5595		3:26.02.2004	Čt	pmbmsn
57007	Pec-Schwarz-TAT	57-5422/2		5:28.02.2004	So	pmpsth
57134	Děrování příčniců BMW E6x	57-5554		6:29.02.2004	Ne	pmbmdé
57133	Stacionární bodovka VLP 80	57-5513		7:01.03.2004	Po	pčbsst
55036	Bodovací stroj stac. PST 130	55-4312/A		8:02.03.2004	Út	pčbsst
55037	Bodovací stroj stac. PST 250	55-4312/B		8:02.03.2004	Út	pčbsst
55043	Bodovka závěsná PCS 130	55-4313/4		8:02.03.2004	Út	pčbszá
55044	Bodovka závěsná PCS 130	55-4313/5		8:02.03.2004	Út	pčbszá
55138	Trhací lis Qs	55-4885/2		8:02.03.2004	Út	pčliq2
55184	DA Svařovací stanice I.	55-4343		8:02.03.2004	Út	pčsvda
57099	Svařovací stanice 1 Colorado	57-5535/1		8:02.03.2004	Út	pčsvct
57100	Svařovací stanice 2 Colorado	57-5535/2		8:02.03.2004	Út	pčsvct
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215		9:03.03.2004	St	pčvrpq
55183	Bodovací stroj Regaut ASL 02	55-4342		9:03.03.2004	St	pčreda

Příklad výpisu sumárních údajů pro udržovaný objekt

55003 Vrtací stroj HBE 320 - 2 Od:01.01.1999 Do:23.02.2004

Provedené údržby				
E_cis	Typ	Utvár	U_druh	P
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	Neplán	Hertík
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	pmvrpq	Růžičk
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	Neplán	Jirásek
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	pmvrpq	Kesner
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	Neplán	Růžičk
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	Neplán	Růžičk
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	pmvrpq	Růžičk
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	pmvrpq	Mach
55003	Vrtací stroj HBE 320 - 2	55-4215	Neplán	Tlášek

Kumulativní náklady na údržbu: 557715,10
 Z toho interní: 463230,00
 externí: 0,00
 materiálové: 94485,10
Celkový počet údržeb: 270
Celkový počet hodin prostojů: 182,81
Celkový součet pracností: 826,00

Příklad výpisu nejzávažnějších poruch

Statistika poruch za období: 01.01.1999 - 23.02.2004							
Kód poruchy	Náklady celkové	Interní	Externí	Materiálové	Prostoje	Pracnosti	Četnost
	3174399,5	2967782,5	0,0	206617,0	677	6710	2286
000	2427499,0	2276131,0	0,0	151368,0	505	5159	1621
CWM	16462,0	16462,0	0,0	0,0	13	38	23
CSM	8342,5	8342,5	0,0	0,0	8	20	10
BSM	7434,0	7434,0	0,0	0,0	8	18	4
O03	7060,0	7060,0	0,0	0,0	15	16	7
R08	6912,0	6912,0	0,0	0,0	8	16	1
P21	4554,0	4554,0	0,0	0,0	2	9	4
CSN	3893,0	3893,0	0,0	0,0	7	9	4
H22	2956,0	2956,0	0,0	0,0	0	7	3
AJG	2754,5	2754,5	0,0	0,0	5	7	3

Příklad ukazatelů efektivity údržeb

UKAZATELE ÚDRŽEB ZA MĚSÍC		
	Měsíc: leden	
	Rok: 2004	
	Měsíční průměr v roce	
Celkové náklady na údržby [Kč]:	2 402 435	1 814 908
Materiálové náklady na údržby [Kč]:	157 335	117 927
Náklady na neplánované údržby [Kč]:	791 378	517 277
Celková pracnost údržeb [h]:	5 070	3 836
Celkový prostoj [h]:	542	386
Materiálové náklady / pracnost údržeb [Kč/h]:	31	30
Průměrná pracnost jedné údržby [h]:	2,97	2,94
Materiál. náklady / celk. nákl. na neplán. údržby [-]:	0,20	0,23
Materiálové náklady / prostoje [Kč/h]:	289	305
Četnost neplánovaných údržeb [-]:	658	764
Celkové náklady / náklady na neplán. údržby [-]:	3,04	3,51

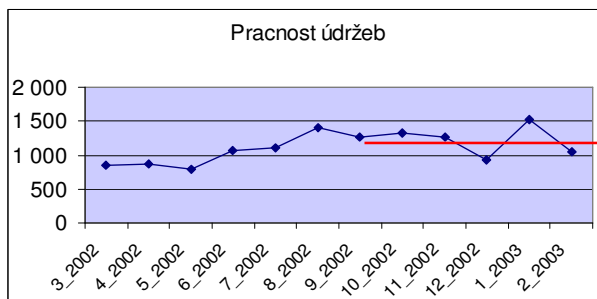
Ukázka podkladů pro analýzy poruch

čtvrtletí:	2.kv.2002	3.kv.2002	4.kv.2002	1.kv.2003	celkem
hlavní hydraulika	47 160	2 374	105 521	15 432	170 487
porucha mech.-obecně	124 330	489 120	385 050	338 900	1 337 400
porucha elektro-obecně	79 080	439 180	184 418	499 940	1 202 618
mechanická - vřeteno	121 290	216 350	282 780	60 230	680 650
řídící elektronika	40 790	12 904	64 380	21 370	139 444
polohové snímače	88 711	39 680	119 100	102 690	350 181
elektromotory	33 360	63 440	88 820	62 940	248 560
nezařazené poruchy	6 370	16 680	208 511	2 737	234 298
náklady na sledované poruchy celkem	541 091	1 279 728	1 438 580	1 104 239	4 363 638
náklady na všechny poruchy	854 210	2 016 320	2 785 230	2 756 200	8 411 960
% nákladů na sledované poruchy z nákl. celk.	63,3 %	63,5 %	51,7 %	40,1 %	51,9 %

Analýzy systému a hledání slabých míst s cílem neustálého zvyšování jeho jakosti

1. Provozní analýzy pomocí sestav zabudovaných v ISÚ či jednoduchých dotazů SQL
2. Algoritmizované zpracování dat z ISÚ

Jednoduchá, ale účinná analýza dat z ISÚ – měsíční pracnost údržeb

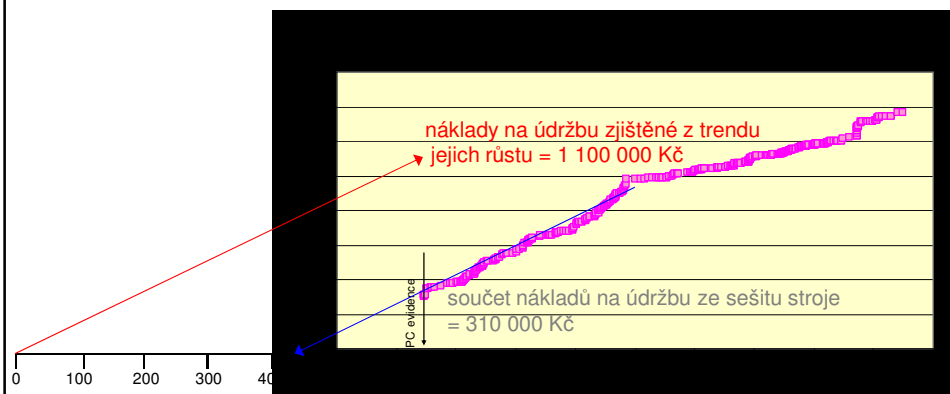


48 údržbářů:
 $1200/48=25$ h/měsíc
a) nadbytečný počet údržbářů
b) evidována je pouze malá část údržeb (1/7)

Průměrné měsíční pracnosti evidovaných údržeb poskytují mj. i další užitečnou informaci o plnění systému údržeb daty - vydělením průměrné měsíční pracnosti počtem údržbářů (podnik měl 48 údržbářů) vychází na každého údržbáře 25 odpracovaných hodin za měsíc. Z toho lze usoudit, že do informačního systému je zapisována pouze velmi malá část provedených údržeb.

Pokud údržbář ví, že jeho činnost může být snadno zkontrolována, chová se výrazně zodpovědněji než za stavu, kdy si je oprávněně téměř jist, že kontrola prakticky není možná!

Neúplné, nepřesné a sporadické zápisy údržbářů - příklad na nákladech na údržbu konkrétního stroje



Evidence údržeb v papírové podobě je velmi nevěrohodná - zápisy údržbářů bývají neúplné, velmi často chybí použitý materiál a ND, někdy není údržba zapsána vůbec nebo zcela nečitelně ...

Detailnější pohled se zaměřením na příčiny opakovaných poruch konkrétního stroje

Výpis části poznámek údržbářů k provedeným údržbám konkrétního stroje:

datum	17.11.2002	19.11.2002	21.11.2002	24.11.2002	28.11.2002	13.12.2002	17.12.2002	11.1.2003
poznámka údržbáře	voda v oleji hydrauliky vřetene	nedostatek oleje v hydraulice	nedostatek oleje v hydraulice	nedostatek oleje v hydraulice...	dolít oleje ...	nízká hladina oleje, doplnění	voda v hydraulice, výměna filtru, vyčištění nádrže	voda v hydraulice, vým. filtru a oleje, vyčištění nádrže

Tabulka ukazuje v tomto podniku poměrně častý jev, kdy se údržby po poruše zabývají odstraňováním stále se opakující závady, přičemž její prvotní příčina není řešena (obdobně lze nalézt i u dalších strojů).

V uvedeném případě údržbáři 8x odstraňovali závadu v hydraulice daného stroje aniž by řešili příčinu této závady. Příčina byla podle záznamů o údržbách však vyřešena až 22.1.2003, kdy je v poznámce o údržbě uvedeno:

„Výměna zpuchřelé hydraulické hadice a těsnících kroužků“.

Od této údržby se závada neopakuje, **mohla být však odstraněna již o dva měsíce dříve.**

Další stroj – ukázka neřešených chyb obsluhy

Kompletní výpis poznámek údržbářů za necelé 2 měsíce:

datum	5.6.2003	10.6.2003	11.6.2003	12.6.2003	15.6.2003	20.6.2003	28.6.2003	30.6.2003
poznámka údržbáře	Špatně nastavené čidlo podávání	Špatně nast. čidlo nakládání	Otočený snímač podavače	Neumí seřídít dráhu k magnetu. Kroužek je volný a letí rychle. Přitažení lišt a dráhy.	Špatně seřizeno.	Výměna ložisek u el. vřeteníku	Špatně přeplý přepínač.	Nečistění stroje - voda v hydraulice

2.7.2003	5.7.2003	9.7.2003	17.7.2003	18.7.2003	19.7.2003	21.7.2003
Odpojený vypínač hydrauliky - odpojil Kolanda...	Stroj si dělá co chce – totálně rozštelován!	Zalomený klíč u voliče rychlosti v ovl. panelu	Málo oleje v hydraulickém agregátu	Oprava zámku - zalomený klíč v zámku ovládacího panelu a hydrauliky	nejde automatika - výměna karet R3,4 a N4,4	Zalomený klíč u voliče rychlosti v ovl. panelu

Za toto období z 15 údržeb po poruše 13 způsobila obsluha stroje – k 31.7.2003 převedena na jinou práci. I když způsobené poruchy nebyly fatální, náklady jen na údržby pro jejich odstranění činily 16 285 Kč.

Metody hodnocení účinnosti údržby

- stanovení produktivity údržby výrazně složitější, než výroby
- neustálá snaha o kvantifikaci a stanovení účinnosti údržby (měřitelnost výsledků)
 - EFNMS – 14 indikátorů efektivity údržby
 - CEZ (celková efektivita zařízení)



Hodnocení účinnosti údržby pomocí CEZ

- **CEZ** hodnotí účinnost údržby zejména z hlediska:
 - prostojů (výpadků výroby),
 - kvality produkce (počtu neshodných výrobků) a
 - výkonnosti výrobního zařízení (využití nominální výkonnosti).
- Výhodou CEZ je syntéza dílčích ukazatelů účinnosti údržby a aktuální potřeby údržby (objemu výroby), **ale je třeba mít na vědomí i jeho nedostatky.**

Hlavní problémy praktického použití CEZ:

1. Poskytuje hodnocení z hlediska technického, **nezohledňuje náklady na údržbu**. Pokud by CEZ měl být jediným ukazatelem úrovně údržby, mohl by pak požadavek na jeho neustálé zvyšování vést k nepřiměřeně vysokým nákladům na údržbu.
2. **Nejsou v něm zahrnuty ani další podstatné faktory**, které mají na úroveň údržby výrazný vliv, jako např. **hodnota zásob náhradních dílů**, hodnota hmotného a nehmotného majetku organizace, **stáří výrobních prostředků** atd.
3. Na CEZ nemá vliv jen jakost systému údržby, je v něm obsažena i **jakost výrobního procesu, jakost logistiky náhradních dílů, kvalita obsluhy** výrobního zařízení aj. Špatná organizace a plánování výroby, zbytečné čekání údržbáře před skladem na potřebný materiál, chybující obsluha zařízení apod. CEZ vždy sníží – může se tak stát, že i při trvale zlepšujícím se systému údržeb začne CEZ klesat.

Hlavní problémy praktického použití CEZ:

4. **Pracnost stanovení CEZ** – většina manažerů údržby nemá k dispozici software, který CEZ stanovuje automatizovaným algoritmem, výpočty jsou často prováděny v Excelové tabulce, kam je třeba nejprve všechna výchozí data obvykle ručně zadat. Hodnocení účinnosti údržby má však většinou smysl jen pro konkrétní výrobní prostředek či linku, kterých jsou v organizaci desítky, takže se musí zpracovat i stejný počet tabulek.
5. ...

Metody hodnocení účinnosti údržby na základě analýz dat z ISÚ

- na základě rozboru struktur bází dat z ISÚ a analýz desítek tisíc dat z několika podniků - výběr vhodných ukazatelů
-
- tvorba metodik, jejich algoritmizace, ověření a zavedení do praxe (samostatně či jako modul ISÚ)

Příklady realizovaných metod analýz dat z ISÚ

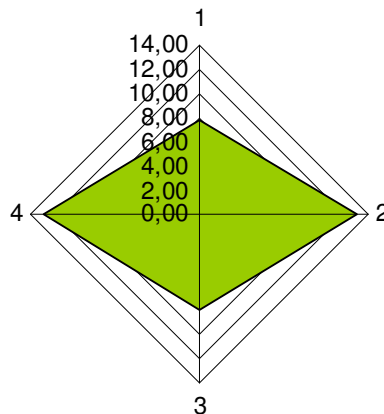
Cíl všech aplikovaných metod:

Rychle a s malou pracností (pro manažera
údržby, nikoli pro algoritmus) **najít slabá místa,
umožnit realizaci zpětné vazby a
zhodnotit její dopady.**

1. Využití paprskového grafu

Pro hodnocení efektivity údržby existuje řada ukazatelů, které mají různou vypovídací hodnotu, tedy i odlišnou míru významnosti pro vyhodnocení efektivity systému údržby. Obtížně lze porovnávat několik ukazatelů naráz. Proto je účelné zkombinovat více ukazatelů efektivity údržby do jednoho souhrnného ukazatele efektivity údržby (SUEU).

Pro výpočet SUEU se využívá paprskový graf, jehož plocha vyjadřuje hodnotu SUEU za zvolené období.



Svařovací automat KL-145V

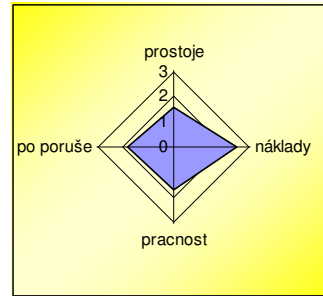
	leden	únor	březen	duben	...
prostoje	36	32	34	30	
náklady	93 562	89 523	92 785	51 204	
pracnost	47	44	42	43	
po poruše	8	6	5	4	

Přepočet (LOG+VK):

prostoje	1,56	1,51	1,53	1,48
náklady	2,49	2,48	2,48	2,35
pracnost	1,67	1,64	1,62	1,63
po poruše	1,81	1,56	1,40	1,20

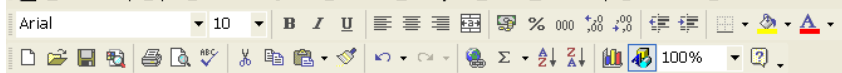
Souhrnný ukazatel úrovně údržby:

SU	6,93	6,35	6,12	5,53
Δ SU		0,58	0,23	0,59

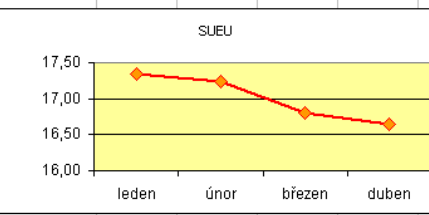
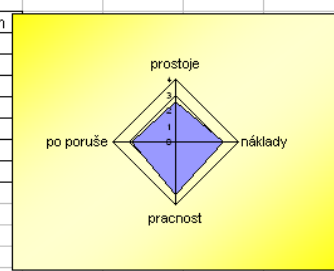


Microsoft Excel - Údržby_2005_SUEU.xls

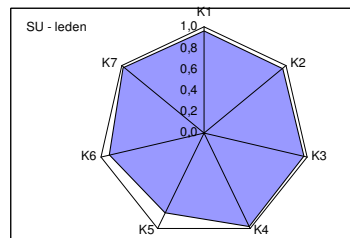
Soubor Úpravy Zobrazit Vložit Formát Nástroje Data Okno Nápověda Acrobat



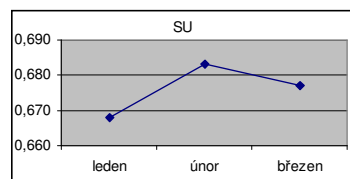
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	SUEU 2005									
2		leden	únor	březen	duben	květen				
3	prostoje	367	326	337	310					
4	náklady	1 173 522	1 211 233	1 069 631	1 156 328					
5	pracnost	2 320	2 245	2 145	2 075					
6	po poruše	656	687	527	498					
7										
8	SUEU	17,35	17,24	16,81	16,64					
9	Δ SUEU		0,11	0,43	0,17					
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										



	leden	únor	březen
K1 oper. čas VZ	660	540	675
prстоje údržbou	27	23	25
K2 hodnota majetku	96,7	96,7	96,7
nákl. na údržbu	3,45	3,12	3,22
K3 mat. a ND na údržbu	2,71	2,45	2,62
K4 čas. fond údržbářů	2352	2128	2352
pracnost údržby po por.	37	26	28
K5 pracnost prev. údržby	367	323	388
K6 obrat	39,4	37,2	40,3
K7 počet údr. po por.	14	10	11
počet údržeb celkem	713	682	723



ukazatel	leden	únor	březen
K1	0,959	0,957	0,963
K2	0,964	0,968	0,967
K3	0,972	0,975	0,973
K4	0,984	0,988	0,988
K5	0,844	0,848	0,835
K6	0,912	0,916	0,920
K7	0,980	0,985	0,985
SU	0,668	0,683	0,677

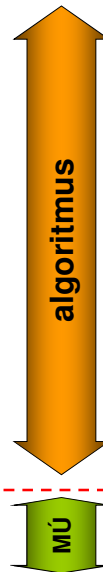


Příklady realizovaných metod

2. Metoda stanovení souhrnného ukazatele účinnosti údržby klouzavým průměrem

Algoritmus hledání slabých míst v údržbě

1. Sumarizace měsíčních hodnot dílčích ukazatelů pro každý z objektů
 2. Výpočet souhrnů všech dílčích ukazatelů za definované předchozí období
 3. Výpočet poměrů změn dílčích ukazatelů oproti předchozímu měsíci
 4. Stanovení SU úrovně údržby
 5. Aplikace algoritmu pro všechny zájmové objekty
 6. **Zobrazení nepříznivých SU s možností dohledání příčiny**
-
7. **Nalezení slabého místa na základě předložených faktů a korekce systému údržby**



Ukázka zpracování algoritmu v Excelu - VBA

1	A	B	C	D	E	F	H	I	J	K	L	M	N
2	E CIS	BBW 32001											
3	Roky	U DATUM	Data	Celkem									
4	2002	III	Pracnost	3									
5			Prostoje	3									
6			Náklady	1525,5									
7			Počet poruch	3									
8		IV	Pracnost	1									
9			Prostoje	3									
10			Náklady	2474									
11			Počet poruch	1									
12		V	Pracnost	11	15								
13			Prostoje	11	17								
14			Náklady	4448	8447,5								
15			Počet poruch	7	11								
16		VI	Pracnost	20,95	32,95	2,196667							
17			Prostoje	8,84	22,84	1,343529							
18			Náklady	3821,3	10743,3	1,271773							
19			Počet poruch	8	16	1,454545							
20			Pracnost	7,2	39,15	1,168164							
21		VII											
22		VIII											
23		2003											
24		II											

Smazat data

Suma 3m

Dílčí výpočet

Výpočet SU

Celý výpočet

rok

měsíc

2002 VI

VII

VIII

IX

X

XI

XII

2003 I

II

III

IV

V

VI

VII

VIII

IX

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
rok	měsíc	pracnost	prostoje	náklady	poč.por.	SU																
2002	VI	0,86	1,22	0,98	0,86	0,99																
	VII	0,67	0,74	1,13	0,83	0,47																
	VIII	0,57	0,72	0,58	1,20	0,29																
	IX	2,14	6,56	2,08	1,08	31,73																
	X	1,46	1,13	1,55	1,15	2,95																
	XI	1,04	1,03	0,88	0,80	0,75																
	XII	0,79	0,25	0,86	1,00	0,17																
2003	I	1,09	0,90	0,68	0,75	0,50																
	II	0,91	1,08	1,18	1,22	1,43																
	III	1,36	1,36	2,85	1,27	6,69																
	IV	0,63	0,79	1,05	1,07	0,56																
	V	2,21	1,42	1,14	1,20	4,31																
	VI	1,07	0,88	0,38	0,84	0,34																
	VII	1,73	3,29	1,02	1,18	6,81																
	VIII	0,75	0,91	0,67	0,75	0,34																
	IX	1,07	1,07	1,18	1,13	1,52																
	X	0,89	0,40	0,64	1,12	0,25																
	XI	0,84	0,87	0,90	1,05	0,77																
	XII	0,88	0,87	0,88	0,88	0,88																

Souhrnný ukazatel

7. Zobrazení nepříznivých SU s možností dohledání příčiny

Výpis souhrnných ukazatelů úrovně údržby sledovaných objektů

Měsíc: únor Rok: 2006

Nastavená hladina SU pro zobrazení: 1,7

Objekt	SU
DS.D660 III PLM CNC Diskus	12,6
ALS 1.KAN F10	10,4
ALS 1 E7	6,4
Myčka DURR Ecoclean 81W	4,8
A.SL460 Mikrosa	4,2
A.SL250 MIKROSA	2,3
FAMAR SUB 160 2G	2,1
ALS 1.C VT CELLE	1,9
ELY.MAP Popis a tř.automat	1,9
ALS 1.OEB F5	1,9
GD200/80/4A č.5 (poř.2)	1,8
Laser.pops. LBU SN33	1,7

Kliknutím na hodnotu SU příslušného objektu se dále zobrazí dílčí ukazatele za daný měsíc, vývoj SU i dílčích za půl roku dozadu a další informace, které by měly sloužit k dohledání příčiny nepříznivého stavu.

Dohledání příčiny nepříznivých SU

ALS 1.KAN F10		2/2006				10,4
rok	měsíc	pracnost	prostoj	náklady	poč.por.	SU
		3mTp%	3mP%	3mN%	3mp%	
2005	IX	1,100	0,989	1,377	1,310	1,963
2005	X	0,771	0,892	1,098	0,921	0,696
2005	XI	0,584	0,263	0,944	0,800	0,116
2005	XII	0,597	0,735	0,507	0,679	0,151
2006	I	1,134	1,186	0,692	0,895	0,832
2006	II	2,679	2,471	1,337	1,176	10,415

Základní data Výpis údržeb Poznámky údržbářů Výpis ND Poruchy

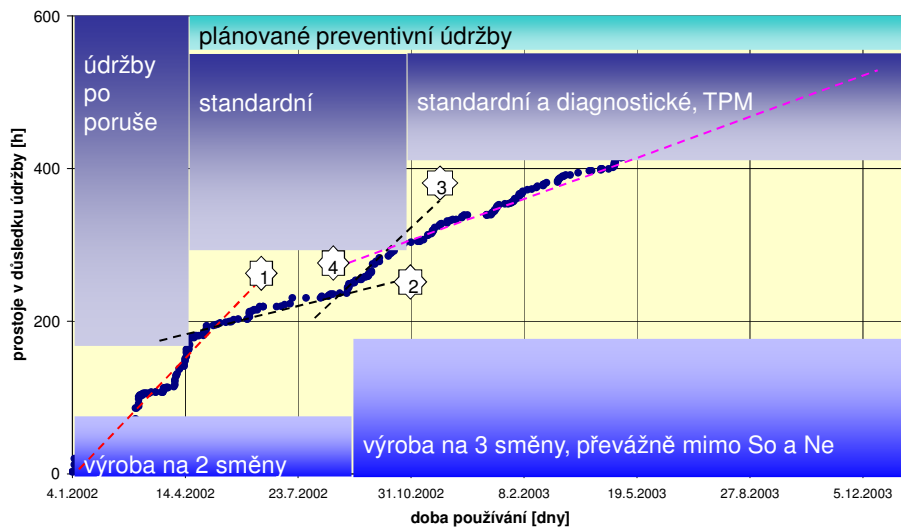
Porovnání vývoje dílčích ukazatelů u sledovaných a nesledovaných objektů:

SLEDOVANÁ ZAŘÍZENÍ (průměrné hodnoty na 1 objekt za 6 měsíců)					+ 21 %
	pracnost	prostoj	náklady	poč. poruch	
období 7-12/2005	126,4	164,2	87 563	77,2	
období 1-6/2006	98,4	127,8	76 320	56,2	Průměr:
poměr 2006/2005	0,78	0,78	0,87	0,73	0,79
NESLEDOVANÁ ZAŘÍZENÍ (průměrné hodnoty na 1 objekt za 6 měsíců)					+ 3 %
	pracnost	prostoj	náklady	poč. poruch	
období 7-12/2005	111,7	156,3	89 788	75,4	
období 1-6/2006	117,2	142,3	82 620	76,2	Průměr:
poměr 2006/2005	1,05	0,91	0,92	1,01	0,97

Příklady realizovaných metod

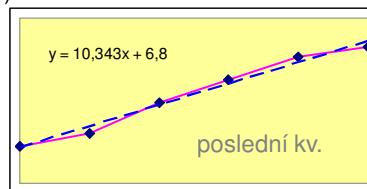
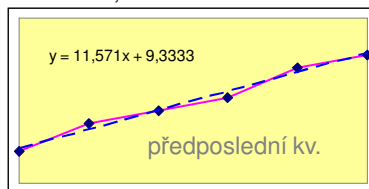
3. Využití informací o trendech kumulativních prostojů v důsledku údržby

Graf kumulativních prostojů výrobní linky od 4.1.2002 do 20.12.2003



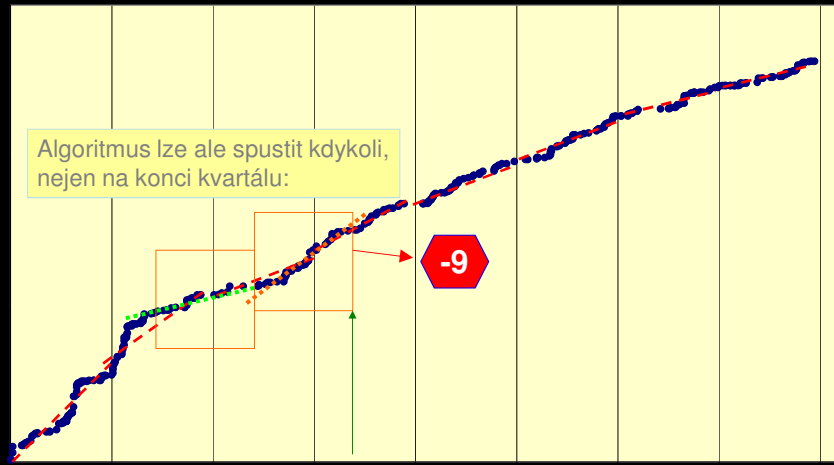
Algoritmus zjišťování trendu prostojů vytvořený v Excelu:

1. Uživatel zadá evidenční čísla zařízení, která chce analyzovat (i trvale).
2. Makrem jsou z IS údržby importována data o údržbách zájmových zařízení.
3. U každého z nich jsou postupně z prostojů zapsaných u údržeb spočítány prostoje kumulativní (postupným sčítáním je vytvořen další sloupec).
4. Ty jsou rozděleny na dva úseky (např. 90-ti denní - posledních 90 dní a předposledních 90 dní), na každý úsek je aplikována metoda nejmenších čtverců a jsou stanoveny parametry lineární rovnice trendu obou úseků ($y=a+bx$).
5. Je porovnána strmost nárůstu posledního a předposledního úseku (parametr b – čím menší, tím menší strmost nárůstu):



6. Změně parametru b je přiřazena hodnota v rozmezí -10 až +10 (v podniku empiricky stanovená: změna parametru b o 0,5 je 1 bod – ve zobrazeném příkladu je to tedy +2 body).
7. Body jsou zobrazeny v přehledné tabulce.

Příklad algoritmu sledování trendu prostojů pro jednu linku:



+5	+1	-3	+1	0	+1	+1
----	----	----	----	---	----	----

Příklad výsledného výpisu algoritmu pro zájmová výrobní zařízení:

Výpis ze dne:	9.2.2005	Za období:	9.11.2004 → 9.2.2005
Negativní trendy:		Pozitivní trendy:	
Nastavená hladina:	2 (z 0 až 10)	Nastavená hladina:	4 (z 0 až 10)
lis PD4-HH-630+400.1ES	8	karusel svářecí FANUC	9
lis mechanický 800t	6	Bodovací stroj Regaut AB 02.1	8
lis PE4-HH-500.1ES-druhý	6	lis PE4-HH-500.1ES čtvrtý	7
Vrtací stroj HBE 320 - 2	4	Svařovací stanice 1 - SAAB	6
Svařovací stanice R.2 Audi W10	3	lis PE4-HH-500.1ES třetí	4
TSV (BMW E9x)-Mag2-svař.robot	2	Svařovací stanice 2 - SAAB	4
Vykládací pracoviště TS Golf	2		
Lis Hydrap Tsh HPDb 1000	2		
Laser Lasercell 1005	2		

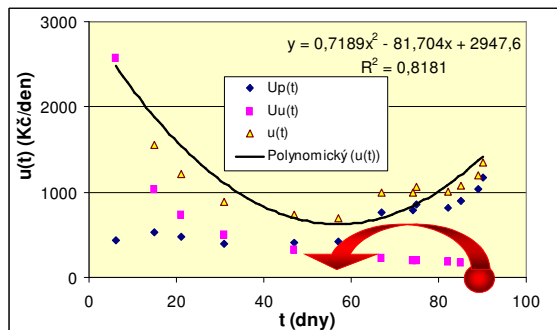
Výpis trendů za poslední 4 kv.:	nyní	-1	-2	-3
	8	2		1
základní data o zařízení	výpis provedených údržeb	výpis poznámek	výpis ND a materiálu	

Příklady realizovaných metod

4. Optimalizace intervalů standardní preventivní údržby

- Intervaly údržby jsou často stanoveny pouze na základě **kvalifikovaného odhadu** výrobce stroje či manažera údržby, nezohledňují provozní podmínky.
 - Snaha o aplikaci známých metod optimalizace preventivní údržby naráží na řadu problémů, **převážně v podnicích nelze použít.**
-
- Stanovení optimálního intervalu standardní údržby aplikací **teorie obnovy** na oblast údržby s využitím dat o údržbách uložených v databázích ISÚ.

Algoritmus stanovuje $I_{\text{úopt}}$ hledáním minim součtových funkcí $u(t)$ pro zvolený počet předchozích preventivních údržeb:



Období	t_{opt}	R^2	$t_{\text{opt}} R^2$
1	57	0,82	46,74
2	53	0,89	47,17
3	62	0,85	52,7
4	46	0,5	23
5	45	0,83	37,35
6	54	0,68	36,72
7	46	0,77	35,42
8	56	0,71	39,76
Sum:		6,05	
Optimální interval údržby:			52,70

a zpracováním všech vypočtených $I_{\text{úopt}}$ doporučí vhodný interval preventivní údržby s minimálními náklady:

zkrátit z 90 na

$I_{\text{úopt}} = 53$ dnů

E_CIS	TYP	lů pův.	lů nový
BBW 92001	B.Suhner Vrtačka	90	53
SAE 81012	A.SL250 MIKROSA	90	67
SAE 86003	ASL.250 Mikrosa	90	84
SAE 80164	A.C3500 CINCINATI	90	82
SJC 77002	Bruska VOUMARD IV.52.AS	90	47
SSG 80001	DS DL600 DISKUS	90	64

Kód poruchy	Počet poruch
E00	47
E50	64
M00	56
M30	32

Výměna polohových snímačů M8 Mi PNP
 Vadný snímač polohy podávání
 Porucha snímače NK2
 Výměna pístu FESTO
 Zlomený vodič čidla.
 Výměna polohových snímačů M8 Mi PNP
 Povolená vzduchová hadice
 Vadné čidlo SICK
 ...

Závěry:

Systém údržby je třeba průběžně analyzovat, hledat slabá místa a na základě výsledků analýz provádět jeho korekce – neustále zvyšovat jeho jakost.

- bez ISÚ nejen že není možné údržbu kvalifikovaně řídit (rozhodovat na základě faktů, která chybí), ale prakticky není možné ani provádět jakékoli analýzy systému údržby
- pro pravidelné analýzy systému údržby je nutno vytvořit nástroj, který rychle, stručně a jasně ukáže na slabá místa systému
- pokud takový nástroj chybí, jsou analýzy příliš pracné a manažer údržby je časem buď dělá povrchně, nebo nedělá vůbec

Související literatura:

- LEGÁT,V.- JURČA,V.- POŠTA,J.- ŠENK,Z.: Management jakosti v údržbě. Monografie, druhé přepracované vydání, ČSJ, Praha, červen 2003, 160 s.
- LEGÁT,V.: Management údržby zaměřený na peníze. In: Sborník druhé mezinárodní konference ÚDRŽBA 2003, ISSN 80-213-1065-0, 2003, s. 19 - 26.
- LEGÁT,V.- JURČA,V.- HLADÍK,T.: Money Centered Maintenance. In: Euromaintenance 2004, 17th European Maintenance Congress, 11-13.5.2004, Barcelona. AEM – Puntex Publicaciones.
- JURČA,V.- HLADÍK,T.- ALEŠ,Z.: Možnosti využití a zpracování dat z řízení údržby. Monografie, ČSJ, Praha, duben 2004, 74 s., ISBN 80-02-01595-9.
- LEGÁT a kol.: Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě. ČSJ, Praha, 2007, ISBN 978-80-02-01949-7.

Odkazová část



Ev. číslo:	PM011
Typ:	lis PD4-HH-630+400.1ES
Útvar:	53lisovna stroje
Dat. instalace:	1.7.2000
Dat. výroby:	1.1.1992
Výrobce:	Erfurt

	1. stupeň	2. stupeň	3. stupeň
Interval:	90	180	360
Druh:	PU4E	PU5E	PU6E
Dat. poslední:	16.12.2004	21.9.2004	21.3.2004

Náklady na údržby:			
Celkové:	interní	externí	materiálové
679 419	486 447	15 378	177 594



PM011	Neplán.	Mysliveček SO+NE	21,00	16.2.2003	15093,0	PM1
PM011	PU4E	Šikýř	4,00	16.2.2003	1800,0	P
PM011	Neplán.	Mysliveček	10,00	17.2.2003	2600,0	PM1
PM011	Neplán.	Bada	2,00	17.2.2003	900,0	008
PM011	Neplán.	Bada	1,83	18.2.2003	1241,0	E01
PM011	Neplán.	Mysliveček SO+NE	2,50	22.2.2003	812,5	004
PM011	Neplán.	Mysliveček	2,00	25.2.2003	520,0	P
PM011	Neplán.	Šikýř	3,50	27.2.2003	2025,0	E11
PM011	Neplán.	Mysliveček	6,00	28.2.2003	1560,0	PM1
PM011	Neplán.	Mysliveček	2,00	28.2.2003	1192,0	PM2
PM011	Neplán.	Mysliveček SO+NE	12,00	1.3.2003	3900,0	M12
PM011	Neplán.	Mysliveček	9,00	2.3.2003	2340,0	008
PM011	Neplán.	Šikýř	3,75	2.3.2003	1743,8	M01
PM011	Neplán.	Šikýř	1,00	3.3.2003	450,0	009
PM011	Neplán.	Mysliveček	46,00	4.3.2003	15860,0	M12
PM011	Neplán.	Mysliveček	6,00	5.3.2003	1560,0	PM1
PM011	Neplán.	Mysliveček	9,00	8.3.2003	2340,0	PM0
PM011	Neplán.	Šikýř	6,00	11.3.2003	1350,0	007
PM011	Neplán.	Mysliveček	2,00	12.3.2003	520,0	008
PM011	Neplán.	Mysliveček	4,00	14.3.2003	4352,0	PM1
PM011	Neplán.	Mysliveček SO+NE	5,00	15.3.2003	1625,0	M01
PM011	Neplán.	Mysliveček	1,50	17.3.2003	789,0	PM1
PM011	Neplán.	Mysliveček	1,50	19.3.2003	390,0	PM1
PM011	Neplán.	Mysliveček	4,00	21.3.2003	1040,0	PM1
PM011	Neplán.	Mysliveček	6,00	27.3.2003	1560,0	PM1
PM011	Neplán.	Šikýř	2,50	28.3.2003	562,5	007



Ujměna polohových snímačů M8 Mi PNP
Uadný snímač polohy podávání
Snímač NK2
Ujměna pístu FESTO
Ujměna polohových snímačů M8 Mi PNP
Porucha otoče stolu.
Povolená vzduchová hadice
Odpojení el.vodičů,demontáž vrtací jednotky,vyčištění ventilů přívodu vzduchu,montáž.
Seřízení snímače polohy
Ujměna čidla M8.
Uadné odjehlování - mimo osu.
Ujměna vzduchové fortuny,rychlospojky a hadice
Zlomený unašeč.
Dopnutí dopr.pásu
Oprava dopravníku
Ujměna pás.dopravníku
Špatně nastavené
Zaseklý vzduch.ventil
Nečistota na snímači - nešlel v aut.režimu otočný stůl.
Poškozený kontakt spínače.
Rameno padá rychle a nejde seřídít - ujměna tlumiče a spojky
Ujměna šroubu.Špatný kontakt na čidle polohy vrtací hlavy - dotažení,seřízení.
Uvolněný snímač.
Instalace rychlospojky do ventilu,připojení na vzduch. rozvod.Našroubování tlumiče vzduchu.
Ujměna snímačů SICK 2ks - nabouraná...
Uvolněný snímač -trvale sepnut.
Poškozen snímač přítomnosti kusu.
Špatný dveřní kontakt.Uadné čidlo polohy ramenaoprava čidla HORIZONTAL BELL oprava za pomoci PG Simatic
Ujměna 2 ks snímače pro kontrolu zlomení nástroje.
Stroj jede, pan Tichý ví o tom.že ho zapjji M.Zapletal až bude v práci.
Uadné čidlo SICK
Nefunkční čidlo odjehlování
Ujměna snímače podávacího ramene
Ujměna nabouraných čidel
Ujměna nabouraných čidel



Ecis	Datumud	Druhud	Cispol	Nazev	Kolik	C_cena
PM011	09.05.2003	Neplán	U00520	olej MOGUL HM 46S hydraulika	18.00	756.00
PM011	06.06.2003	Neplán	U00561	vložka filtru P171653	1.00	399.00
PM011	18.06.2003	Neplán	U00520	olej MOGUL HM 46S hydraulika	20.00	840.00
PM011	30.07.2003	Neplán	U00813	šroub # M20x110 K10 (120)	32.00	1888.00
PM011	03.08.2003	Neplán	U00581	šroub 6hr.M30x90.1104 10K	4.00	2678.00
PM011	03.08.2003	Neplán	U00580	šroub 6hr.:M30x150.1104 10K	4.00	2905.20
PM011	12.08.2003	Neplán	U00519	olej MOGUL HM 100 mazací	190.00	6097.10
PM011	07.09.2003	Neplán	U00615	patice FINDER Type 40.52-1 přep.kontakt	1.00	50.85
PM011	07.09.2003	Neplán	U00616	rele FINDER Type 40.31S 1přep.kontakt	1.00	58.63
PM011	25.09.2003	Neplán	U00520	olej MOGUL HM 46S hydraulika	18.00	756.00
PM011	06.10.2003	Neplán	U00519	olej MOGUL HM 100 mazací	90.00	2888.10
PM011	08.10.2003	Neplán	U00042	vožka filtru P171653	1.00	325.00
PM011	05.11.2003	Neplán	U00520	olej MOGUL HM 46S hydraulika	8.00	336.00
PM011	13.11.2003	Neplán	N00257	tyč pr.30h11 11373	0.30	33.72
PM011	13.01.2004	Neplán	U00520	olej MOGUL HM 46S hydraulika	5.00	210.00
PM011	14.01.2004	Neplán	U00520	olej MOGUL HM 46S hydraulika	50.00	2100.00
PM011	16.01.2004	Neplán	U00042	vložka filtru P171653	6.00	2394.00
PM011	25.01.2004	Neplán	U01100	řiron 8mm vřoli 20bm	1.00	190.00
PM011	25.01.2004	Neplán	U00519	olej MOGUL HM 100 mazací	0.50	16.05
PM011	26.01.2004	Neplán	U01100	řiron 8mm vřoli 20bm	1.00	190.00
PM011	06.02.2004	Neplán	N00030	šroub imbus M8x50	8.00	15.92
PM011	06.02.2004	Neplán	N00001	podložka péřová 8,2	8.00	0.80
PM011	19.02.2004	Neplán	U00520	olej MOGUL HM 46S hydraulika	5.00	210.00
PM011	26.02.2004	Neplán	U01100	řiron 8mm vřoli 20bm	1.00	190.00

Analýza poškozování strojních součástí

prof. Ing. Josef Pošta, CSc.

posta@tf.czu.cz

Obsah referátu

**Důvody pro analyzování poškozování
technických objektů**

Shrnutí poznatků

Příklady poškození a jejich analýzy

Závěry

Důvody pro analyzování

- 1. Vyšetřování nehod**, kdy je hledána odpověď na otázku zda k poškození součásti došlo před nehodou a tím byla nehoda způsobena, nebo byla nehoda způsobena jinými okolnostmi a k poškození součásti došlo v důsledku nehody.
- 2. Ovlivňování procesu poškozování (údržbou)**, tedy pro zvyšování provozní spolehlivosti (předcházení nehodám), pro optimalizaci údržby, pro volbu optimální investiční strategie.

3

Shrnutí poznatků

Na technické objekty v provozu působí síly, rázy, teplota, změny vnitřních napětí, okolní prostředí, mazivo, nečistoty aj.

Tyto vlivy se mění se změnami provozních podmínek, některé jsou časově závislé.

Důsledkem jsou změny na úrovni atomární struktury i makrostruktury materiálu.

Různé kombinace uvedených vlivů působí různé druhy poškození (degradace) technických objektů.

4

Druhy poškození

Opotřebení

DEFINICE

Koroze

DEFINICE

Otlačení

DEFINICE

Deformace

DEFINICE

Trhliny a lomy

DEFINICE

Ostatní

DEFINICE

5

Opotřebení

ZPĚT

je trvalá nežádoucí změna povrchu nebo rozměrů tuhých těles, vyvolaná vzájemným působením funkčních povrchů nebo funkčního povrchu a média, které opotřebení působí

6

Koroze

ZPĚT

(jako korozní děj) je nežádoucí fyzikálně-chemická interakce kovu a prostředí, která vede ke ztrátě užitečných vlastností kovu a nebo k poškození prostředí.

(jako výsledek korozního děje) je nežádoucí trvalá změna povrchu materiálu, způsobená zejména elektrochemickými a chemickými vlivy okolního prostředí.

7

Otlačení

ZPĚT

Otlačení je trvalá nežádoucí změna povrchu, způsobená vnějšími silami.

K otlačení dojde tehdy, jestliže skutečný kontaktní tlak překročí mez kluzu materiálu povrchové vrstvy.

8

Deformace

ZPĚT

Deformace je trvalá nežádoucí změna geometrického tvaru součásti.

9

Trhliny a lomy

ZPĚT

Trhlina je porušení homogenity materiálu v části průřezu.

Lom je porušení homogenity materiálu v celém průřezu.

10

Ostatní poškození

ZPĚT

Stárnutí materiálu je souhrn vnitřních dějů, které probíhají pozvolna v čase, bez ohledu na používání či nepoužívání součásti

Tepelná degradace materiálu je radikální změna fyzikálně-mechanických vlastností materiálu vyvolaná teplotou

Kombinace poškození nastává při současném výskytu dvou nebo více druhů

Postupně se měnící poškození nastává, mění-li se v čase mechanismus poškození stejné funkční plochy

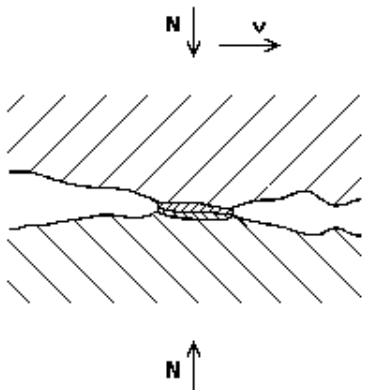
11

DRUHY OPOTŘEBENÍ

- Adhezivní
- Vibrační
- Abrazivní
- Erozivní
- Únavové
- Kavitační

12

Adhezivní opotřebení



Výskyt: v případech smyku tuhých těles, přitlačovaných normálovou silou, bez přítomnosti cizích částic mezi povrchy

Na průběh působí zejména:

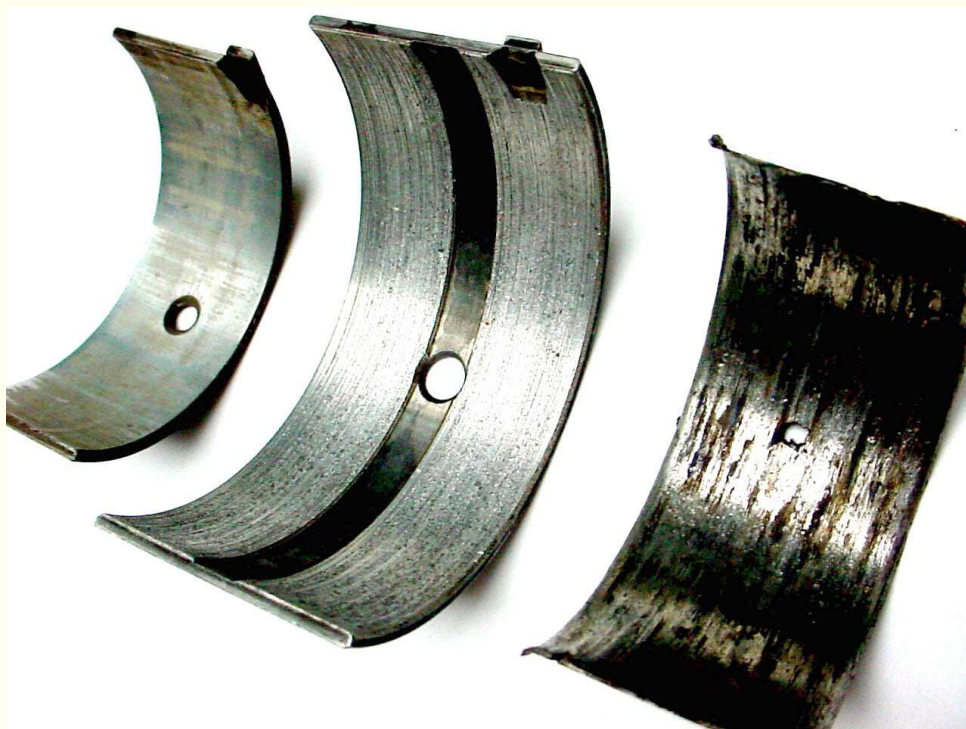
- četnost a tvar povrchových mikronerovností
- velikost normálového zatížení a relativní rychlost pohybu
- schopnost materiálů vytvářet adhezivní mikrospoje
- přítomnost maziva mezi povrchy

Možnosti ovlivnění:

- konstrukce a volba materiálů
- mazání
- údržba (péče o mazání a mazivo)

13

Adhezivní opotřebení



14

Adhezivní opotřebení



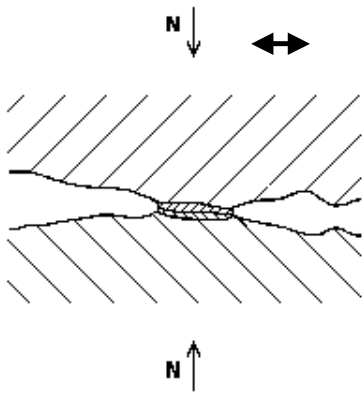
15

Adhezivní opotřebení



16

Vibrační opotřebení



Výskyt: v případech oscilačního pohybu tuhých těles, přitlačovaných normálovou silou

Na průběh působí zejména:

- velikost normálového zatížení
- frekvence a amplituda vibrace
- vlastnosti materiálů

Možnosti ovlivnění:

- omezení nebo vyloučení vibrací
- pečlivá a přesná výroba

17

Vibrační opotřebení



18

Vibrační opotřebení



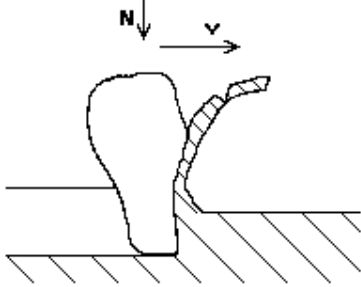
19

Vibrační opotřebení



20

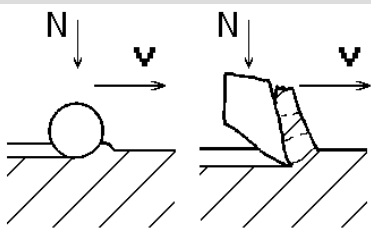
Abrazivní opotřebení



Výskyt: při smýkání tvrdých drsných povrchů, při zpracovávání abrazivního materiálu, při přítomnosti tvrdých částic mezi smýkajícími se povrchy

Na průběh působí zejména:

- množství abrazivních částic
- tvar a velikost abrazivních částic
- tvrdost a pevnost abrazivních částic
- poměr tvrdosti abrazivních částic a povrchu součásti

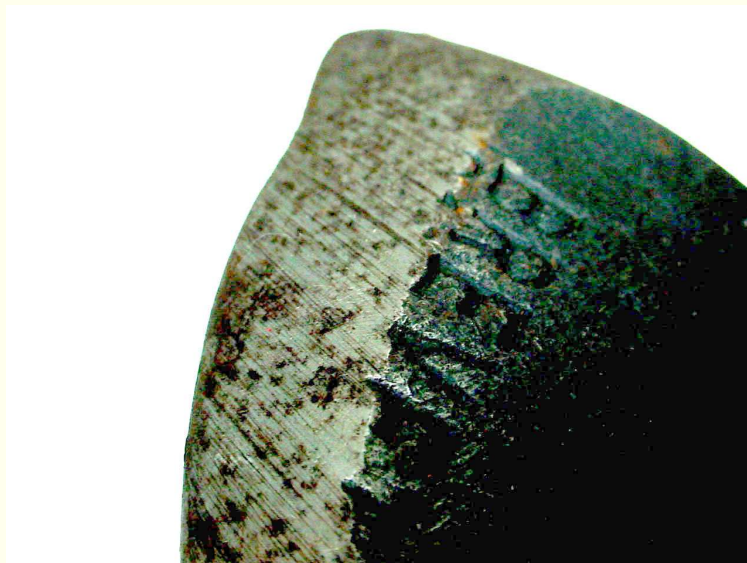


Možnosti ovlivnění:

- utěsnění spojů proti vnikání abrazivních částic
- volba materiálů nebo jejich povrchového zpracování

21

Abrazivní opotřebení



22

Abrazivní opotřebení



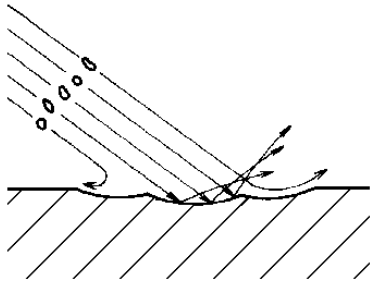
23

Abrazivní opotřebení



24

Erozivní opotřebení



Výskyt: při působení proudu částic unášených plynem nebo kapalinou, popř. částic samotné kapaliny nebo páry

Na průběh působí zejména:

- relativní rychlost částic vůči povrchu
- teplota a chemické vlastnosti unášejícího media
- druh, velikost a tvar částic
- kinetická energie a úhel dopadu částic
- vlastnosti opotřebovávaného materiálu

Možnosti ovlivnění:

- použití odolných materiálů

25

Erozivní opotřebení



26

Erozivní opotřebení



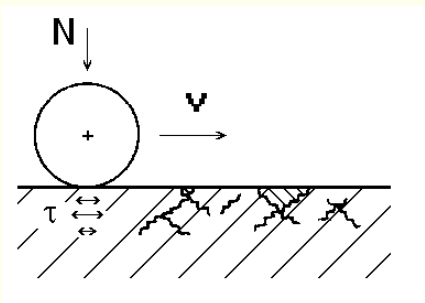
27

Erozivní opotřebení



28

Únavové opotřebení



Výskyt: při dlouhodobém opakovaném působení kontaktních tlaků

Na průběh působí zejména:

- velikost kontaktního tlaku
- frekvence působení tlaku
- vlastnosti povrchových a podpovrchových vrstev materiálu

Možnosti ovlivnění:

- konstrukce snižující kontaktní tlaky
- pečlivá a přesná výroba
- volba vhodných vlastností (úprav) povrchů

29

Únavové opotřebení



30

Únavové opotřebení



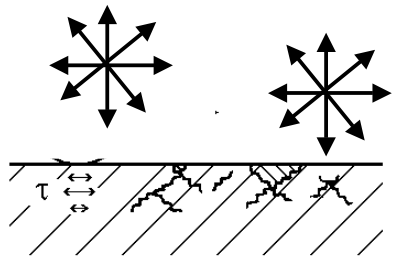
31

Únavové opotřebení



32

Kavitační opotřebení



Výskyt: na povrchu který je v kontaktu s kapalinou, vzniká-li kavitace

Na průběh působí zejména:

- obsah plynů v kapalině
- teplota a tlakové poměry v kapalině
- povrchové napětí a viskozita kapaliny

Možnosti ovlivnění:

- konstrukce vylučující vznik kavitace
- dodržování provozních podmínek vylučujících vznik kavitace

33

Kavitační opotřebení



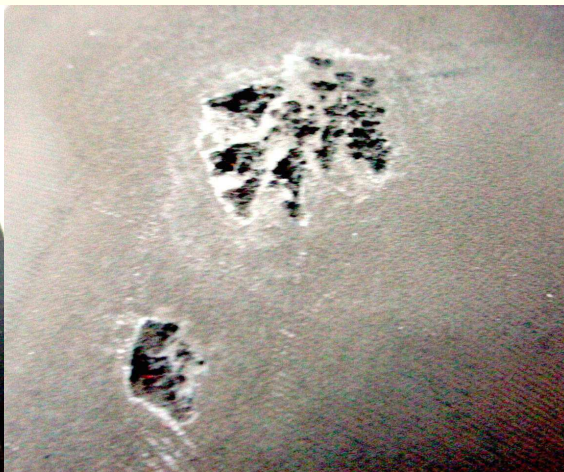
34

Kavitační opotřebení



35

Kavitační opotřebení



65

Opotřebení

V technické praxi bývá nejčastěji kombinované s dalšími druhy poškození. Častý je rovněž případ, kdy se mechanismus opotřebení s dobou provozu mění.

U havarovaných součástí proto někdy nelze spolehlivě určit původní technickou příčinu poškození.

37

KOROZE

Koroze (jako korozní děj) je nežádoucí fyzikálně-chemická interakce kovu a prostředí, která vede

- ke ztrátě užitečných vlastností kovu,**
- k poškození prostředí.**

Koroze (jako výsledek korozního děje) je nežádoucí trvalá změna povrchu materiálu, způsobená zejména elektrochemickými a chemickými vlivy okolního prostředí.

38

ZTRÁTY PŮSOBENÉ KOROZÍ

Během používání $\frac{1}{3}$ veškeré vyrobené oceli a $\frac{1}{6}$ neželezných kovů podléhá korozi.

V průmyslově vyspělých státech dosahují korozní ztráty 4 až 6 % hrubého domácího produktu.

[v USA (1999 až 2001) 6 % HDP]

V ČR to znamená ročně minimálně **100 miliard Kč** *
(minimálně 50x více než škody způsobené požáry**,
3x více než roční výdaje ČR na vědu a výzkum***)

ČR (v roce 2003):

* HDP	2551	mld. Kč
** Přímé škody požáry	1,84	mld. Kč
*** Celkové výdaje na VaV	32,2	mld. Kč

Pramen: Prof. ing. Pavel Novák, CSc.

39

Rozdělení koroze

Podle mechanismu korozních dějů:

- koroze chemická
- koroze elektrochemická

Podle vzhledu:

- koroze rovnoměrná
- koroze nerovnoměrná

Podle prostředí kde probíhá:

- koroze atmosférická
- koroze půdní
- koroze ve vodě, v plynech aj.

40

Koroze



41

Koroze



42

Koroze



43

OTLAČENÍ

Otlačení je nežádoucí trvalá změna povrchu způsobená vnějšími silami

- K otlačení dojde, jestliže skutečný kontaktní tlak překročí mez kluzu materiálu povrchové vrstvy.
- O otlačení jako poškození se jedná tehdy, je-li deformovaná oblast makroskopických rozměrů. V mikroskopických rozměrech dochází k otlačení vždy; jedná se o první fázi opotřebení ve které se povrchové mikronerovnosti dostávají do kontaktu.
- Objem otlačené součásti se nemění, materiál není odstraňován ale vytlačován, vytváří valy okolo místa působení tlaku. Otlačení lze tedy považovat za místní povrchovou deformaci.

44

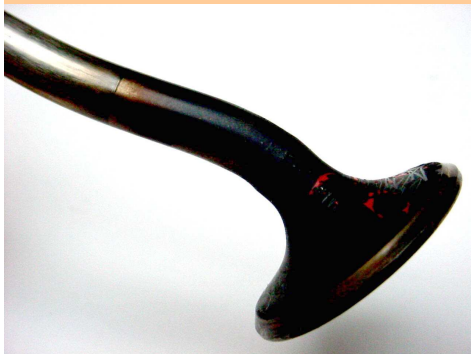
DEFORMACE

Deformace je nežádoucí trvalá změna geometrického tvaru součásti

- **K deformaci dojde, jestliže napětí vyvolané vnějšími silami v některém průřezu překročí mez kluzu materiálu.**
- **U křehkých materiálů většinou dojde k lomu, protože už poměrně malé deformace vedou k překročení meze pevnosti materiálu.**
- **K deformaci rovněž dojde, změní-li se rozložení vnitřních pnutí v materiálu.**

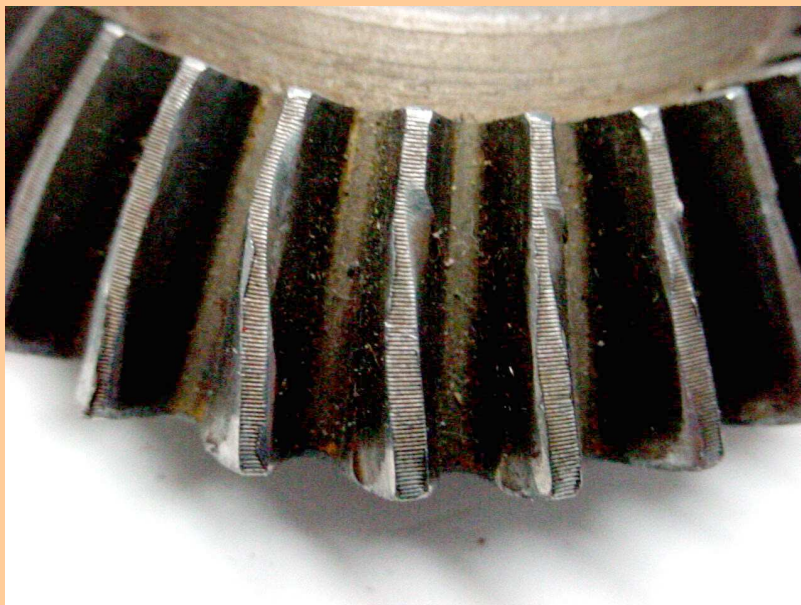
45

Příklad deformace



46

Příklad deformace



47

TRHLINY A LOMY

Trhlina je porušení celistvosti materiálu v části průřezu, lom je porušení celistvosti materiálu v celém průřezu součásti

Příčinami vzniku trhlin a lomů jsou vnější nebo vnitřní napětí, která překročí mez pevnosti nebo mez únavy materiálu

Vzniku trhlin a lomů napomáhá:

- nevhodná konstrukce součásti (tvar nebo rozměry)
- nevhodné vlastnosti materiálu (pevnost nebo houževnatost)
- nevhodná technologie výroby (zbytková pnutí, vruby)
- nesprávný provoz (přetěžování, zanedbání údržby)
- změny vlastností s časem (stárnutí, únava, koroze)

48

Trhliny

Často se vyskytují:

- u odlitků,
- u svařenců,
- u tepelně zpracovaných součástí

Trhliny:

- snižují celkovou pevnost součásti
- působí netěsnosti
- u dynamicky namáhaných součástí vedou ke vzniku únavových lomů

49

Příklad trhliny



50

Příklad trhliny



51

Lomy

Podle mechanismu svého vzniku se dělí na

- lomy statické
- lomy únavové

52

Statický lom

Statický lom vznikne, je-li překročena mez pevnosti materiálu

Vzhled lomové plochy je různý:

- **Při namáhání v ohybu je lomová plocha přibližně rovinná, kolmá na směr napětí. Celá lomová plocha má stejnorodý drsný (zrnitý) vzhled.**
- **Při namáhání v krutu je lomová plocha u materiálů houževnatých šroubovitá, u materiálů křehkých jehlicovitě roztržštěná.**
- **Při namáhání kombinovaném je lomová plocha nepravidelná, zpravidla se blíží lomové ploše převládajícího namáhání.**

53

Příklad statického lomu



54

Příklad statického lomu



55

Příklad statického lomu



56

Únavový lom

Únavový lom vznikne, je-li překročena mez únavy materiálu, namáhání je proměnné v čase a počet cyklů je dostatečně vysoký

POZOR !

**Nezaměňujte únavový lom
s únavovým opotřebením**

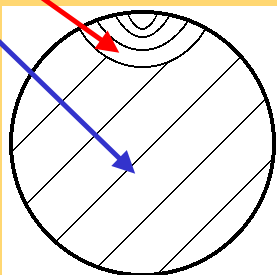
57

Posuzování únavových lomů

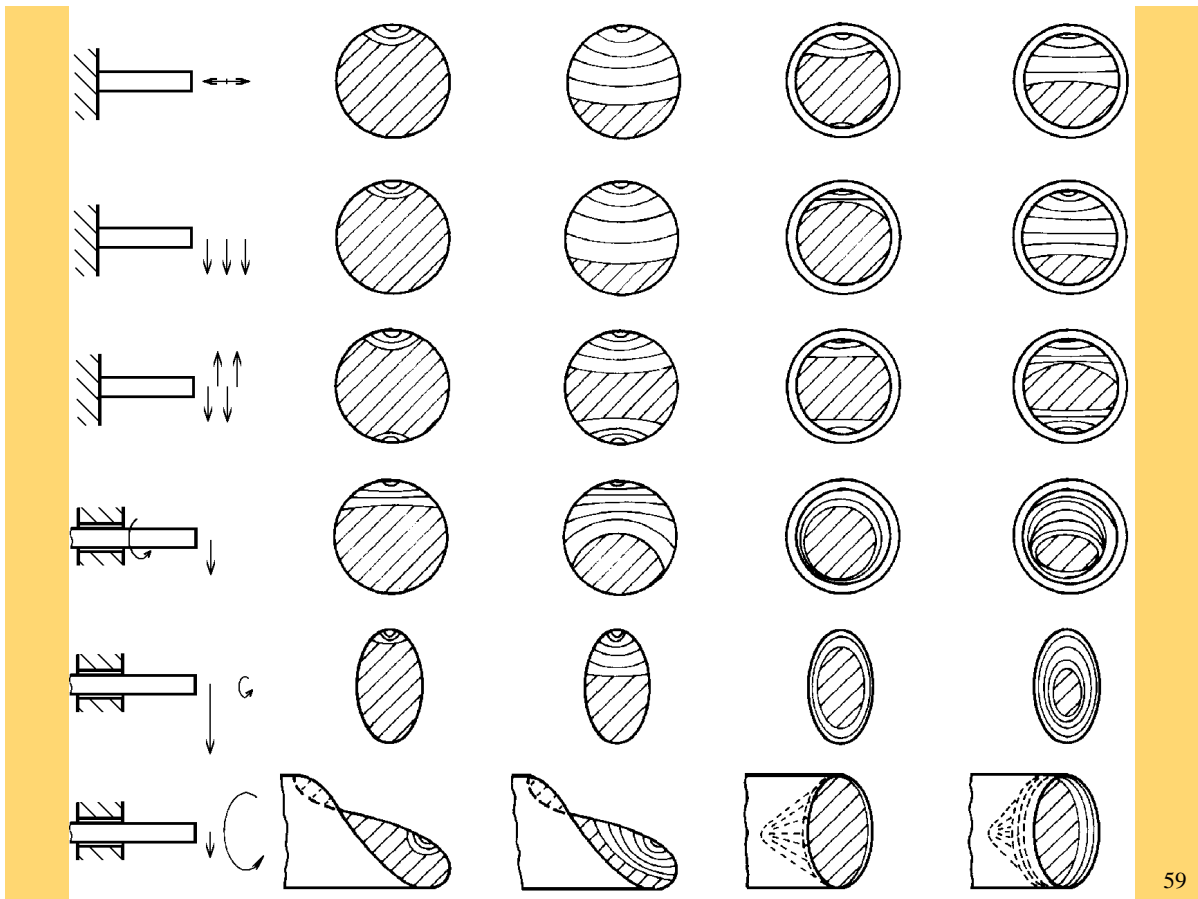
Podle tvaru jednotlivých oblastí únavového lomu a podle poměru jejich velikosti lze zpětně posoudit podmínky namáhání

Lomová plocha má dvě (nejčastěji) typické, vzhledově odlišné oblasti:

- **oblast únavovou**, s lasturovitě vyhlazeným povrchem
- **oblast statickou**, s typickým vzhledem statického lomu



58

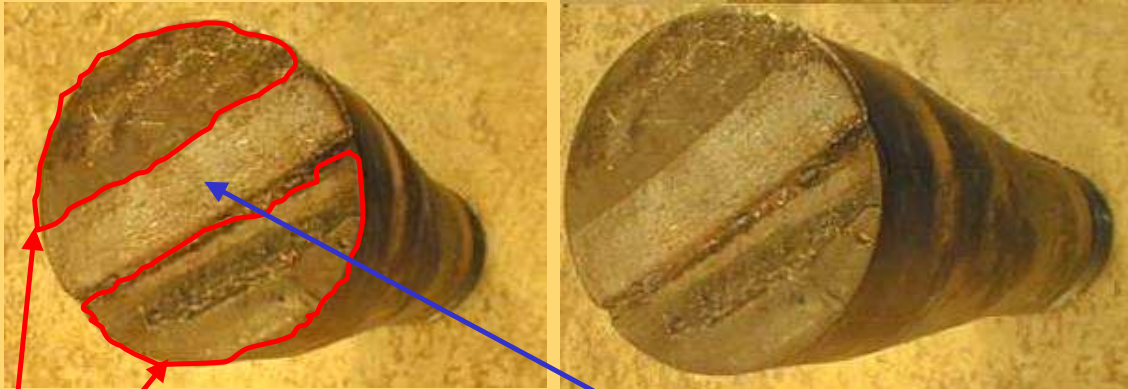


Příklad únavových lomů



Poloosa osobního automobilu + čep. Dynamické namáhání v ohybu a v krutu, převažující ohybové namáhání. Zřetelné dvě oblasti únavového lomu a poměrně malá oblast lomu statického.

Příklad únavových lomů



Čep. Dynamické (střídavé) namáhání v ohybu. Zřetelné dvě nestejně veliké oblasti únavového lomu, mezi nimi oblast lomu statického.

61

Příklad únavových lomů



62

Příklad únavových lomů



63

Příklad únavových lomů



Čep. Dynamické namáhání v krutu, rozvoj lomu z obvodové vady na povrchu.

Čep. Dynamické namáhání v ohybu a krutu. Rozvoj lomu ovlivnilo především ohybové namáhání, dolomení způsobeno pravděpodobně nahodilým rázovým zatížením v krutu.

64

OSTATNÍ POŠKOZENÍ

Kromě uvedených poškození, která jsou nejčastější a obvykle zřetelná, dochází i k jiným, někdy méně zřetelným poškozením:

Stárnutí materiálu = souhrn vnitřních dějů, které probíhají pozvolna v čase, bez ohledu na používání či nepoužívání součásti

Tepelná degradace materiálu = radikální změna fyzikálně-mechanických vlastností materiálu vyvolaná teplotou

Kombinované poškození = poškození při současném výskytu dvou nebo více uvedených druhů

Postupně se měnící poškození = poškození, kdy se v čase mění mechanismus poškození stejné funkční plochy

65

Závěr

Analýza poškozování strojních součástí může poskytnout účinné nástroje i pro

- vyšetřování nehod a havárií,
- zvyšování provozní spolehlivosti

66



Česká společnost pro jakost, Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
Zajištění údržby v systému managementu spolehlivosti, Praha 24. 9. 2009

Zajištění údržby v systému managementu spolehlivosti (sborník přednášek),
kolektiv autorů
počet stran: 80
1. vydání,
rok vydání: 2009
druh vazby: brožovaná

ISBN 978-80-02-02181-0