

Interreg



Rakousko-Česká republika

Evropský fond pro regionální rozvoj



STROJÍRENSTVÍ

Provoz a údržba strojů



EVROPSKÁ UNIE

OBSAH

1. Základní pojmy	3
1.1. Základní všeobecné požadavky na údržbu:	4
2. Požadavky a zajištěnost provozní spolehlivosti, teorie údržby	5
2.1. Provozní spolehlivost.....	5
2.2. Provozní spolehlivost a technický život objektu	5
2.3. Požadavky na provozní spolehlivost	6
3. Hodnocení účinnosti údržby	7
3.1. Celková účinnost zařízení.....	8
3.2. Komplexní metody hodnocení účinnosti údržby	8
4. Rizika údržby.....	9
4.1. Analýza stromu poruch FTA – postup	9
4.2. Analýza stromu událostí ETA - postup	9
4.3. Rizikové faktory v údržbě	9
5. Kompaktní audit údržby.....	11
5.1. Benchmarking.....	11
5.2. Outsourcing.....	12
5.3. Locators study údržby	12
5.4. Riziková analýza.....	13
5.5. Kvantifikace provozní spolehlivosti	13
5.6. Jakost managementu údržby	13
6. Řízení spolehlivosti.....	14
6.1. Definice	14
6.2. Nástroje řízení spolehlivosti	14
6.3. Potřeba řízení spolehlivosti	14
6.4. Spolehlivost v jednotlivých etapách životního cyklu produktu.....	15
6.5. Vanová křivka.....	16
6.6. Zpětná vazba.....	17
6.7. Informační podklady potřebné pro řízení spolehlivosti	17
7. Metody řízení spolehlivosti.....	18
7.1. Histogram.....	18
7.2. Trend	18

7.3. Paretův diagram	19
7.4. Ishikawa diagram	19
8. Zkoušení spolehlivosti a zkušební plány	21
8.1. Členění zkoušek spolehlivosti.....	21
8.2. Zkušební plány.....	22
8.3. Metodika zkoušky.....	23
9. Modelování a kvantifikace spolehlivosti systémů	24
9.1. Spolehlivost systémů	24
9.2. Sériový model spolehlivosti	24
9.3. Paralelní model spolehlivosti	25
9.4. Kombinovaný sériově-paralelní systém.....	26

1. ZÁKLADNÍ POJMY

Údržba – kombinace všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení v stavu, nebo jeho navrácení do stavu, v kterém může vykonávat požadovanou funkci.

Strategie údržby – metoda managementu používaná k dosažení cílů údržby.

Cíl údržby – zabezpečení takého režimu starostlivosti o hmotný majetek, který poskytuje skutečný objektivní obraz a je nápomocný zlepšení celkové efektivity zařízení, řeší problémy údržby strojů a zařízení včetně dopadů na produktivitu.

Filosofie a strategie údržby – systém principů pro organizování a provádění údržby. Je postavený na chápání údržby jako celopodnikového problému, který pomocí souboru aktivit vedoucích k provozu strojů a zařízení za optimálních podmínek zajišťuje.

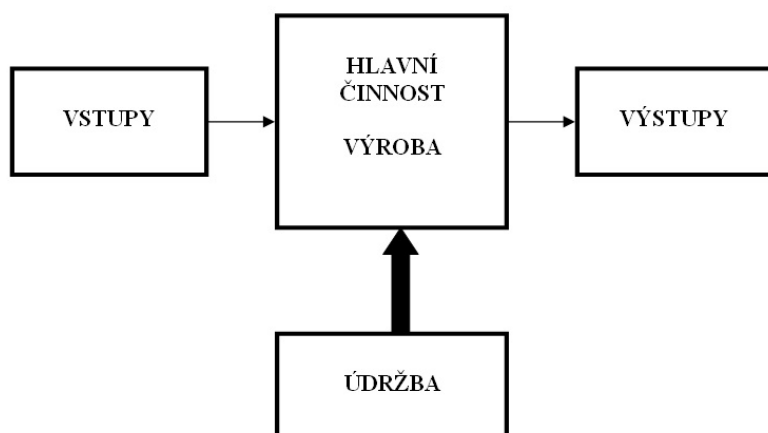
Koncepce údržby – popis vztahů mezi místy údržby, stupněm rozčlenění objektu a stupněm údržby, které mají být použité pro údržbu objektu.

Udržitelnost – schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat v stavu, v kterém bude vykonávat požadovanou funkci, pokud se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a zdroje.

Zajištěnost údržby – schopnost údržbářské organizace mít v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu správné zajištění údržby na místě, kde je nutné převést požadovaný údržbářský zásah.

Zajištění údržby – zdroje, služby a management nutný k provozu údržby.

Funkce údržby ve výrobním procesu



I.I. Základní všeobecné požadavky na údržbu:

Procesní přístup – funkčnost a způsobilost při vynaložení optimálních nákladů je účinnější při řízení údržby jako procesu.

Systémový přístup – účinnost a efektivnost údržby je zvyšovaná i řízením vzájemně souvisejících procesů.

Řízení údržby – vrcholové vedení údržby musí prosazovat a vytvářet prostředí v souladu s celkovou strategií a koncepcí řízení výroby.

Zapojení všech pracovníků – údržba je věcí každého pracovníka, ne jenom pracovníků údržby.

Změna myšlení a postojů – v chápání a pojetí údržby včetně přístupu k zvyšování kvalifikace z pohledu údržbářských prací.

Rozhodování postavené na faktech – analýzy údajů s vpřed definovanou jistotou a jich využití v informačních systémech pracujících v reálném čase potřebném k rozhodnutí.

Neustálé zlepšování – údržbářských procesů po stránce technické a organizačné.

Prosazování výhodných dodavatelských vztahů – řešit údržbu centralizací práce, integrací do výroby (autonomní údržba) a vyčleněním (externí údržba).

ZÁSADA 3 P

PREVENCE – vykonání údržby v pravý čas – v předstihu

PROAKTIVITA – hledání příčin poruchovosti

PRODUKTIVITA – nastavení údržby tak aby nestagnovala výroba

2. POŽADAVKY A ZAJIŠTĚNOST PROVOZNÍ SPOLEHLIVOSTI, TEORIE ÚDRŽBY

2.1. Provozní spolehlivost

„Vlastnost výrobku (stroje), která mu umožňuje plnit určené funkce v mezích přípustné tolerance při daných provozních podmínkách a požadované době provozu“ Mezi její základní vlastnosti patří:

- Funkčnost,
- Bezpečnost,
- Bezporuchovost,
- Udržovatelnost,
- Pohotovost

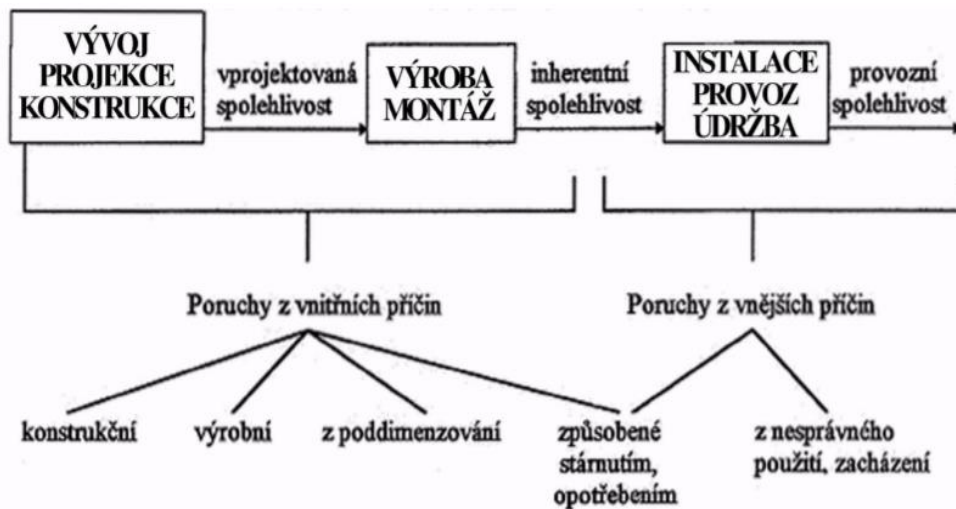
Zabezpečení provozní spolehlivost je nutno chápat jako systémový problém řešení všech procesů a činností ve svých vzájemných vazbách a souvislostech.

2.2. Provozní spolehlivost a technický život objektu

Zabezpečení provozní spolehlivosti se dá říci prolíná celým průběhem technického života každého provozovaného objektu.

Prvopočátek provozní nespolehlivosti už může začínat na samém začátku jeho průběhu technickým životem objektu.

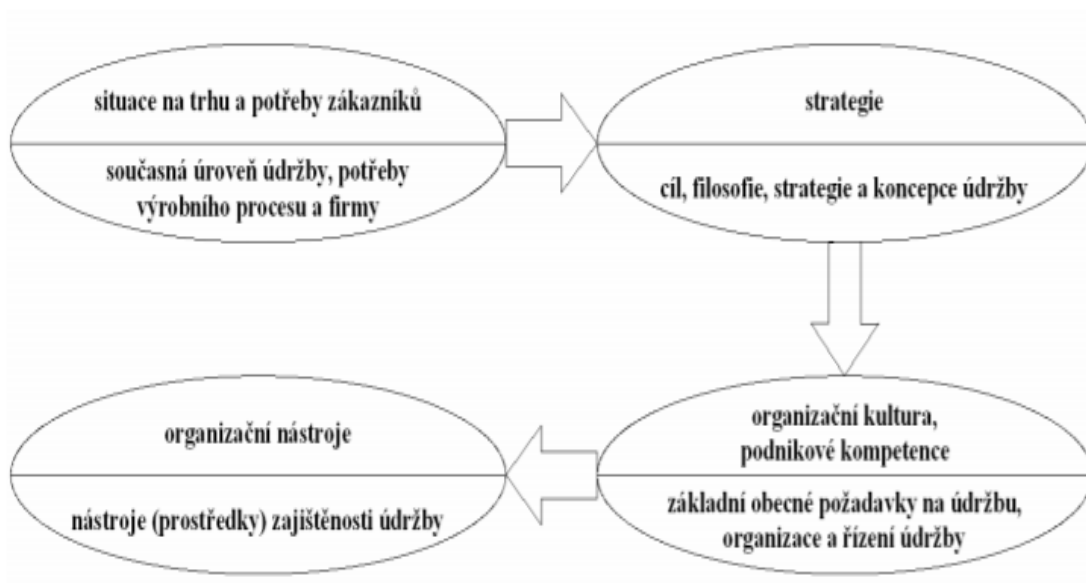
Průběh technického života objektu – přiřazení spolehlivosti a poruch k základnímu členění životního cyklu objektu:



Z obrázku je jednoznačně jasné co se myslí pod pojmem provozní spolehlivosti. Jedná se o nejdůležitější a nejdůležitější etapu technického života stroje, jelikož ze stroje se stává výrobní prostředek = přináší hodnoty. Též je zřejmé, že existuje zpětná vazba ze sledování provozní spolehlivosti, která povede až k inovační rekonstrukci nespolehlivého konstrukčního uzlu nebo jeho částí.

2.3. Požadavky na provozní spolehlivost

Chceme-li naplnit již uvedenou nutnost systémově procesního pojmání údržby jako nástroje zajištění provozní spolehlivosti, tak jsme nuceni používat takové postupy a procesy, které nám umožní realizovat stanovené cíle, strategie a koncepce, viz následující obrázek.



3.HODNOCENÍ ÚČINNOSTI ÚDRŽBY

Náklady na údržbu jsou nutné k obnovení funkce výrobního zařízení, proto je nutnost se zabývat ekonomickou efektivností a hodnocením údržby.

- Problém který musíme řešit:
 - *Náklady na údržbu x minimalizace prostojů (nečinnost zařízení)*
- Není zřejmý poměr nákladů a výdajů
 - Přímé (Snadný výpočet – náhradní díly, maziva...)
 - Těžké hodnotit vliv údržby na poruchy, snížení kvality, ztrát...

Efektivní produktivní provozování přináší:

- Přínos pro zařízení
- Přínos pro lidi (obsahu)
- Přínos pro provoz zařízení

Pro skutečné náklady platí, že 7/8 nákladů je skryto, nebo těžko zjistitelných. Patrné to je z diagramu, tzv. „**Ledovec nákladů**“.



3.1. Celková účinnost zařízení

CEZ - míra využití x míra výkonu x míra kvality

OEE - „Overall Equipment Effectiveness“

Míra využití dostupnosti - ztráty vlivem poruch, přestavby, nastavení a seřízení

Míra využití = $\frac{\text{Doba možného provozu zařízení} - \text{prastoje}}{\text{Doba možného provozu zařízení}}$

Míra výkonu - ztráty vlivem nevyužitých prostojů, vlivem snížené rychlosti a menších přerušení.

Míra výkonu = $\frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{takt (ideální cyklus)}}{\text{doba možného provozu zařízení} - \text{prastoje}}$

Míra kvality - ztráty vlivem vadných výrobků, rozjedu výroby, předělávk.

Míra kvality = $\frac{\text{počet vyrobených kusů} - \text{zmetky} - \text{více práce}}{\text{počet vyrobených kusů}}$

CEZ = $\frac{\text{počet kvalitních výrobků} \times \text{ideální cyklus}}{\text{doba možného provozu stroje}}$

Zlepšení CEZ o 1% odpovídá 5-20 % nákladům na údržbu!

3.2. Komplexní metody hodnocení účinnosti údržby

- Celková účinnost údržby
 - Index účinnosti údržby
 - Křivka ukazatelů údržby
 - Audit údržby
- Rizika údržby (metody posuzování)
 - FME/FMECA - analýza způsobu a důsledku poruch + následnosti a kritičnosti
 - FTA - strom poruch
 - ETA - strom událostí

4. RIZIKA ÚDRŽBY

Nebezpečí – vlastnost objektu způsobit negativní jev

Ohrožení – možnost aktivizace nebezpečí

Riziko – akceptovatelná forma dané činnosti (vědomí výskytu potenciálního nebezpečí a jeho rozsahu)

4.1. Analýza stromu poruch FTA – postup

- Definuje se analyzovaná událost a zjišťují se možné příčiny a druhy poruchových stavů
- Rozvoj vrcholné úrovně na jevy nižší úrovně (Hledají se možné příčiny nadřazené události)
- Popisují se příčiny poruchového stavu (Co, Kde, Jak, Proč)
- Provedení analýz, jejímž výstupem je:
 - Soupis kombinace možných druhů poruch a příčin
 - Pravděpodobnost, s jakou může událost nastat

4.2. Analýza stromu událostí ETA - postup

- Proti FTA je postup opačný – hledají se účinky stavů součástky na celý systém
- Užívá se často jako doplnění FTA analýzy

4.3. Rizikové faktory v údržbě

- Riziko údržby je součin pravděpodobnosti vzniku poruchy a důsledku
- Hodnota pravděpodobnosti vzniku poruchy:

$$P_i = \frac{n_i}{H \cdot N - Pr}$$

- P_i – hodnota pravděpodobnosti vzniku poruchy
- n_i – počet oprav i-té kategorie důležitosti daného uzlu
- H – počet hodin práce za den
- N – počet dní v roce
- Pr – prostoj daného uzlu v dané kategorii důležitosti

- Důsledek vzniku poruchy

$$D_i = \frac{m \cdot c + U_i}{H \cdot N}$$

- D_i – důsledek vzniku poruchy
- m – množství výrobků za rok na daném uzlu
- c – cena výrobku
- H – počet hodin práce za den
- N – počet dní v roce
- U_i – celkové roční náklady na údržbu daného uzlu

- Riziko údržby je součin pravděpodobnosti vzniku poruchy a jejího důsledku

$$R_i = D_i \cdot P_i$$

- R_i – hodnota rizika údržby
- D_i – důsledek vzniku poruchy
- P_i – hodnota pravděpodobnosti vzniku poruchy

5.KOMPAKTNÍ AUDIT ÚDRŽBY

Kontrola zavedeného systému managementu organizační jednotky a zjišťování neshody porovnáním s normami, dokumentací apod.

Dělení

- Audit systému
- Audit procesu
- Audit operace

Části kompaktního auditu údržby:

- Benchmarking údržby
- Outsourcing údržby
- Locators study údržby
- Jakost managementu údržby
- Riziková analýza
- Kvantifikace provozní spolehlivosti

5.1. Benchmarking

Jedná se o nepřetržitý a systematický proces porovnávání a měření produktů, procesů a metod vlastní organizace s těmi, kdo byli uznáni jako vhodní pro toto měření, za účelem definovat cíle zlepšování vlastních aktivit.

Obecný postup Benchmarkingu

- Stanoví se položky pro porovnávání
- Stanoví se, s kým se bude provádět porovnávání
- Začneme shromažďovat údaje o výkonnosti procesu a potřebách zákazníka
- Orientačně porovnáme procesy a zjistíme příležitosti ke zlepšení jakosti

Cíle Benchmarkingu:

- Úspory nákladů
- Zvýšení spokojenosti zákazníků
- Porozumnění výkonnosti na úrovni světové třídy
- Lepší rozhodování
- Stanovení náročnějších cílů
- Urychlení procesu změny

5.2. Outsourcing

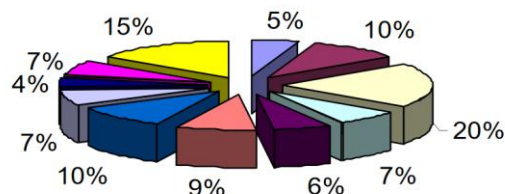
Outsourcing = outside resource using

- Využívání vnějších zdrojů
- Zajišťování výkonů, které nepatří mezi klíčové schopnosti auditované firmy

Cíle outsourcingu:

- Provádění vybraných činností rychleji, bezpečněji a levněji
- Snížení počtu vlastních pracovníků
- Koncentrace vlastních zdrojů na klíčové kompetence

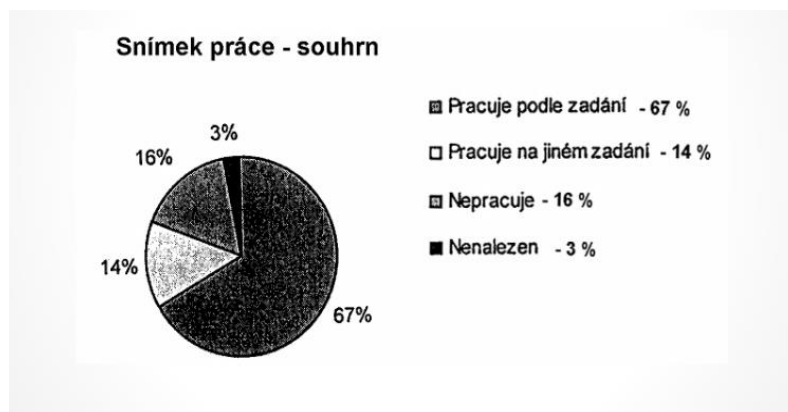
Jaké služby se outsourcují?



Doprava	Nemovitosti	Informační technologie
Výroba	Marketing a prodej	Human Resources
Distribuce a logistika	Finance	Management
Služby zákazníkům	Administrativa	

5.3. Locators study údržby

- Studie využití pracovníků údržby
- Studie zobrazuje skutečné pracovní vytížení a využití během pracovní doby



5.4. Riziková analýza

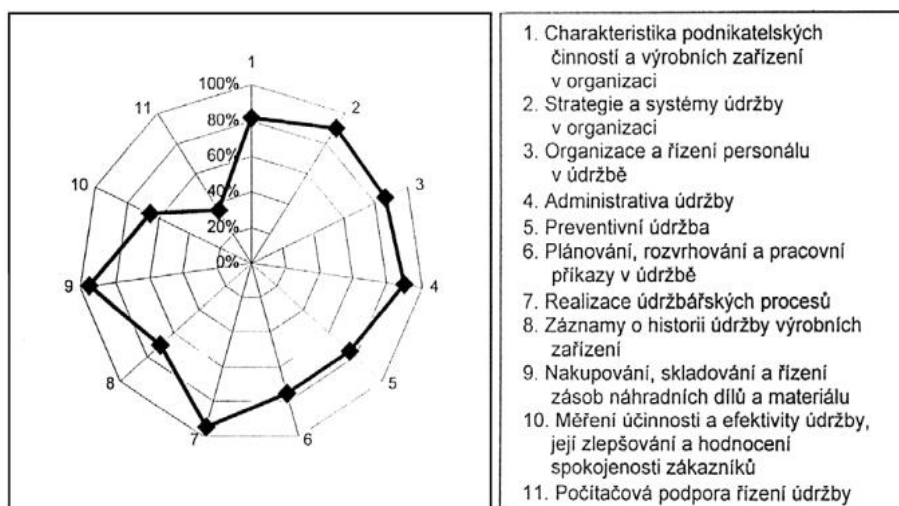
Určuje pravděpodobnosti havárie a jejich následných důsledků pomocí metod. např. FMEA, FMECA, FTA, ETA, HAZOP apod.

5.5. Kvantifikace provozní spolehlivosti

Matematickým základem kvantifikace spolehlivosti je počet pravděpodobnosti a matematická statistika. Tyto nástroje jsou potřebné k popisu a analýze náhodných jevů a procesů odpovídajících procesu poruch a obnovy.

5.6. Jakost managementu údržby

Ve své podstatě se jedná o kvantifikaci odpovědi na 11 okruhů otázek, které se vyhodnocují do tzv. paprskového diagramu.



6.ŘÍZENÍ SPOLEHLIVOSTI

6.1. Definice

Spolehlivost - Podle ČSN 010102 je spolehlivost charakterizována:

„obecná vlastnost objektu spočívající ve schopnosti plnit požadované funkce při zachování hodnot stanovených provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek“

Tato definice je doplněna několika vysvětlujícími poznámkami:

- Spolehlivost je komplexní vlastnost, která může zahrnovat např. bezporuchovost, životnost, udržitelnost a skladovatelnost, buď jednotlivě, nebo v kombinaci
- Technickými podmínkami se rozumí souhrn specifikací technických vlastností, předepsaných pro požadovanou funkci objektu, dále způsoby jeho provozu, skladování, přepravy, údržby a opravy
- Provozní ukazatele jsou ukazatele produktivity, rychlosti, spotřeby elektrické energie, paliva, apod.

6.2. Nástroje řízení spolehlivosti

- Plán spolehlivosti
- Program spolehlivosti
- Metody spolehlivosti
- Zkoušky spolehlivosti
- Normy spolehlivosti
- Školení a zvyšování kvalifikace v oblasti spolehlivosti

6.3. Potřeba řízení spolehlivosti

- Na zabezpečování spolehlivosti se podílejí všechny útvary firmy, více činnostmi, které musejí za sebou následovat v přesném vymezeném pořadí a v určitých časových okamžicích a rozsahu. Tím vzniká nutnost působení činností koordinovat, aby se z výchozí úrovně spolehlivosti při jeho instalaci dosáhlo zákazníkovo požadované spolehlivosti.
- Řízení spolehlivosti se vykonává v souladu se systémem vyplývající pro jednotlivé útvary firmy rozdílné úlohy (počet a náročnost), pravomocí a zodpovědnosti

- Řízení spolehlivosti se rozumí hlavně koordinaci působení všech činností a aktivit vyplývajících na tvorbu a zabezpečení spolehlivosti v souladu s normami a další legislativou,

kteřá se zabývá spolehlivostí.

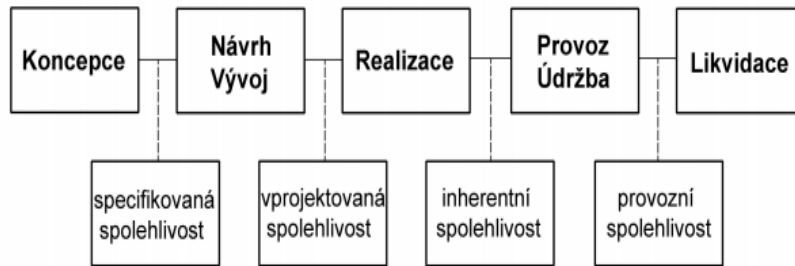
- Přitom jde o zabezpečování spolehlivosti v etapě provozu, která tvoří nejdelší etapu.
- Spolehlivosti je potřeba věnovat značnou pozornost.
- Protože čím složitější objekt, tím nepříznivé jsou podmínky a čím větší jsou následky z nespolehlivosti, tím větší je potřeba až nezbytnost řídit spolehlivost jeho provozu, tj. cílevědomě působit na její zajišťování.

6.4. Spolehlivost v jednotlivých etapách životního cyklu produktu

Spolehlivostní disciplíny jsou uplatňovány ve všech životních etapách produktu, přičemž životní cyklus můžeme definovat dle normy ČSN EN 13306 Údržba – **Terminologie údržby**

Jedná se konkrétně o:

- Koncepti (specifikaci) požadavků na zařízení, jeho výkonnost, spolehlivost a životnost – tzv. specifikovaná spolehlivost
- Návrh a vývoj parametrů zařízení, podmínek bezporuchovosti a udržovatelnosti, tzv. „vprojektování“ spolehlivosti.
- Realizaci (výrobu) – zadání poptávky, výběr a instalaci zařízení – zde se pracuje s inherentní spolehlivostí.
- Provoz a údržbu – kolaudaci zařízení a jeho uvedení do trvalého provozu, vzhledem k různým provozním podmínkám u různých zákazníků zde mluvíme o provozní spolehlivosti
- Likvidaci – vypořádání se s nefunkčním nebo nepoužívaným strojem.



6.5. Vanová křivka

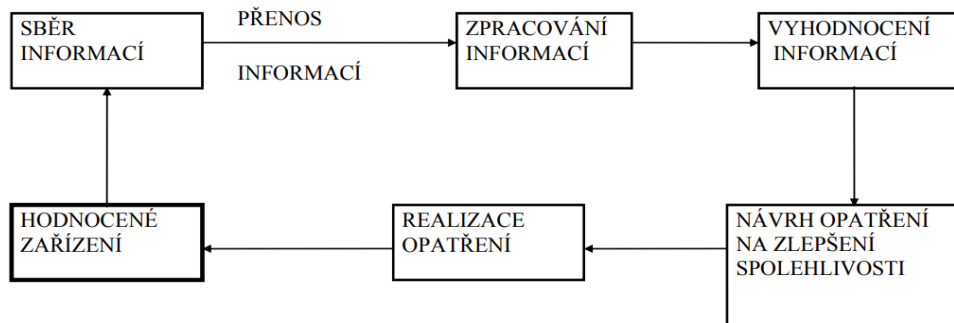
Rozdělit životní cyklus objektu lze i jinak. Jednu z možností nabízí vanová křivka, která rozděluje životní cyklus výrobku na 3 etapy.



- zóna – období časných poruch – v této zóně dochází k rychlému poklesu intenzity poruch. Vysoká četnost je zpočátku způsobena záběhem, při kterém se projevují poruchy způsobené chybami při výrobě, montáži nebo návrhu objektu
- zóna – období normálního provozu – jedná se o dlouhé období, které také nazýváme obdobím normálního užití. Výrobek je používán ke svému účelu s přibližně 26 konstantním výskytem poruch. K poruchám dochází převážně z vnějších příčin, nevyskytuje se opotřebení ovlivňující vlastnosti objektu
- zóna – období stárnutí – dochází k růstu intenzity poruch vlivem stárnutí materiálu a opotřebení. Po překročení únosné intenzity poruch dochází k odstavení a vyřazení objektu z provozu.

6.6. Zpětná vazba

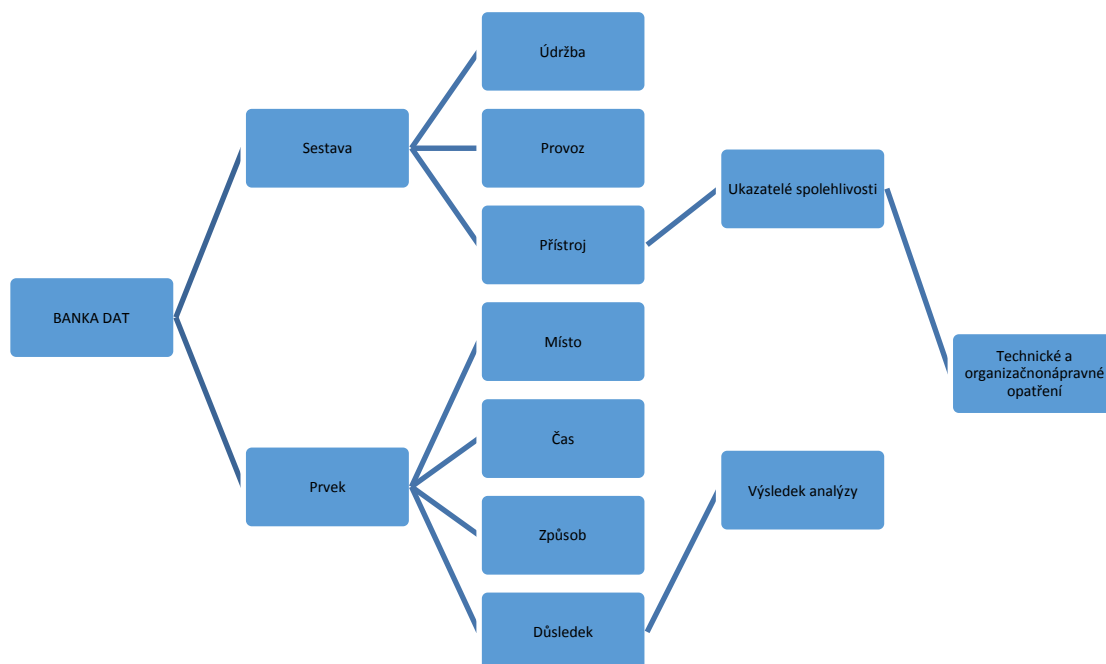
- Důležitou částí řízení spolehlivosti je zpětná vazba
- Prostřednictvím zpětné vazby se útvary zajišťující provoz dozvědí o:
 - Rozdílem mezi požadovanou a skutečnou dosahovanou spolehlivostí
 - Příčinám vzniknutého rozdílu



6.7. Informační podklady potřebné pro řízení spolehlivosti

Důležitá část:

- Rozbory spolehlivosti
- Banka dat spolehlivosti



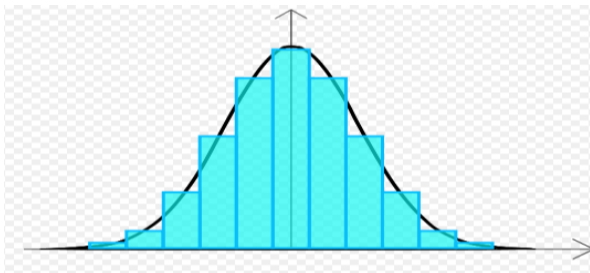
7. METODY ŘÍZENÍ SPOLEHLIVOSTI

K významným metodám analýzy spolehlivosti a diagnostiky nedostatků v provozní spolehlivosti v rámci řízení spolehlivosti patří:

- Histogram
- Trend
- Paretův diagram
- Ishikawa diagram

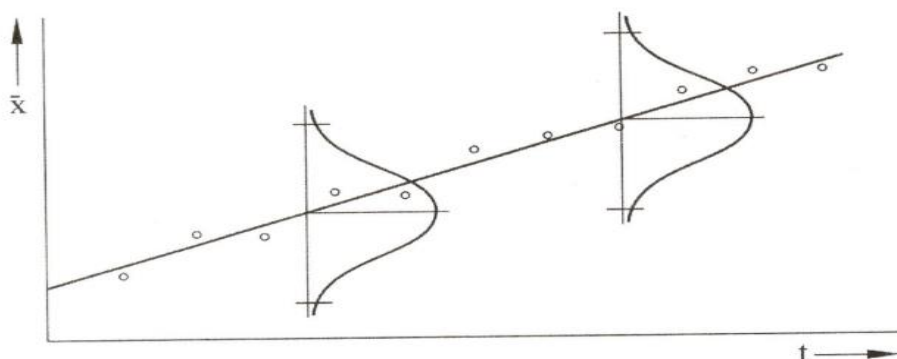
7.1. Histogram

Histogram je grafické znázornění distribuce dat pomocí sloupcového grafu se sloupci stejné šířky, vyjadřující šířku intervalů (tříd), přičemž výška sloupců vyjadřuje četnost sledované veličiny v daném intervalu.



7.2. Trend

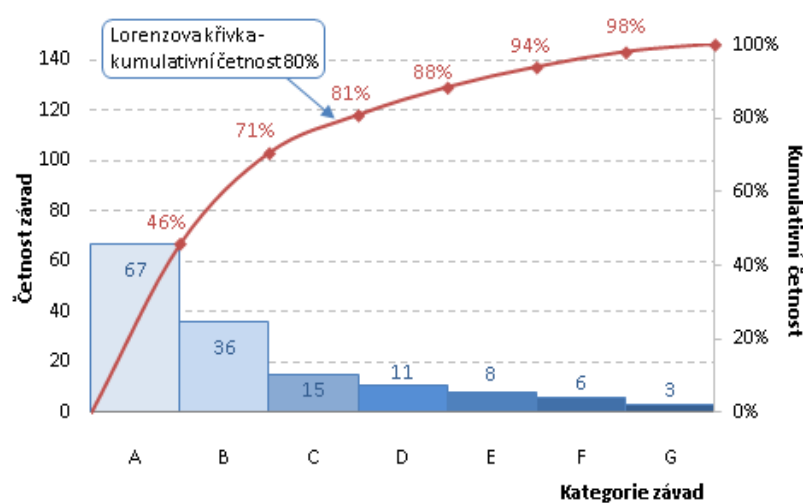
Vývoj změn ukazatele spolehlivosti v čase



7.3. Paretův diagram

Paretův diagram, pojmenovaný podle Vilfreda Pareta, je typ grafu, který je kombinací sloupcového a čárového grafu, kde sloupce znázorňující četnost pro jednotlivé kategorie jsou seřazeny podle velikosti (nejvyšší sloupec vlevo, nejnižší vpravo) a linie představuje kumulativní četnost v procentech. Paretův diagram se používá ke znázornění důležitosti jednotlivých kategorií.

Paretův diagram je vhodné použít při analýze četnosti incidentů daného procesu, které mohou mít vícero příčin, a je třeba určit nejvýznamnější příčiny. Při konstrukci Paretova grafu je nutné určit kategorie, které se budou zobrazovat, jaké veličiny se budou měřit a jakého časového úseku se bude měření týkat.

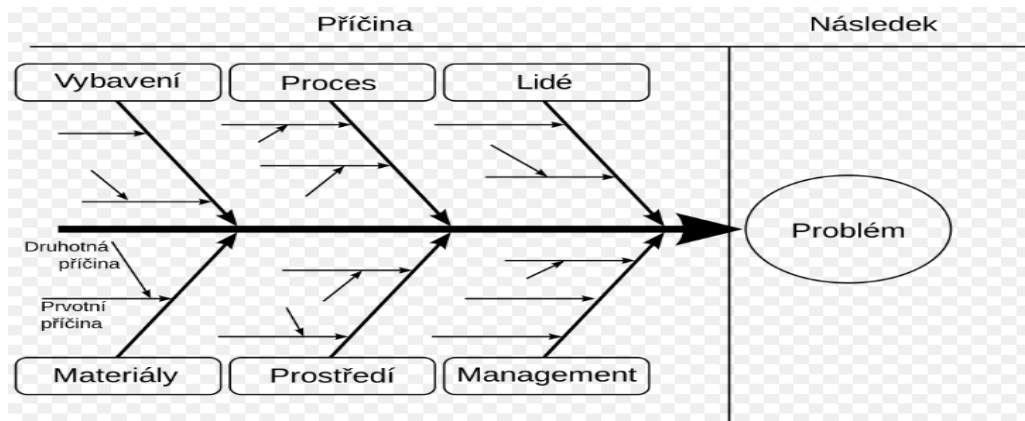


7.4. Ishikawa diagram

Je to diagram příčin a následků

Řeší úlohu určení pravděpodobné příčiny problému

Ishikawův diagram je jedním ze sedmi základních nástrojů zlepšování kvality



8.ZKOUŠENÍ SPOLEHLIVOSTI A ZKUŠEBNÍ PLÁNY

Cílem zkoušek spolehlivosti je získat informace, ze kterých se odvozují ukazatele spolehlivosti na základě sledování objektu v průběhu zkoušky spolehlivosti.

8.1. Členění zkoušek spolehlivosti

- podle dílčí vlastnosti spolehlivosti
- podle rozhodnutí, jak bude naloženo s objekty, u kterých dojde v průběhu zkoušky spolehlivosti k poruše
- podle ukončení zkoušek spolehlivosti
- podle bližšího účelu zkoušky
- podle místa, kde se zkouška spolehlivosti koná
- podle etapy vzniku výrobku

Podle toho, na kterou dílčí vlastnost spolehlivosti je zkouška zaměřena, rozeznáváme zkoušky:

- bezporuchovosti
- životnosti
- udržitelnosti
- opravitelnosti
- skladovatelnosti
- pohotovosti

Podle rozhodnutí, jak bude naloženo s objekty, u kterých dojde v průběhu zkoušky spolehlivosti k poruše

- **bez obnovy** – po výskytu poruchy se provozní schopnost objektu neobnovuje a zkouška pokračuje se zmenšeným počtem zkoušených prvků
- **s obnovou** – provozní schopnost objektu se obnoví opravou nebo výměnou

Podle ukončení zkoušek spolehlivosti

- **zkrácené** – ukončují se dříve, než dojde k poruše všech zkoušených objektů
- **zrychlené** – provádějí se za zpřísněných funkčních a vnějších podmínek, tedy za podmínek, které se při běžném používání nevyskytují

Podle bližšího účelu zkoušky

- **určovací** – zjišťuje se u nich hodnota ukazatelů spolehlivosti zkoumaného objektu poprvé
- **ověřovací** – zjištěná hodnota ukazatelů spolehlivosti porovnává s předepsanou nebo požadovanou hodnotou

Podle místa, kde se zkouška spolehlivosti koná

- **zkoušky laboratorní** – prováděny v předepsaných laboratorních podmínkách
- **zkoušky simulační** – prováděny v laboratorních podmínkách, pokud tyto podmínky napodobují provozní podmínky
- **zkoušky provozní** – prováděny ve stanovených provozních podmínkách
- **zkušební provoz** – prováděny v podmínkách, které odpovídají skutečnému provozu

Podle etapy vzniku výrobku

- **zkoušky vývojové**
- **zkoušky výrobní**

Plánování zkoušek spolehlivosti popisuje soubor hlavních činností prováděných v chronologickém pořadí. Patří sem:

- Popis požadované funkce, kterou má zkoušený objekt plnit
- Stanovení měřící metody, pomocí které se objekt sleduje v průběhu zkoušky, aby mohly zjistit případné výskyty poruch
- Specifikace a zabezpečení vhodných měřicích a registračních postupů pro průběžné sledování funkce zkoušeného objektu i pro kontrolu a registraci provozních podmínek, kterým je zkoušen objekt vystaven v průběhu zkoušky
- Stanovení kritické poruchy, tj. mezi jednotlivých měřených parametrů nebo jiných znaků, které charakterizují funkci zkoušeného objektu a při jejich překročení se objekt považuje za porušený
- Stanovení zkušebního plánu

8.2. Zkušební plány

Zkušební plán je soubor pravidel, podle kterých je nutné postupovat při získávání údajů pro odhady ukazatelů spolehlivosti.

Zkušební plán je označen kombinací tří symbolů, kde na prvním místě je uveden počet zkoušených objektů n , na druhém místě je uveden symbol U, R, nebo M, vztažený

k nahrazování, resp. k obnově porušených prvků a na třetím místě je buď r- jeli zkouška ukončena při výskytu r-té chyby, nebo t- při ukončení zkoušky po uplynutí předepsané doby t.

Příklad:

$[n, U, n]$ – pozoruje se n objektů. Objekty v poruchovém stavu se nenahrazují a neobnovují se. Pozorování končí tehdy, když se počet poruchových stavů rovná n .

$[n, U, t]$ – pozoruje se n objektů. Objekty v poruchovém stavu se nenahrazují a neobnovují se. Pozorování končí tehdy, kdy uplyne doba t .

8.3. Metodika zkoušky

Obsahuje hlavně odborné informace a technické podklady ke zkoušce:

- druh zkoušky, název
- účel zkoušky, závaznost, platnost
- soupis zkoušených a hodnocených parametrů
- kvalitativní hodnoty parametrů
- postup zkoušení
- soupis zkušebních přístrojů, zařízení a pomůcek
- schéma zapojení zkušebního zařízení
- specifikaci výrobků a jejich konstrukčních částí, pro které je metodika vhodná
- algoritmy, matematické metody a vztahy pro vyhodnocení zkoušky
- software pro vyhodnocení zkoušky a tisk protokolu ze zkoušky
- přesnost zkušební metody a odpovídající věrohodnost výsledku zkoušky
- záhlaví tabulky pro sběr dat ze zkoušky
- podmínky zkoušky
- specifikaci zkušebních podmínek
- zatížení od parametrů pracovního prostředí
- počet zkoušených kusů
- délka trvání zkoušky
- zkušební cyklus
- kritéria pro posuzování výsledků
- omezující podmínky
- název organizace a autora metodiky, jeho odpovědného pracovníka a podpis
- soupis norem, předpisů a podkladů, na základě kterých byla metodika zkoušky vypracována

9. MODELOVÁNÍ A KVANTIFIKACE SPOLEHLIVOSTI SYSTÉMŮ

9.1. Spolehlivost systémů

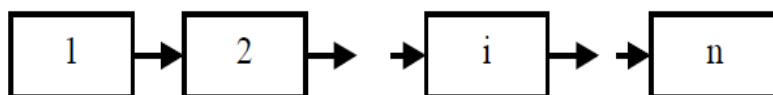
Spolehlivost lze chápat jako schopnost systému, tedy výrobku, součástky, stroje, software, apod., plnit požadovanou funkci. Vysoká spolehlivost systému se požaduje zejména u systémů, na jejichž správné funkci závisí chod kritických aplikací nebo dokonce lidský život. Spolehlivost systému ovlivňují prvky ze kterých je systém sestaven a počet prvků, které tvoří daný systém. Dále nám spolehlivost systému ovlivňuje jeho sestavení a zapojení prvků do systému. Spolehlivost systému se mění také podle provozních podmínek v kterých systém pracuje. Příkladem je letecké vybavení, které je opakovaně během jednotlivých letů vystavováno velmi dynamickým změnám okolních podmínek. Z matematického pohledu je spolehlivost definována jako pravděpodobnost, že činnost systému bude během určené doby za daných provozních podmínek přiměřená účelu systému.

Modely spolehlivosti

- Sériový model spolehlivosti
- Paralelní model spolehlivosti
- Kombinovaný sériově-paralelní systém

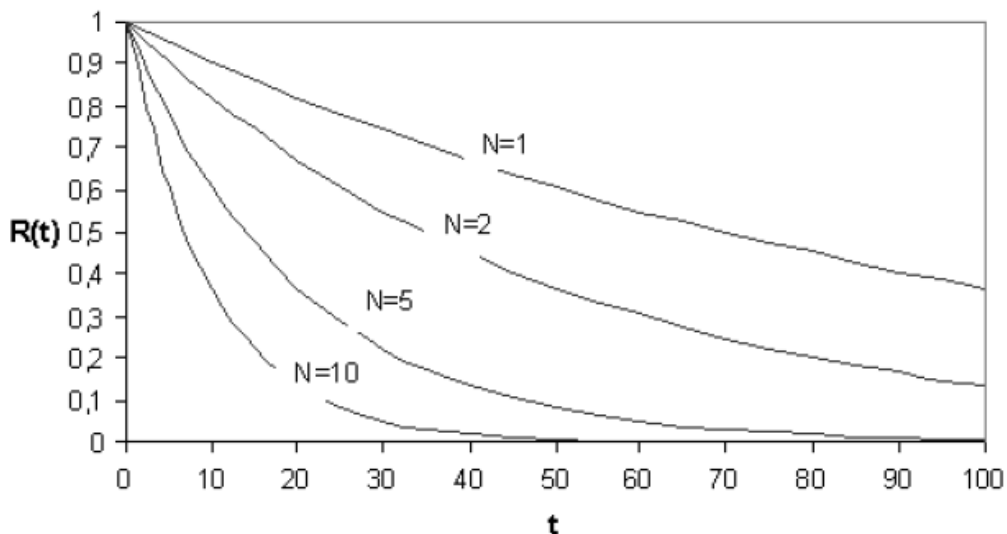
9.2. Sériový model spolehlivosti

Sériový systém je zapojení n prvků v sérii (za sebou), kdy porucha libovolného prvku má za následek poruchu celého systému. Blokové schéma je na obr.4.1. Bloky v zapojení odpovídají jednotlivým prvkům. Mezi vstupem a výstupem existuje jediné spojení, které prochází všemi bloky. Tento systém můžeme také zobrazit orientovaným grafem na obrázku.



Obr.4.1 Blokové schéma sériového systému.

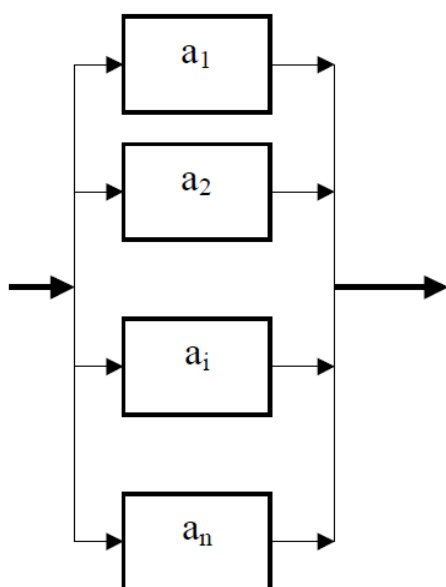
Průběhy $R(t)$ pro sériové spojení jsou pro různý počet prvků uvedeny na obr. 15.



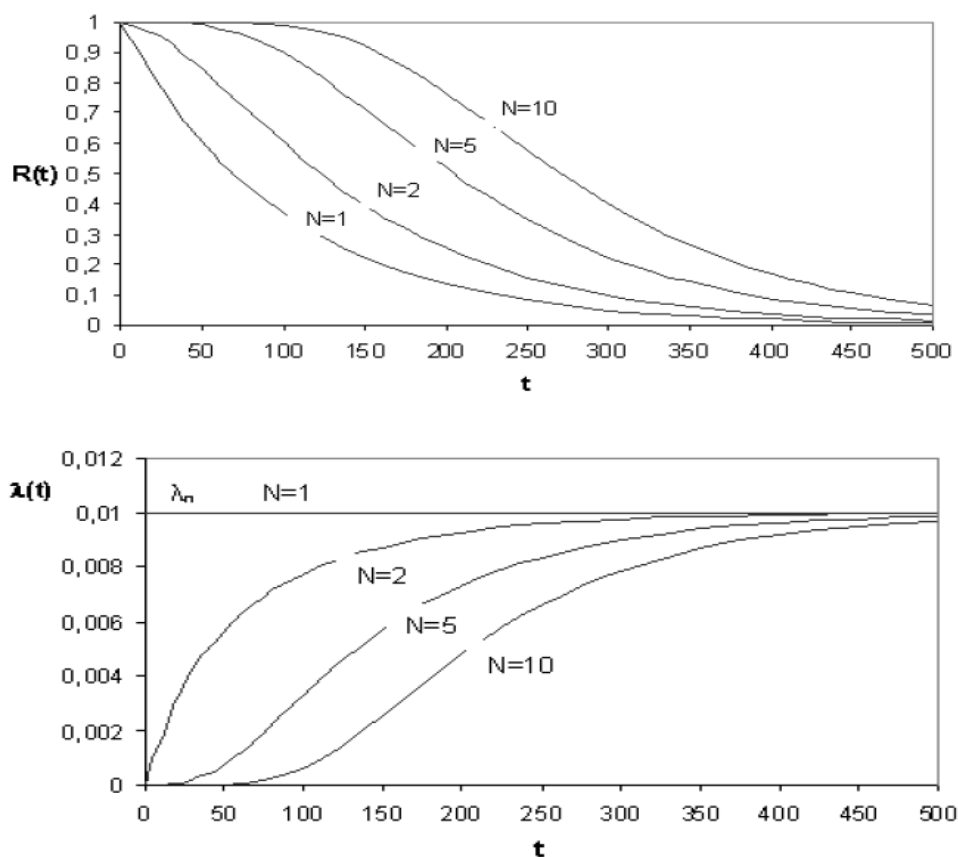
9.3. Paralelní model spolehlivosti

Paralelní systém je zapojení n prvků paralelně (vedle sebe). Porucha systému nastane, dojde-li k poruše všech jeho prvků. Blokové schéma a orientovaný graf paralelní soustavy jsou na obrázku.

K bezporuchovému provozu paralelního systému stačí jeden provozuschopný prvek. Potom můžeme označit takové spojení za nadbytečné nebo záložní a skutečně se ho také velmi často používá právě pro zálohování.



Průběhy pravděpodobnosti bezporuchového provozu $R(t)$ pro různý počet paralelně zapojených prvků s exponenciálním rozdělením dob do poruchy jsou vyneseny na obr. 17.

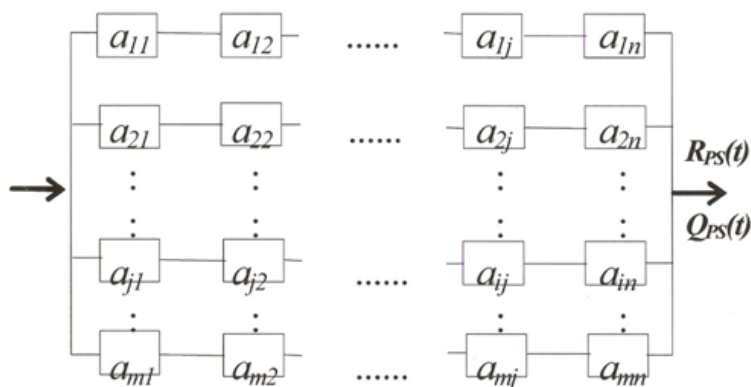


Obr. 17 Průběh $R(t)$ a $\lambda(t)$ pro různé hodnoty počtu paralelně zapojených prvků

9.4. Kombinovaný sériově-paralelní systém

Vzniká kombinací sériových a paralelních zapojení prvků ve spolehlivostním blokovém schématu. Výpočet jednotlivých ukazatelů bezporuchovosti se provádí postupným zjednodušováním dílčích sériových a paralelních zapojení až do úplného zjednodušení.

Při řešení se musí postupně řešit jednotlivé paralelně uspořádané prvky a sériové řetězce a nesmí se přitom zaměnit postup správné metodiky násobení pravděpodobnosti poruchy či bezporuchového stavu. Převod z jednoho parametru do druhého se provádí jednoduchým odečtem od jedničky.



Porovnání $R_{ps}(t)$ a $R_{sp}(t)$

- Při stejných hodnotách R_{ij} a při stejných rozměrech systému m,n je hodnota $R_{sp}(t)$ vždy vyšší než $R_{ps}(t)$ z důvodu že v sériově-paralelním systému existuje vždy větší počet cest ze vstupu na výstup
- Sériově paralelní systém popisuje zálohování každého prvku samostatně zatímco v paralelně sériovém je zálohovaný vždy celý podsystém

10. VÝKONNOST STROJŮ

Výkon strojů, je potřeba pravidelně sledovat, pro sledování výkonu jsou tři možnosti jak výkon sledovat.

Prvním způsobem je poloautomatické sledování výkonu, kdy dochází k tomu, že vstupní data jsou udávány na strojích automaticky, ovšem pouze tam kde je to možné. Data jsou shromažďována elektronicky. Ovšem dochází k tomu, že část dat je však stále sbírána ručně, pracovníky, kteří jsou k tomu určeni. Tyto nasbíraná data pak kompetentní pracovník zpracuje a vyhodnotí. V těchto případech je již použito informační techniky a to v podobě počítačové techniky a data jsou uložena na disku který je sdílený a odkud jsou sledovány ostatními pracovníky a nebo jsou data přímo rozesílána.

Vstupní data také mohou být pro výpočty sbírána ručně, kdy jsou výpočty z velké části přímo dělány ručně, na papírové formuláře a jsou posléze vyhodnoceny také většinou ručně. Jejich prezentace probíhá zpravidla pouze několikrát do roka na vybraném významném místě firmy. Nevýhodou této metody je závislost na lidském faktoru, nepřesnost, časté výpadky dat z různých důvodů a tím nevěrohodnost.

Metoda kdy se data o výkonu stroje sbírají automaticky vypadá tak že strojní vybavení i pracoviště jsou vybavena terminály, kde jsou data sbírána automaticky a to průchodem výrobku po lince. Na kontrolních pracovištích pracovník zadává data taktéž do počítače. Tato data jsou shromažďována v informačním systému, kde jsou také. V tomto případě je téměř zanedbatelná lidská chyba a data mají vysokou věrohodnost a přesnost. Výsledky z takových procesů jsou vysoce ceněny. Jakási nevýhoda tohoto způsobu sběru dat je vysoká pořizovací cena, avšak potom již "téměř nulové náklady" na denní sběr dat.

10.1. Elektrický výkon

Výkon strojů se liší, ovšem vždy je základem stroje nějaký zdroj výkonu, mohou to být například servo motory, elektro motory, a další typy zdrojů výkonu. Ve strojírenství se dá říci, že výkon strojů je dán elektrickými zdroji a to zejména u obráběcích strojů a dalších strojů využívaných ve strojírenství. Tento výkon elektrických strojů se nazývá jmenovitý výkon. Jmenovitá výkonnost musí být stanovena výrobcem. Při stanovení jmenovité výkonnosti musí výrobce zvolit jednu ze tříd jmenovité výkonnosti. Označení třídy jmenovité výkonnosti musí být uvedeno za jmenovitým výkonem. Pokud není uvedeno žádné označení, platí jmenovitá výkonnost pro trvalé zatížení. Jmenovitý výkon lze rozdělit pro čtyři druhy zdrojů výkonu. U stejnosměrných generátorů se jedná o jmenovitý výkon, který u strojů můžeme změřit na svorkách. Dalším typem zdroje jsou střídavé generátory, kdy jmenovitý výkon je zdánlivý výkon na svorkách a vyjadřuje se ve voltampérech, na rozdíl od stejnosměrného generátor kdy se výkon udává ve wattech. Jedním z nejpoužívanějších zdrojů výkonu u strojů jsou elektrické motory, kdy jejich

jmenovitý výkon je mechanický výkon, který je na hřídeli motoru, tento výkon se vyjadřuje také ve wattech. Čtvrtým a posledním typem, který se toliko nepoužívá ale jistě stojí za zmínku jsou synchronní kompenzátory, kdy jmenovitý výkon je jalový výkon na svorkách a udává se v jalových voltampérech.

10.2. Třídy jmenovité výkonnosti

Jmenovitá výkonnost pro trvalé zatížení

Jmenovitá výkonnost, při níž může stroj pracovat po neomezenou dobu, přičemž vyhovuje požadavkům.

Tato třída jmenovité výkonnosti odpovídá druhu zatížení S1 a je označována jako jmenovitá výkonnost pro druh zatížení S1.

Jmenovitá výkonnost pro krátkodobý chod

Jmenovitá výkonnost, při níž může stroj pracovat po omezenou dobu, počínaje od teploty okolí, přičemž vyhovuje požadavkům.

Tato třída jmenovité výkonnosti odpovídá druhu zatížení S2 a je označována jako jmenovitá výkonnost pro druh zatížení S2.

Jmenovitá výkonnost pro periodické zatížení

Jmenovitá výkonnost, při níž může stroj pracovat v pracovních cyklech, přičemž vyhovuje požadavkům.

Tato třída jmenovité výkonnosti odpovídá jednomu z druhů periodického zatížení S3 až S8 a je označována jako jmenovitá výkonnost pro příslušný druh zatížení.

Pokud není stanoveno jinak, doba trvání pracovního cyklu musí být 10 minut.

Jmenovitá výkonnost pro zatížení s nespojitými konstantními zatíženími a otáčkami

Jmenovitá výkonnost, při níž může stroj pracovat s příslušnými zatíženími a otáčkami druhu zatížení S10 po neomezenou dobu, přičemž vyhovuje požadavkům. Při stanovení maximálního dovoleného zatížení během jednoho cyklu je nutno vzít v úvahu všechny části stroje, např. izolační systém, s ohledem na platnost exponenciálního pravidla pro relativní předpokládanou tepelnou životnost, ložiska se zřetelem na teplotu, jiné části se zřetelem na roztažení teplem. Pokud není maximální zatížení stanoveno v jiných

odpovídajících normách IEC, nesmí překročit 1,15násobek hodnoty zatížení vycházejícího z druhu zatížení S1. Minimální zatížení může mít nulovou hodnotu, přičemž stroj pracuje naprázdno nebo je odpojen a v klidu.

Tato třída jmenovité výkonnosti odpovídá druhu zatížení S10 a je označována jako jmenovitá výkonnost pro druh zatížení S10.

Jmenovitá výkonnost pro ekvivalentní zatížení

Jmenovitá výkonnost pro účely zkoušek, při níž může stroj pracovat při konstantním zatížení až do dosažení ustálené teploty a při které se dosáhne stejného oteplení vinutí statoru jako je průměrná hodnota oteplení během pracovního cyklu se stanoveným druhem zatížení.

Stroj, vyrobený pro všeobecné použití, musí mít jmenovitou výkonnost pro trvalé zatížení a musí být schopen pracovat při druhu zatížení S1.

Nebyl-li průběh zatížení odběratelem stanoven, platí druh zatížení S1 a přiřazená jmenovitá výkonnost musí být jmenovitou výkonností pro trvalé zatížení.

Je-li stroj určen pro jmenovitou výkonnost pro krátkodobý chod, jmenovitá výkonnost musí vycházet z druhu zatížení S2.

Je-li stroj určen pro proměnná zatížení nebo pro zatížení zahrnující dobu chodu naprázdno nebo doby odpojení a klidu, jmenovitá výkonnost musí být jmenovitou výkonností pro periodické zatížení, vycházející ze zvoleného druhu zatížení S3 až S8.

Je-li stroj určen pro neperiodická proměnná zatížení při proměnných otáčkách, včetně přetížení, jmenovitá výkonnost musí být jmenovitou výkonností pro neperiodická zatížení vycházející z druhu zatížení S9.

Je-li stroj určen pro nespojitá stálá zatížení, včetně dob přetížení nebo dob chodu naprázdno, jmenovitá výkonnost musí být jmenovitou výkonností s nespojitými stálými zatíženími, vycházející z druhu zatížení S10.

Značky typu Sx jsou druhy zařízení obsažené v normách.

11. VÝKONNOST OBRÁBĚCÍHO STROJE A JEHO PROVOZNÍ NASAZENÍ

Výkonnost obráběcího stroje má stoupající rozhodující vliv na účinnost výroby a kvalitu výrobku. Dnešní zákazníci hledají výrobce obráběcích strojů, které splní jejich požadavky na vysokou výkonnost. Být konkurenci schopným na světovém trhu znamená dodávat obráběcí stroje, které hlavně obsahují vysoké otáčky a přesnost.

Stejně jsou požadovány stroje a díly, které jsou více spolehlivé a energeticky účinné. Provozovatelé žádají výroby s malou údržbou s nízkými dopady na životní prostředí, i nižšími provozními náklady. Na tom závisí ziskovost.

II.1. Pracovní výkon stroje

Pracovní výkon Q automatizovaných výrobních linek je výkon, jehož je dosaženo při skutečném provozu. Je považován za základní a přísluší mu určitý technologický, cyklový a skutečný výkon.

Technologický výkon – udává množství obrobků obrobených daným zařízením za jednotku času, a to při plném využití možností technologického postupu.

Cyklový výkon – udává maximální výkon při dosažení všech projektovaných parametrů při bezporuchovém provozu. Stanovení cyklového výkonu vychází z předpokladu, že automatizovaná linka pracuje nepřetržitě bez závad a prostojů.

Skutečný výkon – je dán prací v reálných podmínkách, kdy je třeba uvažovat jednak čas práce bez přerušení, jednak čas s prostoji vyvolanými výměnou nástrojů, seřizováním apod.

Časy jednotlivých přerušení se v provozu automatizovaných výrobních linek označují pojmem [vněcyklové ztráty](#).

Mohou být vázané na nástroje (výměna, seřizování a další.), vázané na stroj a jeho příslušenství (poruchy mechanismů a řízení.), technicko-organizační, způsobené zmetkovitostí, vázané na změnu výrobního programu.

I když jsou u všech strojů, z nichž se výrobní linka skládá, stejné vlastní ztráty, může být přesto jejich výkon rozdílný s ohledem na různou strukturu linky. Jednotlivé stroje nemají prostoje pouze v důsledku svých vlastních ztrát, ale také prostoje způsobené neplněním funkce sousedních strojů – dochází k [doplňkovým ztrátám](#), jejichž velikost je závislá na struktuře linky.

Vlastní vněcyklové ztráty tvoří:

- **Předpokládané vlastní ztráty** – např. rozběh linky na počátku práce před dosažením pracovní teploty, přejímka směny, plánovaná údržba a výměna nástrojů, kontrola uzlů stroje apod.
- **Náhodné vlastní ztráty** – poruchy nástrojů (vylomení ostří), mechanismů některého stroje v lince, výroba zmetků apod.
- Ztráty náhodného charakteru lze snížit rozdělením linky na jednotlivé úseky, mezi kterými jsou zásobníky obrobků, takže při náhodné poruše není vyřazena z provozu celá linka, ale pouze ta část, ve které se porucha vyskytla a v níž jsou vzájemně funkčně vázány jednotlivé stroje. Takto lze dosáhnout zkrácení prostojů, zvýšení výkonu a využitelnosti linky.

Výkon daného stroje ovlivňují tyto tři základní oblasti pracovního cyklu:

automatický pracovní cyklus stroje, sled funkcí na stroji, upínání obrobků a manipulace s nimi, manipulace s nástroji a měření rozměrů obrobku, příp. polohy břitu nástroje.

Pro uživatele je podstatný celkový výkon stavebnicového obráběcího jednoúčelového stroje určený:

požadovaným počtem obrobků zhotovených na uvažovaném stroji za určitý časový úsek, směnností stroje.

Odtud se celkový výkon stanoví jako časová kapacita pro výrobu jednoho kusu obrobku na uvažovaném stroji:

$$tpc = (60 * Sp * H * Dd * \tau) / Nr$$

kde:

tpc - je maximální celkový čas na výrobu jednoho obrobku

Sp - počet pracovních směn za 1 den

H - počet pracovních hodin za směnu

Dd - počet pracovních dnů v roce

τ - součinitel využití stroje (volí se 0,7 až 0,85)

Nr - požadovaná roční produkce v kusech.

II.2. Provozní nasazení strojů

Pracovní nasazení stroje je to kdy stroj je schopen nastoupit do plného provozu a tím vyrábět, či vykonávat činnost na kterou je určený. Provozní nasazení strojů se odvíjí od pravidelné a řádné údržby strojů. Jelikož stroje jako takové jsou převážně konstruovány na to aby po zapnutí byli ihned připraveni k práci, samozřejmě včetně počátečních nastavených parametrů.

Údržba strojů

Obecná definice údržby je: Údržba je kombinace všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.

Cílem údržby strojů je udržovat výrobní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynakládání optimálních nákladů.

Pohotovost je schopnost stroje být ve stavu schopném vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu za předpokladu, že jsou zajištěny požadované vnější zdroje to vše závisí na bezporuchovosti, udržovatelnosti, zajištěnosti údržby.

Bezporuchovost je schopnost objektu vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. Udržovatelnost je schopnost stroje v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo být navrácen do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.

Správné zásady údržby obráběcího stroje

Při instalaci a předání nového stroje by mělo být povinností dodavatele podrobně seznámit obsluhu nebo zodpovědného pracovníka s pravidelnou údržbou daného stroje, jakož i s druhy a množstvím jednotlivých náplní stroje.

Stejně jako každá prováděná činnost, i údržba obráběcích strojů by se měla řídit stanovenými zásadami, k nimž patří:

pravidelné a efektivní provádění údržby spočívající ve vypracování časového plánu údržby a jeho důsledném dodržování, vedení provozního deníku každého stroje, kde se provede záznam z každé vykonané údržby. Měla by být zaznamenána i jednotlivá závažnější či náhodná chybová hlášení. Tyto záznamy pak slouží servisním technikům k určení a rychlému odstranění jednotlivých závad, evidence náhradních dílů vedených jako opotřebení provozem stroje, označení a přesná specifikace jednotlivých náplní stroje, vedení komplexního přehledu o prováděném servisním zásahu na jednotlivých strojích a nákladů spojených s odstraněním závady, okamžité odstranění zjištěné závady,

v případě nutného odborného zásahu kontaktování servisního technika.

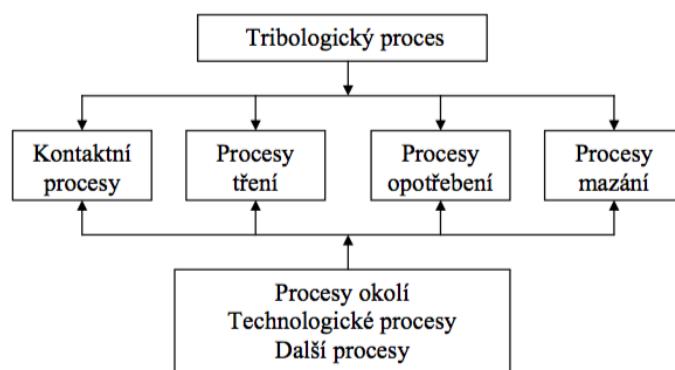
Účelnost provádění pravidelné údržby a kontrolních měření je prokázána v několika směrech: zvýšení životnosti strojů, dlouhodobém zajištění přesnosti strojů, snížení zmetkovitosti, úspore finančních prostředků, zajištění bezpečnosti práce.

Firmy, které již pravidelnou a kvalitní údržbu strojů aplikovaly na své provozy, dnes vykazují nemalé úspory vynakládané na opravu strojů oproti době, kdy se strojům nevěnovala dostatečná pozornost. Dnes již mohou prokazatelně dokázat, že prvotní investice je vlastně úsporou finančních prostředků. Důsledkem zanedbání pravidelné údržby strojů je nízké provozní nasazení strojů.

12. TRIBOLOGIE A TRIBOTECHNIKA

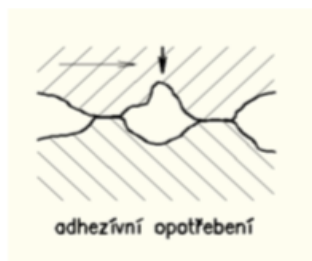
12.1. Tribologie

- Tribologie je vědní obor zabývající se procesy tření, opotřebení a mazáním
- Pohyb kluzný, valivý, nárazový a kmitavý
- Strojírenství - návrhy ložisek, pístové motory a další stroje a jejich součásti
- Kosmetika - rtěnky, kondicionéry, pudry
- Lékařství - kloubní náhrady

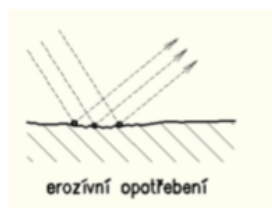


Opotřebení

Adhezivní - je charakteristické oddělováním a přemísťováním částic kovu mezi dvěma stykovými plochami



Erozivní - vzniká dopadem částice obsažené v proudícím médiu na povrch funkční plochy



Únavové - vzniká postupnou kumulací poruch v povrchové vrstvě funkčních ploch



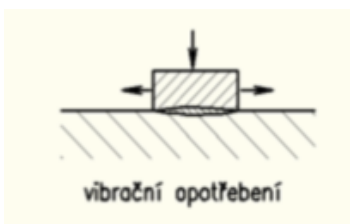
Abrazivní - oddělování částic materiálu vlivem tvrdého a drsného povrchu



Kavitační - oddělování částic materiálu vlivem kavitace proudícího média



Vibrační - oddělování částic materiálu vlivem vzájemných kmitajících pohybů



12.2. Tribotechnika

- je jedním z oborů tribologie, který se zabývá aplikací výsledků tribologie v praxi
- významnou měrou přispívá z efektivnějšímu využívání strojů v průmyslu

Tribotechnika se zabývá:

- Maziva a zkoušení maziv
- Materiály pro třecí dvojice
- Výpočet, konstrukce a optimalizace třecích dvojic
- Způsob mazání a mazací zařízení
- Vědecké základy pro tření a opotřebení
- Měřicí a kontrolní metody pro tribotechnické pochody
- Speciální technologické postupy vedoucí ke zvýšení odolnosti proti opotřebení
- Organizace techniky mazání v provozu

Ekonomický význam

Pomocí správné aplikace lze dosáhnout významných úspor v řadě oblastí:

- snížení spotřeby energie k pohonu strojů
- zvýšení životnosti strojů a zařízení
- snížení prostojů vzniklých v důsledku poruch a následných oprav
- snížení nákladů na údržbu a opravy strojů
- zvýšení výrobní přesnosti strojů
- snížení investičních nákladů
- snížení nákladů potřebných k zajištění vhodných maziv

Maziva

Hlavním úkolem maziva je:

- snižování tření v místech dotyku dvou těles
- zabezpečení odvodu tepla
- zbavování třecí plochy nečistot
- ochrana kovové plochy před korozí
- Utěsnění mazaných ploch
- Maziva se rozlišují dle druhů, vlastností a dle schopnosti vykonávat potřebnou funkci:
- tekutá maziva (mazací oleje, obráběcí kapaliny)
- plastická maziva (mazací tuky)
- pevná maziva (např. grafit, MoS₂)
- plynná maziva (např. i vzduch).