

5. SYSTÉMY ÚDRŽBY

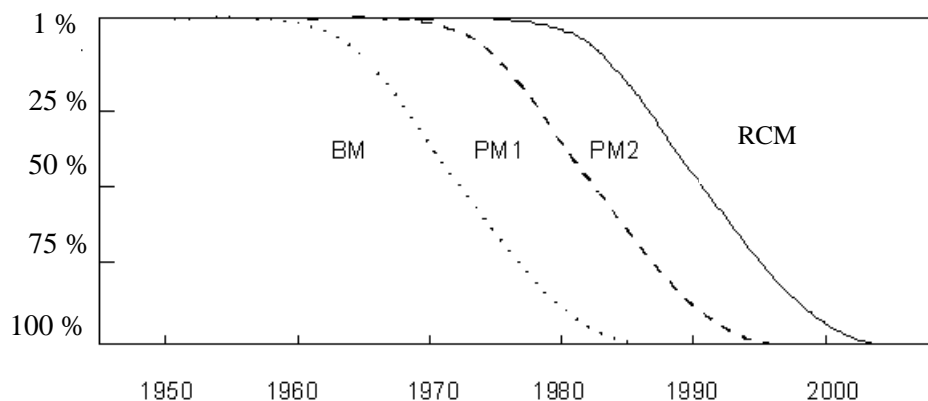
Po úspěšném a aktivním absolvování této KAPITOLY

<p>Budete umět:</p> <ul style="list-style-type: none"> • orientovat se v pojmech souvisejících s údržbou, časovými pojmy při údržbě a různých stavech objektu, • popsat jednoduchý proces obnovy a obecný proces obnovy, určit ukazatele související s obnovou – součinitel pohotovosti, • zvolit vhodný údržbový systém na základě různých kritérií, podrobně popsat a znázornit nejpoužívanější systémy údržby, • navrhnout a sestavit údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí prvků, • využít metodu RCM (údržba zaměřená na bezporuchovost) pro návrh dynamického programu preventivní údržby, • popsat filozofii údržby u Českých drah, a. s., orientovat se v jednotlivých údržbových stupních a zásadách pro různá vozidla, v možnostech zajištění bezpečnosti kolejových vozidel. 	<p>Budete umět</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------

Historický vývoj údržbových systémů je možné dobře sledovat v souvislosti se vznikem a rozvojem železniční dopravy. V okamžiku, kdy byla uvedena do provozu první parní lokomotiva, vznikl problém s její údržbou. Jednoduchost tehdejšího systému údržby nebyla zapříčiněna „jednoduchostí“ konstrukce parní lokomotivy, ale mírou tehdejšího poznání vědy, techniky a zkušeností s každodenním provozem. Existovala úzká vazba mezi vozidlem a obslužným personálem, ten lokomotivu nejen řídil ale i udržoval. V situaci nízké intenzity využívání vozidel měl tento systém nesporné výhody, např. dobrou znalost okamžitého technického stavu stroje, potřebu malého počtu specializovaných pracovníků na údržbu. Z dnešního pohledu se jedná o systém po poruše, který byl sice schopen zajistit tehdy přiměřenou bezpečnost, ale rozhodně už ne bezporuchovost.

Se vzrůstající intenzitou železničního provozu se uvolnily vazby mezi vozidlem a provozním personálem, vzniká profesní specializace na řízení vozidla. Je nutné zavést standardy do provozu a údržby vozidel, vznikají první plány údržby, např. mazací plán. Vzrůstající složitost konstrukce vozidel si vynutila vznik specializovaných dílenských pracovišť, s odpovídající technologií pro rozsáhlejší údržbové zásahy. Původně intuitivní přístup, založený na praktické zkušenosti, se mění a dostává exaktní rámeček. Zavádí se systém s preventivními prvky, pravidelně je kontrolován technický stav

vozidel formou prohlídek, při neuspokojivém technickém stavu následuje dílenská oprava. Intervaly periodických prohlídek jsou sice stanoveny, ale převážně na základě zkušeností.



Obr. č. 5.1: Schéma vzniku a předpoklad zavádění systémů údržby

BM - údržba po poruše (Break - down Maintenance)

PM1 - preventivní údržba (Preventive Maintenance)

PM2 - produktivní údržba (Productive Maintenance)

RCM - údržba zaměřená na bezporuchovost (Reliability Centred Maintenance)

S rozvojem matematické teorie spolehlivosti v třicátých letech 20. století se objevuje nástroj na vědecké hodnocení náhodných procesů. Po druhé světové válce vzniká obor spolehlivosti, výzkum je zaměřen na vznik a mechanismus poruchových procesů, vzniká diagnostika. Poznatky jsou použity v konstrukci vozidel, mění se pohled na údržbu a opravy, tyto již nejsou vnímány jako něco „neproduktivního“, co pouze vyžaduje peníze a nic nevyrábí. Reakcí je vznik systému produktivní údržby, uplatněný zejména u výrobních zařízení a vývoj programu RCM – údržby řízené bezporuchovostí.

5.1 Základní pojmy



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- definovat pojmy související s údržbou, preventivní údržbou, údržbou po poruše a časové pojmy vztahující se ke stavům objektu a údržbě.



Výklad

Údržování je kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činností dozoru, zaměřených na udržení ve stavu nebo navrácení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci.

Údržbový zásah je posloupnost základních údržbářských úkonů prováděných pro daný účel. Příkladem je mazání, diagnostika stavu, lokalizace porouchané součásti, apod.

Preventivní údržba je prováděná v předem určených intervalech nebo podle předepsaných kritérií a zaměřená na snížení pravděpodobnosti poruchy nebo degradace fungování objektu.

Základní cyklus preventivní údržby je nejmenší opakující se interval nebo doba provozu objektu, během které se provádějí určité posloupnosti prací, v souladu s požadavky normativně-technické dokumentace, předepsané druhy preventivní údržby.

Údržba po poruše je údržba prováděná po zjištění poruchového stavu a zaměřená na uvedení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci.

Údržbová soustava představuje soubor prostředků, dokumentace pro údržbu a pracovníků, nezbytných pro údržbu a obnovu provozuschopnosti objektů patřících do této soustavy. Soustavou je myšleno materiálně-technické zabezpečení, které zabezpečuje schopnost údržbové organizace poskytovat nutné zdroje pro provádění údržby při daném systému údržby a za daných podmínek.

Oprava je část údržby, při níž se na objektu provádějí ruční operace (nebo operace s využitím technických prostředků).

Časové pojmy vztahující se k stavu objektu:

Doba provozuschopného stavu objektu	Doba neprovozuschopného stavu objektu			
	Doba údržby objektu	Doba nezjištěného poruchového stavu objektu	Administrativní zpoždění	Doba neprovozuschopného stavu objektu z vnějších příčin

Časové pojmy vztahující se k údržbě:

Doba údržby objektu			
	Doba aktivní údržby		
Doba preventivní údržby		Doba údržby po poruše	
Logistické zpoždění	Doba aktivní preventivní údržby	Doba aktivní údržby po poruše	Logistické zpoždění

Doba aktivní údržby po poruše			
Technické zpoždění	Doba lokalizace porouchané součásti	Doba aktivní opravy	Doba kontroly
Doba opravy			

5.2 Teorie obnovy



Čas ke studiu: 2 hodiny



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- orientovat se v pojmech jednoduchý proces obnovy a obecný proces obnovy,
- definovat a konkrétně určit ukazatele související s obnovou, tj. součinitel pohotovosti a ustálený součinitel pohotovosti



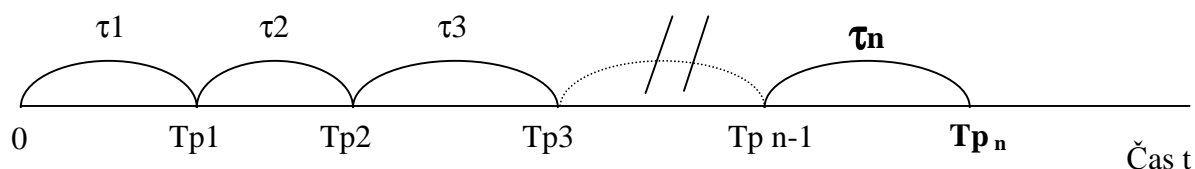
Výklad

Železniční a silniční vozidla se po vzniku poruchy opravují a po odstranění poruchy provoz dále pokračuje. Střídá se tak posloupnost stavů bezporuchového provozu a stavů v poruše. Časy vzniku obou stavů jsou náhodné, příslušný

náhodný proces se nazývá proces obnovy. Proces obnovy lze posuzovat dle [Starý, 1982] jako:

- proces s okamžitou obnovou (jednoduchý proces obnovy),
- proces s konečnou dobou obnovy (obecný proces obnovy).

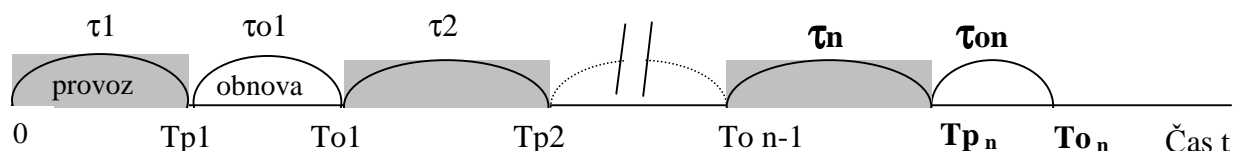
Proces s okamžitou obnovou uvažujeme tehdy, pokud je doba obnovy prvku nebo soustavy zanedbatelně malá vzhledem k době bezporuchového provozu. Takový proces odpovídá provozu soustavy nebo prvku se zálohováním, prvek v poruše je okamžitě nahrazen záložním prvkem v bezporuchovém stavu. Předpokládejme, že prvek je v provozuschopném stavu po náhodnou dobu τ a porouchá se v čase $Tp1$ (Obr. 5.2). Je okamžitě nahrazen jiným prvkem (zálohou), který je opět v provozu po náhodnou dobu τ a porouchá se v čase $Tp2$. Proces se stále opakuje, prvky v poruše přejdou po obnově do provozu.



Obr. č. 5.2: Časový diagram procesu s okamžitou obnovou

Doba obnovy soustavy nebo prvků pracujících bez zálohování bývá často srovnatelná s dobou bezporuchového provozu. Náhodný proces, ve kterém se uvažuje kromě bezporuchového provozu také doba obnovy, se nazývá **proces s konečnou dobou obnovy**. Doba provozu se předpokládá náhodná stejně jako doba obnovy. Této představě vyhovuje posuzování práce jednotlivých vozidel, kdy dochází k střídání procesů obnovy a provozní práce.

Soustava nebo prvek začne pracovat v čase $T = 0$, pracuje po náhodnou dobu τ a porouchá se v čase $Tp1$. Následuje obnova (údržba), která potrvá $\tau o1$ a je ukončena v okamžiku $To1$. Ve stejném okamžiku začíná soustava opět pracovat a cyklus se opakuje. Proces pokračuje bez omezení, lze jej znázornit časovým diagramem na obr. č. 5.3.



Obr. č. 5.3: Časový diagram procesu s konečnou dobou obnovy

Provoz soustavy nebo prvku s konečnou dobou obnovy je charakterizován součinitelem pohotovosti $A(t)$, který je roven pravděpodobnosti, že v čase t je soustava nebo prvek v bezporuchovém stavu.

$$A(t) = \sum_{n=0}^{\infty} P(\eta_{on} < t < \eta_{n+1}) \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (5.1)$$

Součinitel pohotovosti se také vyjadřuje jako poměr celkové doby bezporuchového provozu do času t k celkové době provozu do stejného času t .

$$A(t) = \frac{T_p(t)}{T_p(t) + T_o(t)} \quad (5.2)$$

S rostoucím časem konverguje $A(t)$ k limitní hodnotě, pro kterou platí:

$$A = \frac{T_{sp}}{T_{sp} + T_{so}} \quad (5.3)$$

Kde:

T_{sp} - střední doba bezporuchového provozu (hod),

T_{so} - střední doba obnovy (hod),

A - ustálený součinitel pohotovosti.

U soustav se používá preventivní systém oprav a prvky se opravují (vyměňují) dříve, než nastane porucha. Tyto opravy mají smysl, pokud intenzita poruch má stoupající trend. Při exponenciálním rozdělení poruch, nebo v případě Weibullova rozdělení kde $m \leq 1$ neznamená preventivní oprava nebo výměna zlepšení bezporuchovosti soustavy. Teorie obnovy je velmi náročná část z oblasti matematické spolehlivosti, podrobnější výklad přesahuje rámec těchto skript. Další informace lze nalézt např. v [Starý, 1982], nebo [Mykiska, 2004].

5.3 Vztah mezi opotřebením a údržbovým systémem



Čas ke studiu: 1 hodina



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- popsat, jak souvisí opotřebení strojních součástí s pravděpodobností poruchy, resp. bezporuchovostí a volbou údržbového systému



Výklad

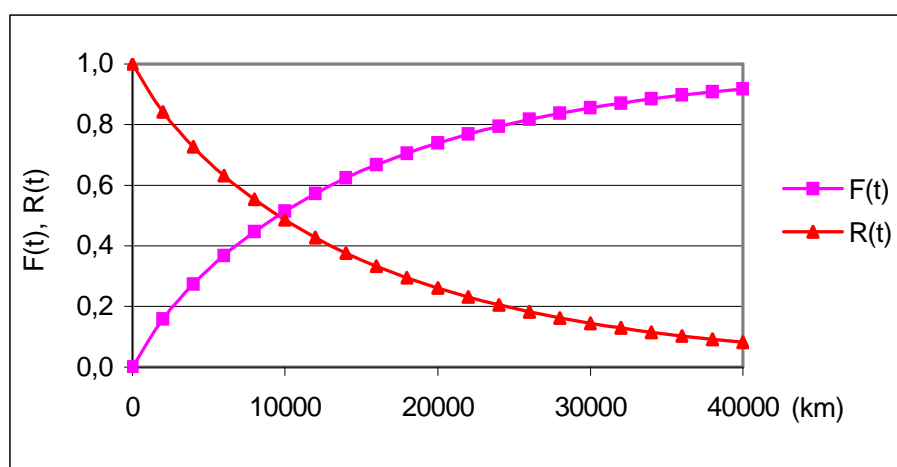
Provozoschopnost vozidla je jeho okamžitý stav, při kterém je schopné plnit předepsané funkce s parametry v mezích stanovených dokumentací. Každá součást vozidla je charakterizována zpravidla více parametry, které ukazují míru jejího opotřebení a jsou náhodnými funkcemi výkonového parametru, např. času. Oblast provozuschopnosti každé součásti, a tím spíše i celého vozidla je proto možné chápat jako množinu stavů B , určenou parametry Y_1, Y_2, \dots, Y_n . Pokud však jeden parametr dosáhne hodnoty větší než Y_{max} vznikne porucha a dočasně zaniká schopnost plnit požadovanou funkci. Míru schopnosti plnit požadovanou funkci je možné vyjádřit pravděpodobností bezporuchového provozu $R(t)$. $R(t)$ ukazuje, jaká je rezerva spolehlivosti součásti, obecně i celého výrobku (vozidla). Pokud je rezerva velká, je malá pravděpodobnost poruchy a opačně.

Údržbový systém navržený pro vozidla musí respektovat průběh opotřebení součástí vozidla i vozidla jako celku. Cykličnost údržbových zásahů je pro vozidla volena v závislosti na výkonovém parametru, který charakterizuje průběh opotřebení součástí. Nejčastěji se používá:

- doba provozu vozidla – provozní hodiny,
- kilometrický proběh vozidla,
- stáří vozidla,
- doba práce spalovacího motoru – motohodiny,
- množství spotřebovaného paliva spalovacím motorem,
- doba chodu elektrických přístrojů pod napětím,
- počet cyklů.

Výkonový parametr určuje interval údržby vozidla, nebo jeho součásti. Je volen tak, aby co nejlépe vyjadřoval závislost mezi průběhem opotřebení a výkonovým parametrem. Protože rychlost opotřebení se mění v souvislosti s provozními podmínkami (např. prázdný a ložený vůz), je nutné průběh rychlosti opotřebení vyjádřit stochasticky a použít pro jeho určení statistických metod. V praxi je tento přístup vyjádřen rozpětím minimální a maximální hranice stanovené pro provedení údržbového zásahu.

V okamžiku uvedení vozidla do provozu jsou mechanické součásti vozidla ve výkresových rozměrech a opotřebení je nulové. Tomu odpovídá i velmi malá pravděpodobnost vzniku poruchy $F(t)$, s dobou provozu však pravděpodobnost roste až po hodnotu $F(t) = 1$ v důsledku zvětšujícího se opotřebení (obr. 5.4). Oproti tomu průběh pravděpodobnosti bezporuchového provozu $R(t)$ znázorňuje „rezervu“ spolehlivosti, která klesá s narůstajícím opotřebením. Po uplynutí jisté doby provozu je dosaženo proběhu, kdy vozidlo či jeho díl je opraven a uveden, tak opět do výkresových nebo opravárenských rozměrů, jsou **odstraněny následky opotřebení**. Proběh, určený výkonovým parametrem, je pro každé vozidlo či jeho díl stanoven údržbovým systémem. Na takto opravenou součást můžeme z hlediska teorie spolehlivosti pohlížet jako na novou.



Obr. č. 5.4: Průběh $F(t)$ a $R(t)$ v závislosti na výkonovém parametru

5.4 Základní typy údržbových systémů



Čas ke studiu: 3 hodiny



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- zvolit pro vozidlo vhodný údržbový systém na základě hodnocení spolehlivostních a provozních kritérií,
- popsat a schématicky znázornit používané typy údržbových systémů (po poruše, se zaručenou bezporuchovostí, po prohlídce), posoudit jejich přednosti a nedostatky



Výklad

Efektivnost údržby je velmi podstatně ovlivněna volbou vhodného systému údržby. Při jeho volbě či návrhu je nutné zvážit více kritérií a odpovědět na dané otázky:

1. *Jaký je charakter výrobku, jakou dosáhl úroveň spolehlivosti?*

- bezporuchovost, udržovatelnost, diagnostikovatelnost je plně podporována palubními a stacionárními systémy (elektronické systémy),
- podpora je na dílenské úrovni, pomocí měřících přípravků, etalonů apod.,
- není žádná podpora.

2. *Jaký bude důsledek vzniku poruchy?*

- ohrozí bezpečnost, životní prostředí, způsobí okamžitou neprovozuschopnost,
- sníží schopnost plnit předepsané funkce, sníží ekonomickou efektivnost.

3. *Jaké jsou provozní podmínky?*

- jsou stálé, bez změn výkonového zatížení, teploty, vlhkosti prostředí apod.
- mění se v pravidelných, předvídatelných intervalech,
- velmi rychle se mění, skokové změny.

4. *Jaké jsou informace o spolehlivosti?*

- existují ověřené informace o provozní spolehlivosti,
- výrobek je nový, ale je možné využít dědičnost konstrukce, prototypové zkoušky,
- neexistují žádné informace ani odhady.

5. *Jaký máme informační systém pro řízení údržby?*

- programové vybavení, zahrnující sběr a vyhodnocení dat, plánování údržby,
- údaje jsou sledovány v písemné podobě, použití formulářů,
- zkušenost a co si kdo pamatuje.

6. *Jak zajišťujeme údržbu?*

- převážně vlastními prostředky a technologií,
- využíváme stabilně smluvní partnery, specialisty,
- pouze dodavatelsky, zpravidla nejlevnější nabídkou.

7. *Jak jsme schopni zajistit logistickou podporu údržby?*

- vlastním logistickým systémem,
- logistiku převážně zajišťuje smluvní dodavatel,
- není zavedena žádná podpora.

Nelze říci, že vždy existuje ta „nejlepší“ odpověď na výše uvedená kritéria. Například výrobci železničních vozidel pro vysoké a velmi vysoké rychlosti vyžadují velmi přísně dodržení jimi stanovených podmínek údržby, a to nejen po dobu trvání záruční doby. Na druhou stranu množství provozovatelů silničních i železničních vozidel po ukončení záruční doby částečně změní systém údržby a dosáhne tak zlepšení efektivity, protože zná lépe vlastní provozní podmínky a umí jim přizpůsobit systém údržby. Vždy však existují jisté základní principy, které jsou apriori dány volbou systému údržby.

Z hlediska údržby prvků výrobku (vozidla) je možné údržbové systémy rozdělit na:

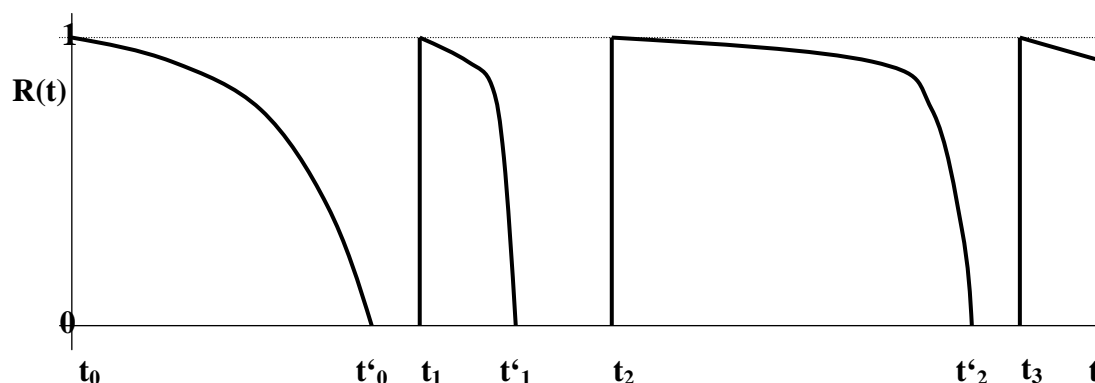
- **Individuální** – každý prvek je udržován tehdy, kdy je to z hlediska spolehlivosti prvku nejvýhodnější. Dosáhne se tím maximální využití inherentní spolehlivosti a z hlediska tohoto prvku i efektivity. Nevýhodou je, pokud je takových prvků v jednom stroji více, zvýšení doby prostojů v údržbě je neúměrné, protože individuální údržba zpravidla neumožňuje kumulaci prací. Používá se proto pro prvky velmi drahé, z hlediska logistiky obtížně dostupné.
- **Skupinový** – skupinová údržba umožňuje účelně seskupit plánované práce, tyto probíhají na více prvcích současně. Seskupením se sníží doba prostojů vozidla

v údržbě, současně klesá pracnost přípravy k provádění údržby. Je nutné vypracovat souhrnný přehled prací v každé skupině, obvykle na základě analýzy. Skupinový systém je vhodný v případech hodnocení opotřebení prvků použitím vizuální prohlídky, velmi často se používá u silničních a železničních vozidel.

- **Komplexní** – údržba se provádí na všech prvcích současně. Systém je vhodný pro rozsáhlé výrobní technologie, např. válcovací trať, chemické provozy apod. Minimalizuje prostoj v údržbě.

□ Údržbový systém po poruše

Historicky nejstarší je údržbový systém po poruše (obr. č. 5.5). Údržba je prováděna až v okamžiku poruchy prvku, neprovádí se tedy preventivně. Doby do poruchy prvku jsou náhodnou veličinou, porucha přichází neočekávaně. Porucha prvku proto nesmí ohrozit bezpečnost, životní prostředí, neměla by způsobit okamžitou neprovoznost nebo vyvolat vznik poškození ostatních prvků. Prvek by měl být snadno vyměnitelný, aby se snížila doba prostoj v údržbě.



Obr. č. 5.5: Údržbový systém po poruše

Kde:

$R(t)$ je pravděpodobnost bezporuchového provozu

t'_0, t'_1, t'_2 - doba vzniku poruchy, vzniká neprovoznost stav,

t_1, t_2, t_3 - doba ukončení opravy, vzniká provozuschopný stav,

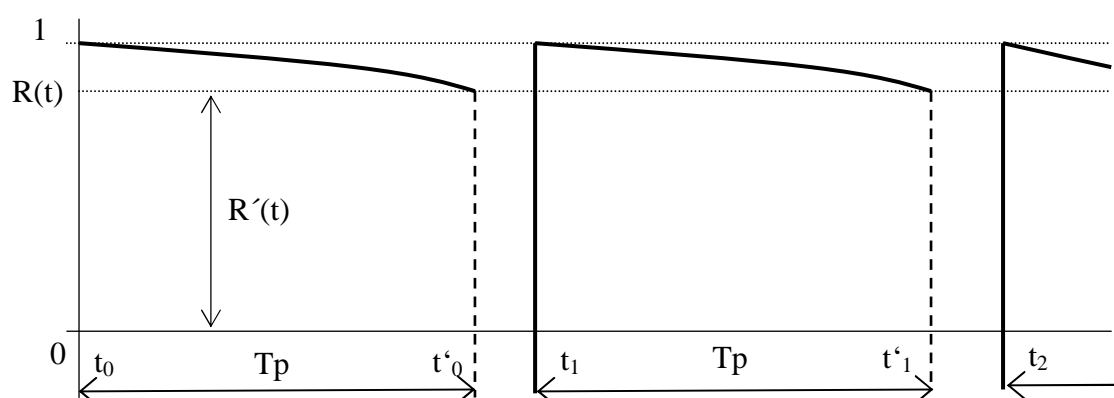
$t'_0 - t_1$ - doba údržby (obnovy) prvku.

Údržba po poruše je někdy nazývána nápravná, protože pouze odstraňuje (napravuje) důsledky opotřebení a nesnaží se jím předcházet, případně je snižovat. Používá se proto i u

prvků, kde je obtížné nebo nemožné zjistit velikost opotřebení, např. elektronické součástky. Potom je ovšem nutné při zvýšených požadavcích na spolehlivost použít některý ze způsobů zálohování.

□ Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí

Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí je pravým opakem systému po poruše. Poskytuje velmi vysokou, předem určenou bezporuchovost prvků nebo celých systémů. Používá se proto u součástí nebo systémů **kritických** z hlediska bezpečnosti nebo ohrožení životního prostředí, kde prakticky není možné použít zálohování (jak zálohovat funkci dvojkolí u železničního vozidla). Údržba nebo obnova se provádí v předem stanovených intervalech (obr. 5.6), je nutné zajistit sledování a evidenci příslušného výkonového parametru, např. kilometrického proběhu vozidla. Údržba a obnova probíhá zásadně podle předepsaných technologických postupů, prvek je zpravidla po jistém proběhu vyřazen a nahrazen novým, nebo je provedena velmi důkladná kontrola s využitím nedestruktivních metod, např. defektoskopie. Zavedení systému vyžaduje velmi dobrou znalost parametrů spolehlivosti, vypracované podrobné technologické postupy, normy spotřeby práce a materiálu, fungující logistickou podporu. Interval T_p je možné určit, pokud jsou známy parametry rozdělení dob do poruchy, např. $W2p$ rozdělení. Systém má **vysoké náklady**, ale tyto jsou většinou mnohonásobně nižší, než ztráty vzniklé následkem poruchy.



Obr. č. 5.6: Údržbový systém se zabezpečenou bezporuchovostí $R(t)$

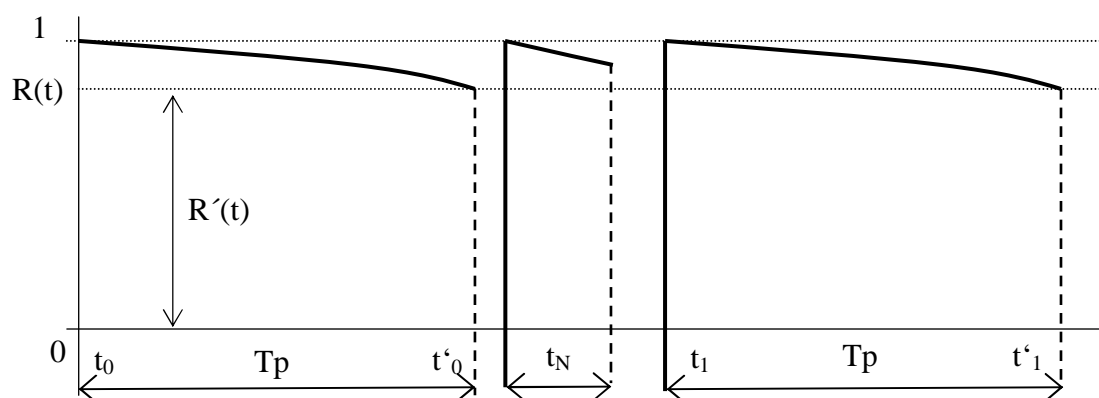
Kde:

$R(t)$ je pravděpodobnost bezporuchového provozu

t_0, t'_0 - interval preventivní údržby T_p ,

t'_0, t_1 - doba preventivní údržby (obnovy) prvku, soustavy.

Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí je preventivní systém a údržba prvků probíhá v pevně stanovených intervalech. Při vzniku náhlé poruchy je možné rozlišit údržbový systém bez ohledu na věk prvků (obr. 5.6), kdy doba do preventivní údržby T_p není náhlou poruchou v čase t_N ovlivněna, a údržbový systém s **ohledem na věk prvků** (obr. 5.7), kdy při náhlé poruše v době t_N začíná nový interval T_p po jeho obnově.



Obr. č. 5.7: Údržbový systém se zabezpečenou bezporuchovostí, s ohledem na věk prvku

Kde:

$R(t)$ je pravděpodobnost bezporuchového provozu,

t_0, t'_0 - interval preventivní údržby T_p ,

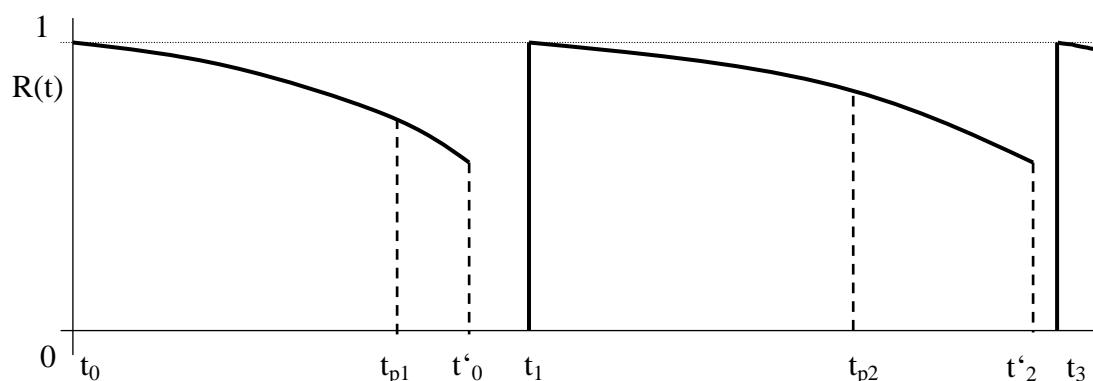
t_N, t'_0 - okamžik vzniku náhlé poruchy,

t_1, t'_1 - začíná nový interval preventivní údržby T_p .

□ Údržbový systém po prohlídce

Údržbový systém po prohlídce (inspekci), využívá pravidelných prohlídek často spojených s diagnostickým testem ke zjištění technického stavu objektů. Po získání údajů o velikosti opotřebení (skutečného technického stavu) je stanovena další doba provozu objektu, nutný rozsah údržby a doba jejího trvání, je sestaven operativní plán údržby. S časovým odstupem za prohlídkou je provedena údržba a opravy, odstraní se dodatečně zjištěné závady. Systém je **pružný**, umožňuje reagovat na změnu provozních podmínek, přináší však snížení bezpečnosti a spolehlivosti.

Časový odstup realizace údržby je výhodný i z hlediska logistické podpory. Sestavením operativního plánu údržby je zřejmé, jaké prvky (součásti) je nutné vyměnit, obecně, jaký bude potřeba materiál na provedení údržby a oprav. Vzniká jistý předstih mezi okamžikem spotřeby před okamžikem vzniku požadavku na materiál, což vede ke snížení nároků na rychlost dodávek.



Obr. č. 5.8: Údržbový systém po prohlídce

Kde:

$R(t)$ je pravděpodobnost bezporuchového provozu

t_0, t'_{0} - doba provozu, provozuschopný stav

t_{p1} - čas provedení prohlídky (inspekce), diagnostického testu,

t'_{0}, t_1 - doba údržby (obnovy), neprovozuschopný stav.

5.5 Návrh systémů údržby



Čas ke studiu: 2,5 hodiny



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- navrhnout údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí prvků, tj. vypočítat intervaly údržby, stanovit obsah údržbových zásahů a sestavit plán údržby.



Výklad

Základními požadavky, které musí každé vozidlo splňovat, je provozní spolehlivost a především bezpečnost. Jedním z předpokladů vedoucích ke splnění těchto kritérií je zvládnutí procesů návrhu a implementace systémů údržby.

□ **Návrh systém se zaručenou bezporuchovostí**

Výrobek, v našem případě vozidlo, je rozděleno na konstrukční skupiny, případně na jednotlivé prvky, které jsou rozhodující z hlediska možného vzniku kritické poruchy. Údržbový systém musí zajistit **vysokou bezporuchovost $R(t)$** skupin nebo prvků, proto použijeme údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí (kap. 5.3.2). Nutnou podmínkou k použití dále naznačeného postupu je znalost rozdělení a parametrů bezporuchovosti každé skupiny nebo prvku, uvažuje se např. **W2p** rozdělení.

Příklad 5.1.

Pojezd kolejového vozidla je rozdělen na 4 skupiny, konstruktér stanoví požadavek na $R(x)$ (bezporuchovost) pro každou skupinu. Náhodná proměnná x – výkonový parametr, je zvolen jako kilometrický proběh vozidla (km). Požadavky na $R(x)$ nemusí být pro každou skupinu shodné, přihlíží se k míře kritičnosti důsledků vniklé poruchy. Vstupní údaje jsou v tabulce 5.1, výčet prvků v tabulce není úplný a slouží pouze jako příklad.

Tab. 5.1: Vstupní údaje – pojezd vozidla

P.č.	Skupina, prvek	x_0 (km)	m	Požadavek $R(x)$	x_α (km)	x_α zaokrouhleno (km)
1	Dvojkolí	320000	4,20	0,98	126379	126000
2	Mechanická část brzdy	45000	1,09	0,90	5062	5000
3	Trakční motor	42000	2,10	0,95	10209	10200
4	Tlumič svislý teleskopický	85000	3,20	0,90	42073	42000

Kde:

x_0, m - parametry W2p rozdělení prvků

$R(x)$ - požadavek na bezporuchovost (zvolený)

x_α - proběh odpovídající požadované bezporuchovosti

Výpočet proběhu x_α :

Výpočet je proveden úpravou vztahu (3.9), kde je dosazena požadovaná bezporuchovost $R(x)$.

$$R(x) = \exp\left[-\left(\frac{x}{x_0}\right)^m\right]$$

$$\ln R(x) = -\left(\frac{x}{x_0}\right)^m$$

$$\sqrt[m]{-\ln R(x)} = \left(\frac{x}{x_0}\right)$$

$$x = x_0 \cdot (-\ln R(x))^{\frac{1}{m}}$$

Vzorový výpočet – dvojkolí:

$$x = x_0 \cdot (-\ln R(x))^{\frac{1}{m}}$$

$$x_\alpha = 320000 \cdot (-\ln 0,98)^{\frac{1}{4,2}}$$

$$x_\alpha = 126379 \text{ (km)}$$

Dalším krokem je vytvoření tabulky údržbových zásahů (Tab. 5.2). V hlavičce tabulky je uveden krok údržby, který odpovídá **základnímu cyklu údržby**, tj. nejmenší hodnota proběhu v tab. 5.1. V našem případě se jedná o mechanickou část brzdy s proběhem 5000 km do údržby. Proběh dalších skupin do údržby je nutné upravit tak, aby odpovídal celočíselnému násobku základního cyklu údržby. V tabulce vidíme, že údržba 3. skupiny (trakční motor) se po úpravě provádí každých 10000 km, údržba 4. skupiny každých 40000 km, atd. Obecně, pokud se po ujetí určitého počtu kilometrů provádí údržba některé skupiny, označíme údržbový zásah do tabulky např. křížkem.

Tab. 5.2: Návrh tabulky údržbových zásahů

P.č.	upravený proběh $x_\alpha \cdot 10^3$ (km)	P. č.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	16	24		
		intervalu Proběh 10^3 (km)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	...	80	...	120
1	120													x	
2	5		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	
3	10			x		x		x		x				x	
4	40									x				x	
Stupeň údržby			I.	II.							III.				IV.

V tab. 5.2 existují celkem čtyři typy údržby označené I. až IV., protože existují čtyři různé kombinace údržbových zásahů. V praxi je obvyklé nazývat stupně údržby podle zvyklostí výrobce nebo provozovatele vozidla. S použitím slovního vyjádření pro stupně údržby je tabulka 5.3 hledaným výsledkem návrhu.

Tab. 5.3: Tabulka údržby

Název údržby	Skupiny	Cykličnost 10 ³ (km)
Základní	2	5
Malá	2+3	10
Velká	2+3+4	40
Vyvazovací	1+2+3+4	120

Poznámky k řešení:

- Vyšší stupeň údržby obsahuje údržbové zásahy prováděné v nižších stupních, jinými slovy, vyšší stupeň údržby nuluje proběh do nižšího stupně.
- Po dosažení nejvyššího stupně se celý cyklus znova opakuje.
- Je nutný kompromis mezi individuální údržbou prvku a základním cyklem údržby. Například údržba dvojkolí je volena při proběhu 120.000 km, místo teoreticky možných 125.000 km. Celý systém údržby se tímto kompromisem výrazně zjednoduší za ještě přijatelného využití inherentní spolehlivosti dvojkolí.



5.6 Údržba zaměřená na bezporuchovost (RCM)



Čas ke studiu: 4 hodiny



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- popsat kroky analýzy metody RCM (údržba zaměřená na bezporuchovost), vedoucí k sestavení programu preventivní údržby, uvést odlišnosti počátečního a provozního programu preventivní údržby,
- detailně se orientovat v jednotlivých krocích pro tvorbu programu preventivní údržby (dekompozice vozidla, stanovení cílů údržby, určení prostředků a obsahu údržby, stanovení intervalů údržby),
- využít postupy z jednotlivých kroků analýzy pro sestavení konkrétního programu preventivní údržby pro vozidla.



Výklad

Životní cyklus vozidla je rozdělen do několika navazujících etap. V etapě provozního využití vozidla je žádoucí použít dynamického (vyvíjejícího se) údržbového systému, schopného reagovat na změny provozních, ekonomických i technologických podmínek. Této představě velmi dobře vyhovuje program údržby zaměřené na bezporuchovost (RCM – Reliability Centred Maintenance). Byl vyvinut počátkem šedesátých let dvacátého století pro civilní letecký průmysl, postupně se osvědčil v dalších průmyslových odvětvích a metodika byla rozpracována v normě ČSN IEC 60300–3-11. V úvodu této normy je uvedeno:

„Údržba zaměřená na bezporuchovost (RCM) je metoda pro zavedení programu preventivní údržby, který umožní účelně a účinně dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a pohotovosti zařízení a konstrukcí, a určena k tomu, aby vedla ke zlepšení celkové bezpečnosti, pohotovosti a hospodárnosti provozu.“

Charakteristika programu RCM plně vyhovuje požadavkům na údržbu kolejových vozidel a cílem této kapitoly je návrh postupů a specifikace nástrojů, nutných pro zavedení této normy v systému údržby kolejových vozidel.

Počáteční a provozní program údržby:

Program údržby zaměřené na bezporuchovost se skládá z počátečního programu údržby, na který navazuje neustále se vyvíjející provozní program údržby.

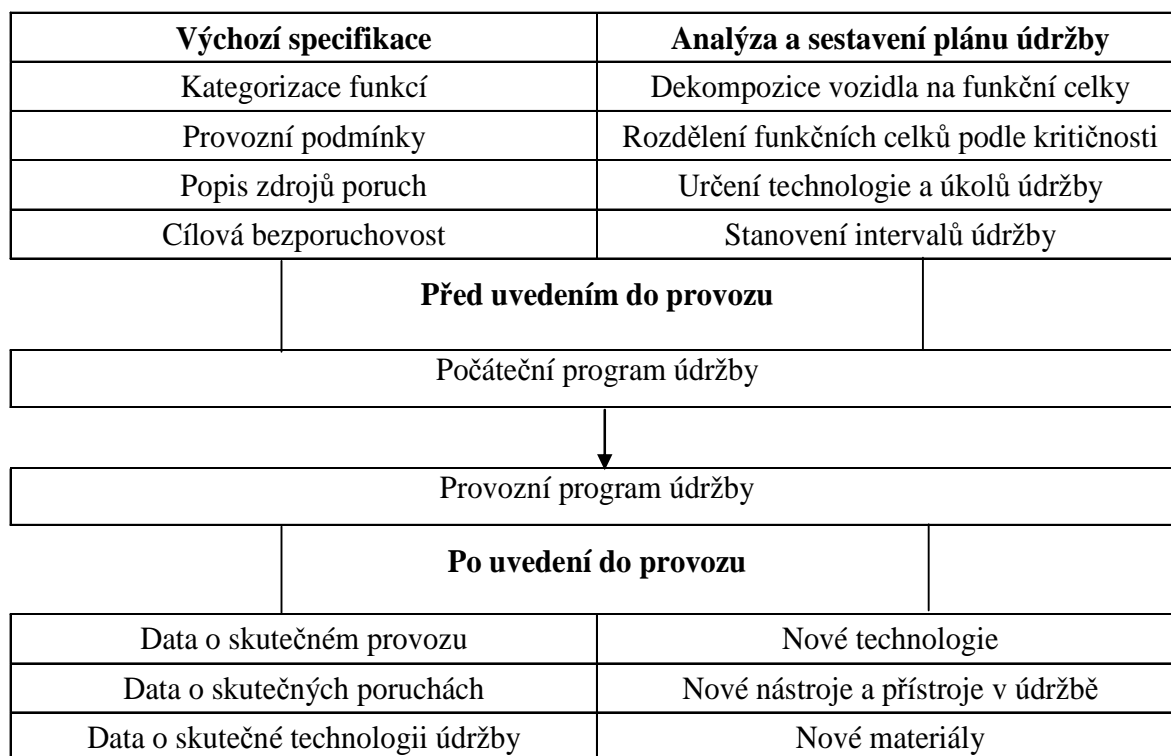
- **Počáteční program údržby** je zpravidla definován před uvedením řady vozidel do provozu, je vypracován ve spolupráci mezi výrobcem a provozovatelem vozidla.
- **Provozní program údržby** je vypracován s použitím počátečního programu údržby, je inicializován provozovatelem a vychází z dat a zkušeností o skutečném průběhu opotřebení, poruchách a technologickém vývoji. Počáteční program RCM může být uplatněn i po zavedení vozidel do provozu, s cílem obnovit a zlepšit již existující program údržby, zejména pokud je stávající program údržby navržen pouze na základě zkušeností nebo doporučení výrobce. Vztah počátečního a provozního programu údržby je znázorněn na obr. č. 5.9.

□ Vytvoření programu údržby

Program údržby vychází z posouzení návrhu konstrukce celků, z hodnocení přípustnosti únavy a poškození, z výsledků zkoušek a ze zkušeností z provozu obdobných konstrukcí. Program údržby musí stanovit, jaké celky se musí udržovat, jakých cílů se má údržbou

dosáhnou, jaké prostředky použít a v jakých intervalech údržbu provádět. Tyto otázky tvoří složitý komplex, jehož řešení je možné rozdělit na následující dílčí úkoly:

1. Dekompozice vozidla a stanovení cílů údržby.
2. Stanovení prostředků a obsahu údržby.
3. Určení intervalů údržby.
4. Vypracování počátečního a následně provozního programu údržby.



Obr. č. 5.9: Počáteční a provozní program údržby RCM

Dekompozice vozidla na funkční celky:

Proces dekompozice vozidla začíná identifikací celků, dále pokračuje identifikací konstrukčních skupin a podskupin, případně až na úroveň součástek. Cílem je identifikovat funkčně významné a ostatní celky, ostatní celky se v dalším návrhu neposuzují a použije se údržba po poruše. Funkčně významné celky (FSI) jsou takové celky, jejichž předvídatelné důsledky poruch funkce nebo funkcí mohou způsobit:

1. Poruchu ovlivňující bezpečnost, životní prostředí, i skrytě (SSI).

2. Poruchu s významným dopadem na provoz a údržbu (MSI).

3. Poruchu s významným ekonomickým dopadem (ESI).

Kategorizace funkčně významných celků do třech skupin je spojena s nově zavedenými pojmy, které původní norma ČSN IEC 60300-3-11 přímo neobsahuje. Je proto nutné tyto pojmy nově definovat:

Celky SSI - porucha ovlivní bezpečnost, životní prostředí i skrytě:

SSI je jakýkoliv detail, součást, sestava nebo celek, který významně přispívá k zachycení provozního, gravitačního, tlakového, řídicího zatížení, jehož porucha by mohla ovlivnit bezpečnostně kritickou konstrukci vozidla. Typickým příkladem je dvojkolí, systém vedení dvojkolí a vypružení, rám podvozku, rám vozidla, spřáhlové a narážecí ústrojí, mechanická i pneumatická část brzdy vozidla, tlakové nádoby, nádrže pohonných hmot.

Plánovaná údržba celků SSI tvoří základ programu údržby. Celky s přípustným poškozením mají většinou prakticky použitelné a efektivní strategie plánované údržby, např. kombinace vizuální prohlídky a nedestruktivních zkoušek. Při údržbě celků s bezpečnou dobou života se spoléhá na kombinaci bezpečné doby života, zajištěné sledováním doby provozního nasazení celku (evidencí proběhu) a systému plánované údržby. Po dosažení doby života jsou celky vyřazeny a nahrazeny novými. Pokud není možné zajistit dosažení cíle údržby (tab. 5.4), je nutné celek přepracovat (navrhnout jeho konstrukci znovu), protože neexistuje způsob k zajištění bezpečnosti provozu.

Poznámka:

Skrytá porucha při svém vzniku se **nijak neprojeví**, např. chybnou funkcí nebo ztrátou provozuschopnosti. Teprve po vzniku druhé poruchy způsobí vzájemný souběh poruch nebezpečnou nebo kritickou situaci z hlediska bezpečnosti.

Celky MSI – porucha s významným dopadem na provoz a údržbu:

Celek v důsledku poruchy ovlivní nepříznivě provoz a údržbu vozidla. V důsledku poruchy celku MSI vznikají provozní omezení a strojvedoucí musí použít postupy pro mimořádné případy. Důsledkem je přímý vliv na prodloužení jízdní doby vlaku, případně úplná ztráta provozuschopnosti. Prostoje vozidla vynucené opravou celku MSI má vliv na významné snížení součinitele pohotovosti. Je žádoucí vypracovat strategii údržby snižující pravděpodobnost poruchy na přijatelnou úroveň. Pokud není možné navrhnout tuto strategii, použije se systém údržby po poruše, v případě příliš velkých provozních sankcí je žádoucí přepracovat konstrukci celku.

Celky ESI – porucha s významným ekonomickým dopadem:

Porucha celku ESI nebrání provozu vozidla, ale vznikají ekonomické ztráty v důsledku dodatečných nároků na pracovní sílu a náklady na materiál. Strategie údržby proto vychází z hodnocení nákladů a přínosů, program plánované (preventivní) údržby musí mít nižší náklady než odstranění důsledků vzniklé poruchou. Pokud není možné navrhnout vhodnou strategii údržby, použije se systém po poruše, v případě velkých ekonomických ztrát je možné požadovat přepracování – změnu konstrukce celku.

Tab. 5.4: Cíle plánované údržby

Typ celku	Cíl údržby
SSI	Zabránit vzniku první poruchy
MSI	Omezit pravděpodobnost poruchy na přijatelnou úroveň
ESI	Plánovaná údržba musí mít nižší náklady než odstranění důsledků vzniklé poruchou

Příklad 5.2.

Proveďte dekompozici podvozku tramvaje T3 a určete klasifikaci funkčně významných celků včetně stanovení cíle údržby.

Otázka: Jaká postupy použít pro dekompozici podvozku? Jak sestavit rozhodovací diagram pro určení klasifikace celků?



Obr. č. 5.10: Podvozek tramvajového vozu T3

Dekompozice podvozku:

V první úrovni dekompozice tramvajového podvozku (obr. č. 5.10) je provedeno fyzické ohraničení jednotlivých celků. Složitější konstrukce si vyžadují ještě další úroveň dekompozice, až na úroveň součástí, jak ukazují Tab. 5.5, Tab. 5.6.

Klasifikace objektů:

Podle následků poruchy funkce celků lze určit celky, jejichž porucha ovlivňuje bezpečnost nebo životní prostředí (SSI), provoz a údržbu (MSI) nebo má velký ekonomický dopad (ESI). Klasifikace celků určuje cíl údržby, proto je nutné věnovat této činnosti maximální pozornost. Příliš přísná klasifikace zvyšuje zbytečně náklady na údržbu, naopak podcenění zejména celků s kritickým důsledkem poruchy pro bezpečnost nebo životní prostředí může zapříčinit velké ztráty v důsledku vzniku poruchy. Příklad klasifikace objektu SSI je v tabulce č. 5.7, objektu MSI v tabulce č. 5.8.

Tab. 5.5: Dekompozice podvozku tramvajového vozu T3

Výkaz č. 2	Tramvaj T3	Název celku: Podvozek	Číslo celku: 1
Číslo skupiny	Název skupiny, funkčního systému		Pokračuje list č.
10	Podélník		
20	Motorový příčník		
30	Dvojkolí s převodovou skříní		10-30
40	Kolébka		
50	Kardanový kloub		
60	Trakční motor		
70	Čelist'ová brzda		10 - 70
80	Elektromagnetická brzda kolejnicová		
90	Mechanický pískovač		
100	Plechové blatníky		
110	Mazání okolků		
Vypracoval:	Datum:	List č. 10	Kontroloval:

Tab. 5.6: Dekompozice dvojkolí s převodovou skříňí

Výkaz č. 3	Tramvaj T3	Název skupiny: Dvojkolí s převodovou skříňí	Číslo skupiny: 30
Číslo prvku	Název prvku		Pokračuje list č.
1	Obruč kola		10-30-1
2	Disk kola		
3	Pryžová vložka		
4	Uzemňovací propojky		
5	Náprava		
6	Nápravová ložiska		
7	Převodová skříň		
8	Trubová část převodovky		
Vypracoval:	Datum:	List č. 10-30	Kontroloval:

Tab. 5.7: Klasifikace objektu SSI – obruč kola

Výkaz č. 4	Tramvaj T3	Název prvku: Obruč kola	Číslo prvku: 1	Číslo výkresu:	
Popis charakteristické funkce prvku:					
Obruč je část kola, přenáší svislé a příčné síly mezi kolejnicemi a diskem za podmínky kruhovitosti (adhezní valení dvojkolí).					
RCM analýza prvku			Vysvětlení pro Ano, zdůvodnění pokud Ne	Zdroje poškození	
a) Předvídatelná porucha funkce nebo funkcí prvku (i skrytá) ohrozí bezpečnost provozu nebo životní prostředí ?	Ano	<input checked="" type="checkbox"/>	SSI/5a	ANO Pootočení, sesmeknutí, prasknutí, opotřebení jízdního obrysu má za následek nebezpečí vykolejení.	AD, FD/ přípustné poškození
	Ne	<input type="checkbox"/>			
b) Předvídatelná porucha funkce nebo funkcí prvku způsobí neschopnost vozidla, zpoždění vlaku, významně zvětší prostoje v opravě?	Ano	<input type="checkbox"/>	MSI/5b		
	Ne	<input type="checkbox"/>			
c) Předvídatelná porucha funkce nebo funkcí prvku nebrání provozu vozidla, ale má za následek významné ekonomické ztráty?	Ano	<input type="checkbox"/>	ESI/5c		
	Ne	<input type="checkbox"/>			

Tab. 5.8: Klasifikace objektu MSI – brzdové čelisti s obložením

Výkaz č. 4	Tramvaj T3	Název prvku: Brzdové čelisti s obložením	Číslo prvku: 2	Číslo výkresu:	
Popis charakteristické funkce prvku: Brzdové čelisti jsou umístěny na štítu trakčního motoru. Obložení doléhá na brzdový buben, slouží k mechanickému brzdění trakčního motoru při zastavování tramvaje.					
RCM analýza prvku			Vysvětlení pro Ano, zdůvodnění pokud Ne	Zdroje poškození	
a) Předvídatelná porucha funkce nebo funkcí prvku (i skrytá) ohrozí bezpečnost provozu nebo životní prostředí ?	Ano		SSI/5a	NE Porucha funkce neohrožuje bezpečnost (brzdí další 3 čelist'ové brzdy, nouzová elektromagnetická brzda kolejnicová).	
	Ne				
b) Předvídatelná porucha funkce nebo funkcí prvku způsobí neschopnost vozidla, zpoždění vlaku, významně zvětší prostoje v opravě?	Ano	➔	MSI/5b	ANO Porucha čelistí způsobí neschopnost brzdy. Porucha obložení (opotřebení) snižuje brzdový účinek. Řidič musí volit mimořádné postupy.	
	Ne				
c) Předvídatelná porucha funkce nebo funkcí prvku nebrání provozu vozidla, ale má za následek významné ekonomické ztráty?	Ano		ESI/5c		
	Ne				



❑ Stanovení prostředků a obsahu údržby

Určení použitelných a efektivních prostředků preventivní údržby u celků FSI vychází z přístupu, který využívá analýzy pomocí stromu logického rozhodování. Tato analýza se provádí položením otázek s následnou odpovědí typu ANO/NE. Odpovědi na tyto otázky určují směr postupu analýzy a pomáhají zjišťovat, zda existuje použitelný a efektivní úkol údržby, který zabrání vzniku poruchy nebo alespoň zmírní její následky (obr. 5.11).

U konstrukčně významných celků **SSI** je nutné položit **všechny otázky** stromu logického rozhodování. Pokud není nalezen žádný prostředek údržby, ani jejich kombinace (všechny odpovědi jsou NE), je nutné v důsledku kritického ovlivnění bezpečnosti při poruše celku přepracovat návrh konstrukce celku.

U celků **MSI** a **ESI** se pokládají otázky podle stromu logického rozhodování (obr. 5.11). Je-li nalezen vhodný a účinný prostředek údržby pro daný celek, pak se použije. Jsou-li u všech otázek odpovědi NE, může být přepracován návrh konstrukce celku nebo je použit systém údržby po poruše. Okamžik ukončení průchodu stromem rozhodování je zřejmý z algoritmu naznačeného šipkami.

Prostředky údržby:

- Mazání, čištění, ošetřování.
- Provozní, vizuální kontrola.
- Prohlídka, kontrola funkce, diagnostika.
- Obnova.
- Vyřazení.

Mazání, čištění, ošetřování se provádí s cílem udržení inherentní způsobilosti celku, např. provozní ošetření hnacích vozidel. U vozidel je předepsáno formou mazacího plánu.

Provozní nebo vizuální kontrola je zaměřená na zjišťování poruch, které nejsou detekovány obsluhou vozidla nebo monitorovacím systémem vozidla během provozu. Úkol nevyžaduje určit kvantitativní tolerance, nemusí být prováděno žádné měření při provádění kontroly. Činnost může provádět i jízdní personál, např. strojvedoucí při přebírání – kontrole vozidla. Do této kontroly se zahrnuje i sběr dat o poruchách z monitorovacího systému vozidla, s výpovědí typu porucha Ano/Ne.

Prohlídka, zkouška funkce, diagnostika je kvantitativní kontrola, vyžaduje zpravidla měření (měřicí přístroje, měřicí metody, diagnostiku). Úkolem je zjistit, zda funkce celků jsou prováděny ve specifikovaných mezích. Vzhledem k potřebě přístrojového vybavení jsou úkoly prováděny v opravárnách vozidel zpravidla pracovníky opravy nebo v opravárnách externích dodavatelů. Tyto úkoly může plnit i diagnostický systém, palubní nebo stacionární.

Obnova celku je pracovní úkon nutný k návratu celku do standardního stavu, výkresových nebo opravárenských rozměrů. Rozsah obnovy může zahrnovat různé činnosti od čištění, mazání, seřízení až po generální opravu, musí být proto přesně specifikován vzhledem ke každému úkolu obnovy celku.

Vyřazení celku znamená jeho vyjmutí z provozu po specifikované době života a nahrazení novým. Uplatňují se u celků SSI s bezpečnou dobou života.

Obsah údržby:

Je tvořen dvěma skupinami údržby:

- Skupina úkolů preventivní údržby.
- Skupina neplánovaných úkolů údržby.

Cílem skupiny úkolů preventivní údržby je identifikovat degradaci a zabránit tomu, aby se vlivem degradace snížila bezporuchovost a bezpečnost pod svou inherentní úroveň. To je taková úroveň bezporuchovosti a bezpečnosti, kterou lze očekávat od objektu nebo zařízení, je-li efektivně udržováno. Těchto cílů lze dosáhnout pomocí jednoho nebo kombinace prostředků údržby stanovených pomocí diagramu na obrázku č. 5.11.

Cílem druhé skupiny úkolů je udržet vozidlo v přijatelném technickém stavu nebo jej obnovit do stavu, v němž může plnit svoji funkci.

Skupina neplánovaných úkolů vychází:

- Ze závěrů preventivního programu údržby.
- Ze zpráv o nesprávné funkci nebo o náznaku vznikající (hrozící) poruchy.

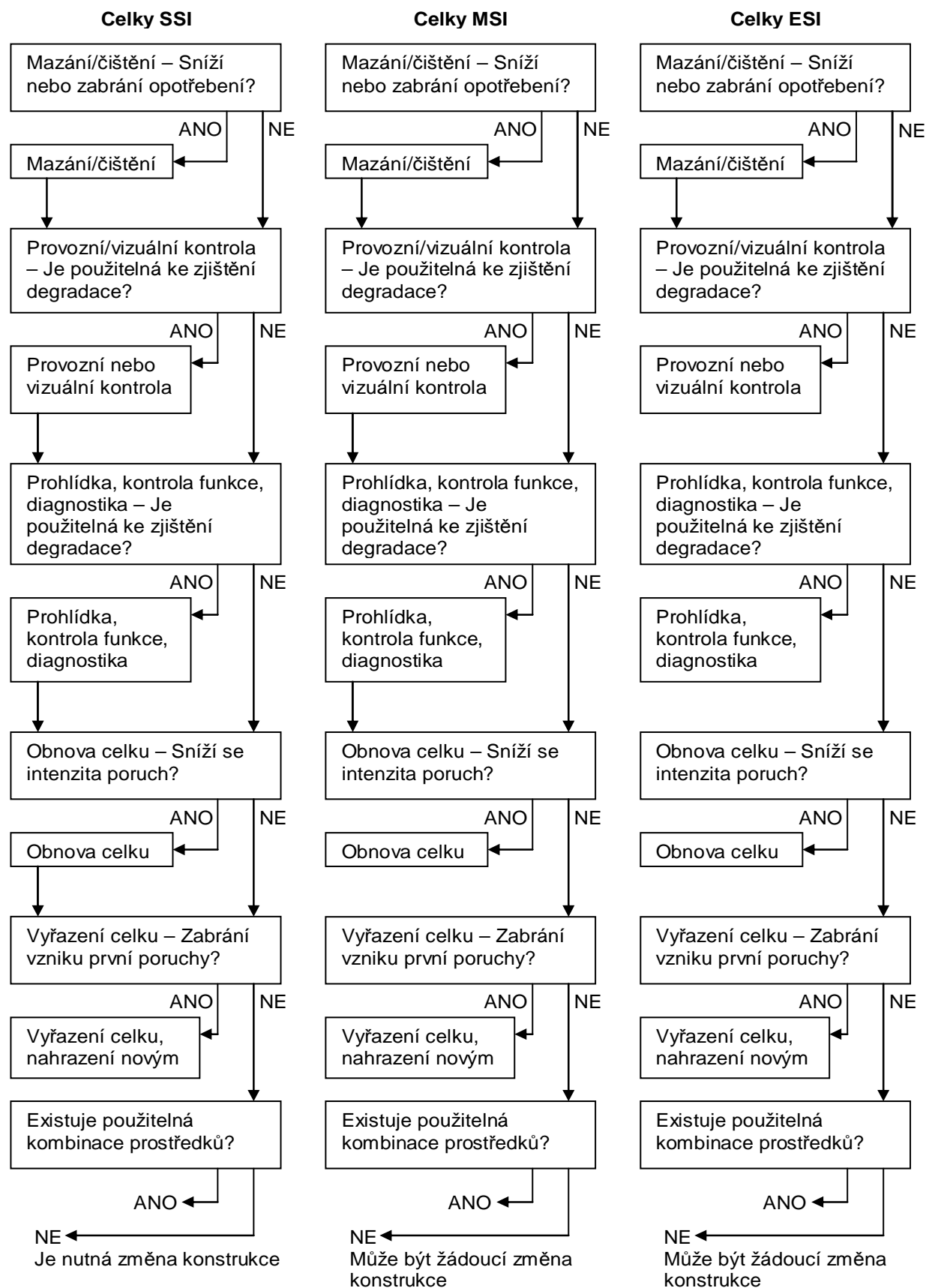
Při volbě úkolů údržby je nutné uvažovat s typem opotřebení a způsobem poškození celku, v důsledku kterých dochází k jeho degradaci. Tyto vlivy jsou známy pod názvem zdroje poškození.

Zdroje poškození:

Poškození nehodou (AD) je fyzická degradace objektu způsobená nárazem nebo dotykem cizího objektu, působením vnějšího vlivu nebo lidským omylem během výroby, provozu či při údržbě zařízení. Je charakterizováno náhodnou individuální událostí a může snížit úroveň inherentní zbytkové pevnosti. Poškození nehodou velkého rozsahu je snadné detekovat, a proto není nutné určit žádný úkol preventivní údržby.

Degradace vlivem prostředí (ED) je zapříčiněna vlivem okolního prostředí, zahrnuje korozi, korozi pod mechanickým napětím a degradaci nekovových materiálů. Náchylnost ke korozi způsobuje např. vystavení degradačnímu prostředí (plyny, kyseliny), dotyk rozdílných materiálů s nebezpečím vzniku galvanického potenciálu nebo poškození povrchových ochranných materiálů.

Únavové poškození (FD) je charakteristické inicializací lomu vlivem cyklického zatížení a jeho následným šířením. Jde o kumulativní proces závisející na provozních hodinách nebo cyklech zařízení a může být ovlivněn ozářením.



Obr. č. 5.11: Určení prostředků údržby

Příklad 5.3.

Stanovte prostředky a obsah údržby na základě klasifikace celků provedené v příkladu 5.2.

Otázka: *Jak použít rozhodovací diagram pro určení prostředků a obsahu údržby naznačený na obrázku 5.11?*

Pro volbu prostředků údržby využijeme formuláře sestaveného v souladu s postupy stromu logického rozhodování (obr. 5.11).

Obruč kola je klasifikována jako SSI (dále např. náprava, převodová skříň), cílem údržby zabránit vzniku první poruchy, a proto je nutné k nalezení efektivní preventivní údržby položit otázky pro všechny existující prostředky údržby. Určení prostředků údržby pro obruč kola zobrazuje Tab. 5.9.

U objektů MSI, u kterých je cílem údržby omezení pravděpodobnosti poruchy na přijatelnou úroveň (např. trakční motor, čelist'ová brzda), je nutné položit alespoň první čtyři otázky stromu logického rozhodování. Určení prostředků údržby zobrazuje tabulka č. 5.10.

U objektů ESI, zařízení pro mazání okolků, se pokládají alespoň první dvě otázky a preventivní údržba se zavede v případě, že náklady na ni budou nižší než odstranění důsledků poruchy.

Tab. 5.9: Určení prostředků údržby – obruč kola

Výkaz č. 5a	Tramvaj T3	Název prvku: Obruč kola	Číslo prvku: 1
Úkoly a obsah údržby – prvky SSI		Podrobnosti úkolů pro Ano, zdůvodnění pokud Ne	
Mazání nebo čištění	Sníží nebo zabrání opotřebení?	Ano Ne	ANO Mazání okolku obruče snižuje opotřebení. Zajištěno samostatným systémem.
Provozní nebo vizuální kontrola	Je použitelné ke zjištění degradace?	Ano Ne	ANO Pootočení, posunutí obruče, povrchové trhliny (zrakem). Plochá místa jízdní plochy (sluchem).
Prohlídka, kontrola funkce, diagnostika	Je použitelné ke zjištění degradace?	Ano Ne	ANO Kontrola trhlín (defektoskopie). Měření jízdního obrysu kola, měření excentricity rozchodné kružnice.
Obnova celku	Sníží se intenzita poruch?	Ano Ne	ANO Soustružení jízdního obrysu na kolovém soustruhu.
Vyřazení celku, náhrada novým	Zabrání vzniku 1. poruchy?	Ano Ne	ANO Při vzniku hlubokých trhlín, dosažení minimálního průměru kola.
Existuje použitelná kombinace prostředků?	Použití nejefektivnější kombinací?	Ano Ne	
Nutná změna konstrukce		Cíl: Údržba musí zabránit vzniku 1. poruchy!	
Vypracoval:	Datum	Kontroloval:	Pokračuje list č.: 10-30/6

Tab. 5.10: Určení prostředků údržby – brzdové čelisti s obložením

Výkaz č. 5b	Tramvaj T3	Název prvku: Brzdové čelisti s obložením	Číslo prvku: 2
Úkoly a obsah údržby – prvky MSI		Podrobnosti úkolů pro Ano, zdůvodnění pokud Ne	
Mazání nebo čištění	Sníží nebo zabrání opotřebením?	Ano Ne	ANO Mazání čepů pákového soustrojí mazacími hlavicemi.
Provozní nebo vizuální kontrola	Je použitelné ke zjištění degradace?	Ano Ne	ANO Kontrola ukazatele páky brzdíče (zobrazuje stav opotřebením brzdového obložení)
Prohlídka, kontrola funkce, diagnostika	Je použitelné ke zjištění degradace?	Ano Ne	ANO Měření opotřebením brzdového obložení. Měření vzduchové mezery odbrzděné brzdy.
Obnova celku	Sníží se intenzita poruch?	Ano Ne	NE Nesníží intenzitu poruch.
Vyřazení celku, náhrada novým	Zabrání vzniku 1. poruchy?	Ano Ne	ANO Při dosažení minimální rozměru síly stěny obložení, deformaci brzdového obložení.
Existuje použitelná kombinace prostředků?	Použit nejeftivnější kombinaci?	Ano Ne	
Možná změna konstrukce! ←		Cíl: Omezit pravděpodobnost poruchy na přijatelnou úroveň!	
Vypracoval:	Datum	Kontroloval:	Pokračuje list č.: 10-70/6



□ **Stanovení intervalů údržby**

Určení intervalů údržbových zásahů v programu preventivní údržby vychází z potřeb zajištění bezpečnosti a pohotovosti s přihlédnutím k nákladům údržby. Intervaly se stanovují s využitím těchto postupů:

Legislativa:

Intervaly pravidelných kontrol technického stavu vozidel stanovených legislativou musí být vždy zahrnuty do údržbového systému. V České republice pro drážní vozidla platí vyhláška č. 173/1995 Sb. Ministerstva dopravy, se kterou se vydává Dopravní řád drah, ve znění vyhlášek č. 242/1996 Sb. a 174/2000 Sb. Vyhláška určuje pro drážní vozidla pro přepravu cestujících tramvajové dráhy interval 2 roky, nejpozději po němž musí být dopravcem zajištěna kontrola technického stavu vozidel. Pravidelná kontrola se provádí podle rozsahu stanoveného pro technicko-bezpečnostní zkoušku (TBZ).

Podobně je upravena povinnost pravidelné kontroly technického stavu silničních vozidel zákonem č.56/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích.

Výpočet:

Při stanovení intervalu údržby výpočtem jsou využívány statistické metody zpracovávající data výrobce nebo provozovatele vozidla o bezporuchovosti (doby do poruchy). U celků SSI je interval zpravidla určen jako daný, dostatečně nízký kvantil pravděpodobnosti poruchy (např. $F(t) = 0,05$), který zaručuje vysokou pravděpodobnost bezporuchového chodu. U celků MSI a ESI se intervaly údržby určují např. pomocí posouzení průběhu hustoty obnovy $h(t)$, s přihlédnutím na stanovený cíl údržby těchto celků.

Při určování jednotlivých intervalů mezi úkoly preventivní údržby je potřeba brát v úvahu jak hledisko bezpečnosti jednotlivých objektů, tak na druhé straně i hledisko nákladů na pravidelnou údržbu. Plánované intervaly prohlídek by se měly na základě výpočtu upravit tak, aby jednotlivé úkoly údržby mohly být seskupeny, a tím se snížil jejich vliv na provoz vozidla.

Odhad:

Jestliže jsou data o bezporuchovosti nedostatečná, je nutné provést návrh intervalů údržby na základě zkušeností návrháře. Vychází se z poznatků o údržbě a obnově obdobných konstrukcí s využitím úsudku konstruktéra a jeho zkušeností.

Pro stanovení intervalu údržby se používají tyto zásady:

- interval prohlídky musí zajistit včasnou detekci vzniku únavového poškození nebo poškození prostředím u všech objektů SSI,
- u objektů kategorizovaných jako SSI – s bezpečnou dobou života není požadován program preventivních prohlídek zaměřených na detekci únavového poškození,

- u objektů SSI – s přípustným poškozením, kde poškození je snadno detekovatelné v rutinním provozu nebo je indikováno bezpečnou nesprávnou funkcí, není požadován program prohlídek zaměřených na zjišťování únavového poškození,
- k detekci únavového poškození nebo poškození prostředím se použije vizuální prohlídka, je – li tento postup efektivní,
- je – li vizuální prohlídka neefektivní, je nutné využít k detekci únavového poškození metod nedestruktivních zkoušek.

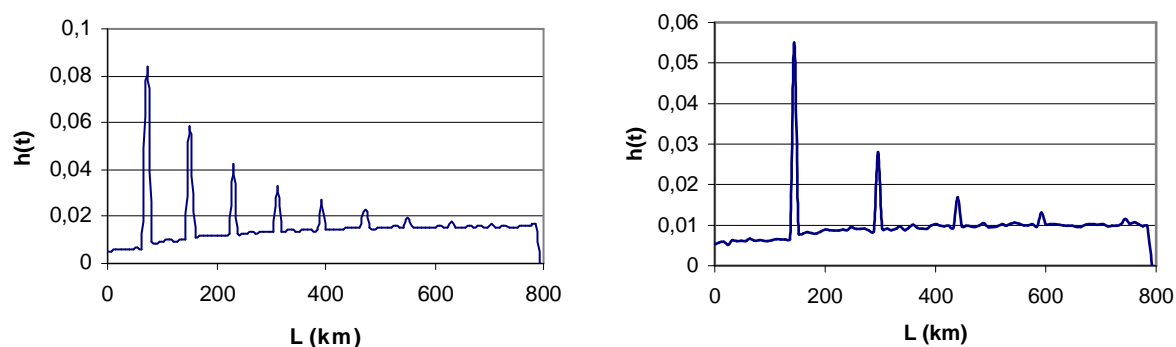
Poznámka:

Při známých parametrech bezporuchovosti celku MSI je možné s využitím software modelovat výsledky různých strategií údržby. Například můžeme porovnat systém údržby po poruše s preventivní strategií. Ukázka výsledků simulačních výpočtů je v tabulce 5.11 a průběh hustoty obnovy $h(t)$ na obrázku 5.12.

Simulační výpočet hustoty obnovy a středního počtu obnov, v našem případě vycházející z popisu bezporuchovosti pomocí $W2p$ rozdělení, přináší při analytickém řešení velké obtíže. Používá se proto numerické řešení, např. s využitím metody známé jako Monte Carlo.

Tab. 5.11: Počet výměn celku při simulovaném proběhu 800 000 km

Interval preventivní údržby →	80 000 km	150 000 km	240 000 km	Po poruše
Střední počet plánovaných obnov	8,5	4,5	2,5	0
Střední počet obnov po poruše	1,5	2,5	3,5	6
Střední počet obnov celkem	10	7	6	6



Obr. č. 5.12: Hustota obnovy – plánovaná výměna 80 000 km, 150 000 km

□ **Sestavení počátečního a provozního programu údržby**

Efektivní program údržby obsahuje pouze takové úkoly, které jsou nutné pro splnění daných cílů. Neobsahuje proto nadbytečné úkoly, které zvyšují náklady na údržbu, ale nepřinášejí odpovídající zvýšení inherentní úrovně bezporuchovosti.

Sestavení počátečního a následně provozního programu údržby se provádí s použitím pracovních výkazů údržby. Souhrn výkazů tvoří jeden celek a slouží pro návrh programu údržby jedné řady kolejových vozidel. Ukázky pracovních výkazů jsou uvedeny v příkladech 5.2 a 5.3, celkový přehled všech výkazů je v tabulce 5.12.

Tab. 5.12: Přehled výkazů pro návrh programů údržby

č. výkazu	Stručný popis a účel
1	Ve výkazu je uveden seznam všech systémů vozidla na nejvyšší úrovni, vzniklé na základě strukturované dekompozice kolejového vozidla.
2	Ve výkazu je uveden seznam všech funkčních systémů na nižší úrovni dekompozice.
3	Tento výkaz poskytuje úplné popisné podrobnosti všech celků případně součástí na základní úrovni dekompozici a s ním spojeného funkčního systému.
4	Výkaz se použije na hodnocení každého celku pomocí analýzy jeho funkce nebo funkcí. Pokud není celek zařazen do žádné kategorie, nepožaduje se provádět další kroky analýzy.
5a	Výkaz určuje prostředky údržby pro celky s kritickým vlivem a bezpečnost, nebo ochranu životního prostředí (SSI).
5b	Výkaz určuje prostředky údržby pro celky s rozhodujícím vlivem na provoz (MSI).
5c	Výkaz určuje prostředky údržby pro celky, kde porucha nebrání provozu, ale má za následek významné ekonomické ztráty (ESI).
6	Ve výkazu je dokumentován zvolený postup při určení intervalů údržby podle výkazu č. 4 a výkazů 5a, 5b, 5c.
7	Ve výkazu jsou souhrnně evidovány úkoly a intervaly údržby pro každý funkčně významný celek vozidla. Z těchto výkazů je možné zpracovat návod k provádění údržby vozidla.

Program údržby se v konečné fázi návrhu sestaví jako skupinový (po zónách). Seskupením prací při údržbě vozidla se sníží doba jeho prostoje v údržbě a příznivě se tak ovlivní součinitel pohotovosti, současně klesá pracnost přípravy k provádění úkolů údržby. Sestavení programu vyžaduje vypracovat souhrnný přehled každé zóny, obvykle po ukončení analýz provedených ve výkazu č. 6 a 7. Údržba po zónách je vhodnou metodou v případech

hodnocení degradace použitím vizuální prohlídky. Postup sestavení prohlídek se provádí v těchto krocích:

1. Vozidlo se rozdělí na zóny.
2. Připraví se seznam pracovních úkolů pro každou zónu, včetně popisu přístupu.
3. V zóně se určí požadavky na vizuální prohlídky pro každý systém, subsystém, které mohou být prováděny jako součást prohlídky po zónách.
4. Do pracovního výkazu každé zóny se doplní interval prohlídky z původních RCM analýz.
5. Zóna se přezkoumá, sjednotí se požadavky na prohlídku a přiřadí se intervaly jejího provádění.

Stanovené intervaly prohlídek musí vycházet z náchylnosti objektů k poškození umístěných v zóně, z rozsahu údržbářské činnosti v zóně a ze zkušeností výrobce i provozovatele vozidla. Intervaly prohlídek se mají co nejvíce blížit původním intervalům zvolených v analýze RCM. Příklad pracovního výkazu údržby (č.7 dle Tab. 5.12) s uplatněním výše uvedených zásad je uveden v tabulce 5.13.

Tab. 5.13: Počáteční program údržby, dvojkolí s převodovou skříní

Výkaz č. 7		Tramvaj T3		Název celku: Dvojkolí s převodovou skříní		Číslo celku: 30	
Název prvku	Kat. RCM	Popis úkolu údržby	Interval				
			km	čas			
Obruč list č. 10-30-1	SSI přípustné poškození	Plochá místa (sluchem)	-	denně			
		Vizuálně: pootočení, posunutí obruče, trhliny	5 000	-			
		Měření: jízdní obrys, excentricita rozchodné kružnice, defektoskopie: zjišťování trhlin	50 000	-			
Disk kola list č. 10-30-2	SSI přípustné poškození	Vizuálně: posunutí disku na nápravě, povrchové trhliny, dotažení matic	5 000	-			
		Defektoskopie: zjišťování trhlin	50 000	-			
Pryžová vložka list č. 10-30-3	SSI přípustné poškození	Měření: kontrola rozměrů, měření tvrdosti pryže tvrdoměrem nebo diagnostika	50 000	-			
Uzemňovací propojky list č. 10-30-4	MSI	Vizuálně: kontrola stavu propojek	5 000	-			
		Měření: měření odporu propojky	150 000	-			
Náprava list č. 10-30-5	SSI přípustné poškození	Vizuálně: kontrola sedla s nalisovaným diskem	5 000	-			
		Měření: měření rozkolí dvojkolí, defektoskopie: zjišťování trhlin	50 000	-			
Nápravová ložiska list č. 10-30-6	SSI	Kontrola oteplení ložiska (hmatem), klepání (sluchem)	-	denně			
		Měření: měření vůle ložiska nebo diagnostika	150 000	-			
Převodová skříně list č. 10-30-7	SSI přípustné poškození	Chod ozubených kol (sluchem)	-	denně			
		Vizuálně: kontrola těsnosti, úniků oleje	5 000	-			
		Prohlídka: kontrola stavu ozubení, množství a kvalita oleje, defektoskopie	50 000	-			
Trubová část převodovky list č. 10-30-8	SSI přípustné poškození	Vizuálně: kontrola těsnosti, povrchových trhlin	5 000	-			
		Defektoskopie: zjištění trhlin, množství a kvalita oleje	50 000	-			
Souhrnný výkaz úkolů údržby – celky							
Vypracoval:		Datum		Kontroloval:		Pokračuje list č. -	List č. 10-30/7

5.7 Systém údržby hnacích vozidel ČD, a. s.



Čas ke studiu: 3 hodiny



Cíl Po prostudování tohoto odstavce budete umět:

- popsat základní koncepci údržby hnacích vozidel ČD, a. s., zorientovat se v pojmenování, označení a intervalech jednotlivých údržbových zásahů,
- orientovat se v problematice zajištění bezpečnosti kolejových vozidel při údržbě, definovat požadavky na bezpečnost hnacích vozidel dané legislativními a provozními předpisy.



Výklad

Základem všech údržbových systémů používaných v současné době u největšího českého provozovatele železničních vozidel je prevence, tj. předcházení vzniku poruch, a to pravidelnou kontrolou technického stavu kolejových vozidel. Na tomto principu je založena údržba hnacích vozidel všech trakcí i údržba nákladních a osobních vozů.

□ Základní koncepce systému údržby

Údržba hnacích vozidel vychází ze zásad periodické preventivní údržby, která je rozdělena do dvou základních skupin. V první skupině se **technickými prohlídkami** (inspekcí) ověřuje skutečný technický stav hnacích vozidel dle předepsaného a předem stanoveného rozsahu prací, následně v souladu se zjištěnými skutečnostmi se s použitím technologických udržovacích zásahů provádí korekce technického stavu.

Soubor předepsaných technologických zásahů obsahuje poměrně širokou škálu činností od vizuálních kontrol až po demontáž vybraných konstrukčních celků nebo jejich částí a výměny extrémně namáhaných nebo únavě či opotřebením podléhajících celků. Jsou definovány tak, aby byly proveditelné v základních výkonných jednotkách – depech kolejových vozidel.

Druhá skupina předepsaných udržovacích zásahů směřuje k **obnově technického stavu** hnacích vozidel. Nese také systémové označení „periodická oprava“ a doplněk, vyjadřující příslušný rozsah této opravy. Její technologická náročnost vyžaduje provádění periodických oprav na pracovištích k tomu vybavených, neboť základem je vždy poměrně značný rozsah demontáže hnacího vozidla, měření demontovaných částí, jejich oprava nebo výměna a zpětná

montáž na vozidlo. Rozsah demontáže vozidla je předepsán v závislosti na stupeň periodické opravy a je v podstatě neměnný.

Tuto koncepci udržovacího systému definuje předpis **ČD V 25** – „Předpis pro organizaci údržby elektrických a motorových hnacích vozidel, vložených, přípojných a řídicích vozů" a na něho navazující předpisy. Základem jsou periodické udržovací zásahy, rozdělené na provozní ošetření, periodické prohlídky a periodické opravy. Koncepce zpracování základního předpisu je vcelku moderní, neboť v textové části obsahuje zásady pro řízení a organizaci údržby hnacích vozidel bez technologických podrobností. Ty jsou soustředěny jednak do vlastních příloh předpisu, ale hlavně potom do samostatných předpisů, na ČD V 25 navazujících.

Periodicita údržby hnacích vozidel je odvozena od jejich skutečných provozních výkonů, měřených jejich kilometrickým proběhem v lokomotivních kilometrech (lokkm) skutečných nebo přepočtených z hodin posunu (1 hod = 5 lokkm). Podle konstrukční příbuznosti jsou jednotlivé řady hnacích vozidel soustředěny do několika udržovacích skupin, každá skupina má stanoveny normy proběhu do periodické údržby.

Do takto vypracovaného a dlouhodobě budovaného systému určitým způsobem zasáhl zákon č. 226/1994 Sb., o drahách, respektive z něho vycházející vyhláška Ministerstva dopravy číslo 173/1995 Sb., Dopravní řád drah. Ta zavádí do praxe technické prohlídky, kterými se ověřuje, zda kolejové vozidlo je v takovém technickém, provozním a konstrukčním stavu, který odpovídá podmínkám, za kterých byl tento typ vozidel schválen drážním správním orgánem k provozování. Podle této vyhlášky je povinností provozovatele provádět nejpozději po 6. měsících technickou kontrolu hnacího vozidla. Tento kontrolní prvek uplatňovaný pouze v časovém horizontu, vnáší do udržovacího systému hnacích vozidel založeném na sledování skutečných vozebních výkonů určitý nesystémový prvek, a to jak po stránce rozvrhu preventivní údržby, tak po stránce technologické.

Tab. 5.14: Označení a pojmenování prohlídek a oprav

Pojmenování	Označení		
	E elektrická HKV	M Motorová HKV	P vozy přípojné a řídicí
Provozní ošetření	EO	MO	PO
Periodické prohlídky			
- malá	EM	MM	PM
- velká	EV	MV	PV
Periodické opravy			
- vyvazovací	EVY	MVY	PVY
- hlavní	EH	MH	PH
- generální	-	-	-
Plánované opravy	EP	P	P
Neplánované opravy	EN	N	N
Služební opravy	SO	SO	SO
Změny konstrukce	ZK	ZK	ZK

Tab. 5.15: Normy proběhu (lokkm x 1000) pro elektrickou trakci

Řada vozidel	E 0	E M	E V	E VY	E H	E G
451, 452	4,5 6,5	10 15	90	360	720 ^{1/}	2500
460	5,0 7,5	10 15	90	360	720 ^{1/}	2500
560	3,0 5,0	10 15	90	360	720 ^{1/}	2500
100, 110, 111, 113 121, 122, 123, 140, 141 180, 181, 182, 209, 210	1,3 2,5	16 20	150	450	800 ^{2/}	---
130 150, 151	2,5 4,5	20 26	200	550	1100	---
230, 240, 242		17 26	180	550	1100	---
162, 163, 263, 362, 363 ^{3/}		17 26	180	550	2200	---
371, 372	4,5 6,5	17 26	180	600	1200	---
470	4,5 6,5	20 26	200	400	800	2500

Poznámky:

1. Pokud nebude prováděna EVY, je km proběh 360000 km.
2. Pokud nebude prováděna EVY, je km proběh 450000 km.
3. U lokomotiv s upravenými ložisky kardanových křížů se doporučuje km proběh do per. opravy podle el. lokomotiv ř. 371, 372.

□ Zajištění bezpečnosti provozu vozidel z hlediska údržby

Základním požadavkem na údržbový systém je vedle hospodárnosti, efektivnosti a zajištění provozuschopnosti zejména požadavek na zajištění bezpečnosti. Údržbový systém musí zajistit včasné odhalení poruch, lépe však nebezpečí vzniku poruch, které mohou způsobit ohrožení bezpečnosti železničního provozu. Musí proto existovat „pojistky“, které zajistí za všech okolností požadovanou vysokou úroveň bezpečnosti. Jsou to:

1. Vyhláška Ministerstva dopravy, kterou se vydává Dopravní řád, č. 173/1995 Sb., § 64, o provádění pravidelné technické kontroly ŽKV.
2. Základní kritéria provozuschopnosti HKV.

V souladu s Vyhláškou Ministerstva dopravy, kterou se vydává Dopravní řád, se na ŽKV provádějí **pravidelné technické kontroly** v časových intervalech, které udává tabulka č. 5.16.

Kontrola se provádí po periodických opravách před předáním ŽKV z opravy a dále v těch případech, kdy došlo k nehodě nebo jiné mimořádné události, která by mohla mít vliv na jejich technickou způsobilost. Pokud bylo ŽKV mimo provoz více než 6 měsíců, provede se technická kontrola před opětovným zařazením vozidla do provozu. Po neplánované opravě nebo po změně konstrukce, po nehodě nebo mimořádné události, zapříčiněné technickým stavem vozidla nebo mající na technický stav vozidla vliv se technická kontrola provádí. Technická kontrola se provádí pouze na těch částech ŽKV, na jejichž technickou způsobilost může mít neplánovaná oprava, změna konstrukce, nehoda nebo mimořádná událost vliv, nebo které byly příčinou nehody nebo mimořádné události. Předepsaný rozsah kontroly je uveden v příslušné vyhlášce.

Tab. 5.16: Časové intervaly pro provádění pravidelné technické kontroly hnacích vozidel

Vozidla	Časový interval kontroly
Hnací drážní vozidla na dráze celostátní, dráze regionální a vlečce.	6 měsíců
Hnací drážní vozidla na vlečce s ročním provozním výkonem 2 000 motorových hodin a méně.	2 roky
Speciální hnací vozidla s provozní rychlostí nad 40 km/h.	1 rok
Speciální hnací vozidla s provozní rychlostí do 40 km/h včetně.	2 roky

Další kritéria provozuschopnosti jsou vymezena seznamem poruch, při kterých je zakázáno ŽKV dále provozovat. Vedle seznamu poruch vztahujícího se na všechna železniční vozidla jsou specifikovány i poruchy pro trakci elektrickou a motorovou, včetně poruch, se kterými vozidla nesmí být přistavena po ukončení údržby do dalšího provozu. Seznam poruch (v originálním textu předpisu jsou poruchy poněkud nesprávně označovány jako závady), kdy je zakázáno ŽKV dále provozovat je uveden v tabulce č. 5.17.

Tab. 5.17: Poruchy, při jejichž zjištění je zakázáno ŽKV dále provozovat

P. č.	Popis poruchy
1	Vadná houkačka nebo píšťala tak, že ŽKV nemůže vůbec dávat slyšitelné návěsti. S vozidlem je možné dojet do nejbližší stanice za podmínek, stanovených Návěstními předpisy.
2	Vadný kompresor u HKV s jedním kompresorem, vadné oba kompresory u HKV se dvěma kompresory. HKV se dvěma kompresory, které mají vadný jen jeden kompresor, může však být vystaveno z DKV pro použití na posunu, pokud výkon tohoto kompresoru je pro zamýšlený druh prací postačující.
3	Vadné brzdové zařízení poškozené natolik, že není možno spolehlivě průběžně brzdit vlak, nebo nelze spolehlivě brzdit samostatně jedoucí HKV.
4	Trhlina v objímce pružnice nebo v závěsu šroubu pružnice, trhlina v hlavním listu pružnice, posunutí listů pružnice v objímce, zlomený list pružnice, zlomená nebo nalomená šroubová pružina.
5	Vadné osvětlovací zařízení návěstních svítilen nebo světlometu tak, že není vůbec možno označit začátek vlaku. Podrobný postup stanoví Návěstní předpisy.
6	Vytavená nebo zlomená ložisková pánvice.
7	Nalomený nebo zlomený zub na ozubených kolech ozubnicového stroje ozubnicových HKV.
8	Trhlina nebo netěsnost, kterou unikají ropné látky.
9	Uvolněná obruč na věnci nebo uvolněné kolo na nápravě.
10	Příčná trhlina na nápravě.
11	Na nápravě podélná trhlina nebo odloupený materiál v délce > 25 mm.
12	Na nápravě vybroušené místo s ostrými hranami hlubšími než 4 mm u lokomotiv, 2,5 mm u motorových a elektrických vozů a jednotek a přípojných nebo řídicích vozů.
13	Trhlina v obruči, desce nebo náboji kotoučového kola, na obvodu v desce nebo v náboji kola zhotoveného z jednoho kusu.
14	Trhlina v paprsku, loukoti nebo v náboji (případně v nálitku pro ozubené kolo) hvězdice.
15	Nalomený nebo zlomený zub ozubeného převodu pohonu dvojkolí.
16	Vadné ložisko hřídele trakčního motoru, kardanového hřídele nebo převodovky nebo vadné tlapové ložisko.
17	Vadný ventilátor chlazení kteréhokoliv uzlu, nestanoví-li návod k obsluze příslušného HKV jinak.
18	Rozbité čelní okno kabiny strojvedoucího.

□ Posouzení vlastností údržbového systému hnacích vozidel ČD, a. s.

Silné stránky systému

Údržba hnacích vozidel je prováděna v závislosti na jejich kilometrických výkonech, což je určitou zárukou toho, že jsou k provedení udržovacích zásahů přistavována v technickém stavu, odpovídajícímu z pohledu opotřebení přibližně stejné vývojové fázi. Jako pozitivní dozvuk minulosti přetrvává u strojvedoucích určitý „vlastnický“ vztah k obsazovanému hnacímu vozidlu, čehož udržovací systém využívá k povinnosti strojvedoucích zaznamenávat (třeba mnohdy silně subjektivní) informace o technickém stavu, poruchách i abnormalitách během provozního nasazení hnacího vozidla. Tyto informace jsou potom využívány při stanovování potřeby a rozsahu prováděných prací v rámci periodické údržby. Významným faktorem pro řízení údržby hnacích vozidel je pevně vybudovaný a rutinně používaný systém evidence jejich kilometrických proběhů a nasazování do provozu z konkrétní lokality jejich dislokace. V praxi to znamená, že stejný subjekt (Depo kolejových vozidel) je garantem běžné provozní údržby, zajišťující kontrolu odpovídajícího technického stavu hnacího vozidla.

Slabé stránky systému

Za velmi problematickou je možné považovat v udržovacím systému nastavenou periodicitu údržby. Třebaže sledování proběhu je hlediska provozního využívání hnacích vozidel velmi cenným údajem, neobsahuje žádnou informaci o skutečném trakčním využití hnacího vozidla (např. dobu chodu a výkonové zatížení spalovacího motoru) na konkrétních vozebních výkonech v době plného obratu nebo intervalu mezi dvěma po sobě následujícími periodickými udržovacími zásahy. Protože skutečné trakční využití se může v jednotlivých mezidobých výrazně lišit, je opakující se používání standardizovaného rozsahu preventivních prohlídek a obnovy pravděpodobně určitým nedostatkem (vzniká nadbytečné přeudržování nebo nedostatečná intenzita obnovy). Ze stejného důvodu a také ve vztahu ke konstrukčním odlišnostem je možné za slabinu systému považovat i zařazení mnohých rozlišných řad hnacích vozidel do stejných udržovacích skupin. U moderních, nově dodaných vozidel s masivním nasazením palubní diagnostiky jsou tyto problémy ještě umocněny.

Možnost rozvoje systému

Z pohledu budoucnosti je využívání udržovacího systému hnacích vozidel schopeno dalšího rozvoje. Vyžaduje však pro své zlepšení především posilování individuálního přístupu k údržbě vozidel s přihlédnutím k rozsahu nasazení palubní diagnostiky. To se týká především zařazování jednotlivých řad hnacích vozidel do společných udržovacích skupin. Obdobně budou muset být individuálně posuzovány i rozhodující konstrukční prvky hnacích vozidel a tomu přizpůsoben i interval a rozsah jejich údržby a obnovy. Rozhodující změna pro větší prosazení individuálních přístupů k udržování se však musí odehrát v získávání informací o technickém stavu konkrétního hnacího vozidla a jeho posuzování. Tato změna má dvě

roviny. Tou první je sběr a objektivní zpracování dat o dopravních i trakčních výkonech každého konkrétního vozidla. Ve druhé rovině je to průběžné monitorování technického stavu tohoto konkrétního hnacího vozidla, jeho hodnocení z hlediska kritických hodnot mezních stavů a z toho vyplývající rozhodnutí o potřebě, rozsahu i aktuálnosti udržovacího zásahu. Vhodným východiskem pro změny v údržbě je program údržby zaměřený na bezporuchovost.



Shrnutí kapitoly

Údržba je kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činností dozoru, zaměřených na udržení ve stavu nebo navrácení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci.

Při procesu **obnovy** dochází ke střídání posloupností stavů bezporuchového provozu a stavů v poruše. Lze rozlišit **jednoduchý proces obnovy** a **obecný proces obnovy**. Ukazatelem pro popis procesu obnovy je **součinitel pohotovosti**.

Z hlediska údržby jednotlivých prvků soustavy lze rozlišit údržbové systémy **individuální, skupinové a komplexní**.

Pro údržbu vozidel je možné využít údržbové systémy **po poruše, se zaručenou bezporuchovostí a po prohlídce**.

Údržba zaměřená na bezporuchovost (RCM) je metoda pro zavedení programu preventivní údržby, který umožní účelně a účinně dosáhnout požadované úrovně bezpečnosti a pohotovosti zařízení a konstrukcí, a určena k tomu, aby vedla ke zlepšení celkové bezpečnosti, pohotovosti a hospodárnosti provozu.

V údržbovém systému hnacích vozidel ČD, a. s. existují pravidelné **technické prohlídky** pro ověření technického stavu vozidel a **periodické opravy** sloužící k obnově technického stavu vozidel. Bezpečnost provozu hnacích vozidel je zajištěna prováděním pravidelných technických kontrol dle **Vyhlášky Ministerstva dopravy č. 173/1995 Sb.**



Kontrolní otázky

- 5.1. Jaké jsou definice základních pojmů z oblasti údržby?
- 5.2. Jaký je schéma procesu s okamžitou a konečnou dobou obnovy, jak vypočítáme součinitel pohotovosti?
- 5.3. Jaký je vztah mezi opotřebením a údržbovým systémem?
- 5.4. Kdy použijeme individuální, skupinový a komplexní princip údržby?
- 5.5. Jaký je princip a jaké má vlastnosti má údržbový systém po poruše?
- 5.6. Jaký je princip a jaké má vlastnosti má údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí?
- 5.7. Jaký je princip a jaké má vlastnosti má údržbový systém po prohlídce?
- 5.8. Jak navrhujeme údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí?
- 5.9. Jaký je princip a jak navrhujeme údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí (RCM)?
- 5.10. Jak je vystavěn systém údržby hnacích vozidel Českých drah?



Úkoly k řešení

- 5.11. Provozovatel autobusové dopravy zjistil u vozidel tyto parametry:
 - doba bezporuchového provozu: Weibullovo rozdělení (W2p): $m = 2,1$; $t_0 = 1210 h$
 - doba obnovy: normální rozdělení: $\mu = 95 h$; $\sigma = 25 h$
 Určete ustálený součinitel pohotovosti a potřebný počet záložních vozidel, je-li provozní potřeba 25 autobusů.
- 5.12. V garážích vozidel mají požadavek na ustálený součinitel pohotovosti min. $A = 0,85$.
 Určete, jaká může být nejvyšší střední doba obnovy, je-li střední doba bezporuchového provozu $T_{SP} = 705 h$. Určete, kolik bude celkový počet vozidel v garážích, je-li provozní potřeba 30 vozidel.

5.13. Je dán údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí prvků. U jednotlivých prvků se provádí údržba v intervalech:

Prvek č.	Interval (h)
1	50
2	100
3	200

V soustavě byl vyměněn prvek č. 1, jehož nové parametry Weibullova rozdělení dob mezi poruchami jsou: $m = 1,5$; $t_0 = 1385$ h. Požadavek na minimální bezporuchovost prvku č. 1 je $R_1(t) = 0,9$.

Navrhněte údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí prvků, zahrnující vyměněný prvek č. 1 (určete stupně údržby, jejich intervaly a prvky, které se při nich udržují).



Další zdroje

- [ČSN IEC 60300-3-11] ČSN IEC 60300-3-11: Management spolehlivosti - Část 3-11: Návod k použití – Údržba zaměřená na bezporuchovost.
- [Daněk,1999] Daněk, A. - Široký,J. - Famfulík,J.: Matematické metody obnovy dopravních prostředků, Repronis Ostrava 1999, ISBN 80-86122-41-7
- [Famfulík,2002] Famfulík, J.: Údržba hnacích vozidel zaměřená na bezporuchovost, disertační práce, VŠB – TU Ostrava 2002, ISBN 80-248-0259-7
- [Krzyžanek, 2004] Krzyžanek, R.: Využití programu RCM při údržbě tramvají, bakalářská práce, Ostrava 2004, VŠB – TU Ostrava, Fakulta strojní
- [Moubray, 1997] Moubray J.: RCM: Reliability Centred Maitenance , Butterworth Heinemann, Oxford 1997, ISBN 0 – 7506 335881
- [Mykiska, 2004] Mykiska, A.: Bezpečnost a spolehlivost technických systémů, skripta, skripta, Vydavatelství ČVUT, Praha 2004
- [Starý, 1982] Starý, I. : Teorie spolehlivosti, Praha, ČVUT Praha, 1982
- [Stuchlý, 1993] Stuchlý, V.: Teória údržby, VŠDS Žilina, Žilina 1993, ISBN 80-7100-056-6
- [173/1995 Sb.] Vyhláška Ministerstva dopravy ze dne 22. června 1995, kterou se vydává dopravní řád drah, ve znění vyhlášky č. 242/1996 Sb. a vyhlášky č. 174/2000 Sb.