

Životní cyklus vozidla a jeho spolehlivost

Ing. Marek Nemec

Abstrakt:

S narůstajícími nároky na přepravu osob a zboží je kladen stále větší důraz na bezpečnost dopravy, která je ovlivněná řadou parametrů, např. organizací dopravy, kvalitou dopravní cesty, lidským činitelem a v neposlední řadě spolehlivostí dopravních prostředků. Zajistit bezporuchový technický stav vozidla po celou dobu jeho životnosti si vyžaduje zavést určitý systém údržby. Pokrokovost přístupu je založena na sledování poruchovosti, vyhodnocování spolehlivosti, zavedení systémů diagnostiky. Náklady spojené s obnovou a provozem vozidla tvoří jenom část nákladů v celoživotním cyklu. Systém údržby výraznou mírou přispívá k posouzení jakosti vozidla a má rozhodující vliv na konkurenceschopnost výrobku na trhu. Moderní trendy vyžadují formulaci požadavků na vozidlo a jeho užité vlastnosti již ve fázi předvýrobních etap (výzkum a vývoj) a jejich součástí je také prognóza nákladů životního cyklu.

Klíčová slova:

Životní cyklus vozidla, náklady životního cyklu, spolehlivost vozidel, etapy životního cyklu

1. Úvod

Technika nákladů životního cyklu má za úkol stanovit celkové náklady na vlastnictví. Jedná se o strukturovaný přístup, který řeší všechny prvky této ceny, a může být použit k posouzení výrobku během jeho předpokládané doby životnosti. Výsledky analýzy nákladů životního cyklu (LCC - Life Cycle Cost Analysis) mohou být použity na podporu řízení a rozhodování, kdy probíhá výběr optimální varianty z několika možných řešení. LCC analýza představuje srovnávací nástroj, který posuzuje dopady jednotlivých alternativ z dlouhodobého hlediska, a proto přináší do rozhodovacího procesu cenné poznatky a informace. LCC analýza nákladů má zvážit nejenom časové posouzení faktorů ovlivňujících spolehlivost vozidla, ale také zásahy údržby a oprav prováděné během životnosti. Nalezení optimálního scénáře údržby a oprav je složitý proces, který zahrnuje výběr systému údržby a jeho použití, v kombinaci s dosažením minimálních nákladů životního cyklu. Existuje úzký vztah mezi náklady na údržbu a opravy, a jejich dopadem na spolehlivost systému. Snahou je nalezení takového řešení, při kterém budou minimalizovány celkové náklady vlastnictví neboli náklady životního cyklu vozidla.

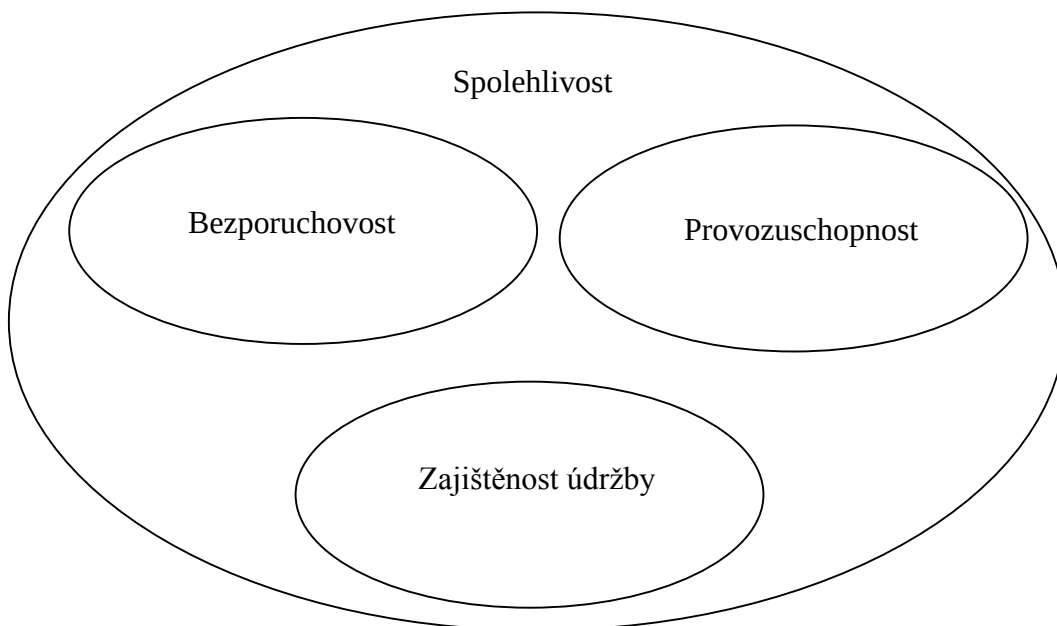
2. Spolehlivost

Jakost výrobku nebo služby popisujeme pomocí jakostních charakteristik. Kvalitativní jakostní charakteristiky objektivně měřit nelze, jsou předmětem subjektivního posuzování, např. vzhled, kvalita zpracování, ergonomičnost, dizajn. Kvantitativní charakteristiky jsou měřitelné, patří mezi ně i spolehlivost. Jakost (kvalita) je schopnost souboru inherentních (vložených) znaků výrobku, systému nebo procesu plnit požadavky zákazníků a dalších zainteresovaných stran.

2.1 ČSN ISO 9000:2000 a spolehlivost

Spolehlivost je definována dle normy jako souhrnný termín, používaný pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují (obr. 1):

- bezporuchovost je schopnost objektu plnit nepřetržitě požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek,
- provozuschopnost je schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo se vrátit do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci tehdy, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy i prostředky (zahrnují i dřívější pojem opravitelnosti),
- zajištěnost údržby je schopnost organizace poskytující údržbářské služby zajišťovat dle požadavků v daných podmínkách prostředky potřebné pro údržbu v souladu s koncepcí údržby.



Obrázek 1: Široké pojetí spolehlivosti

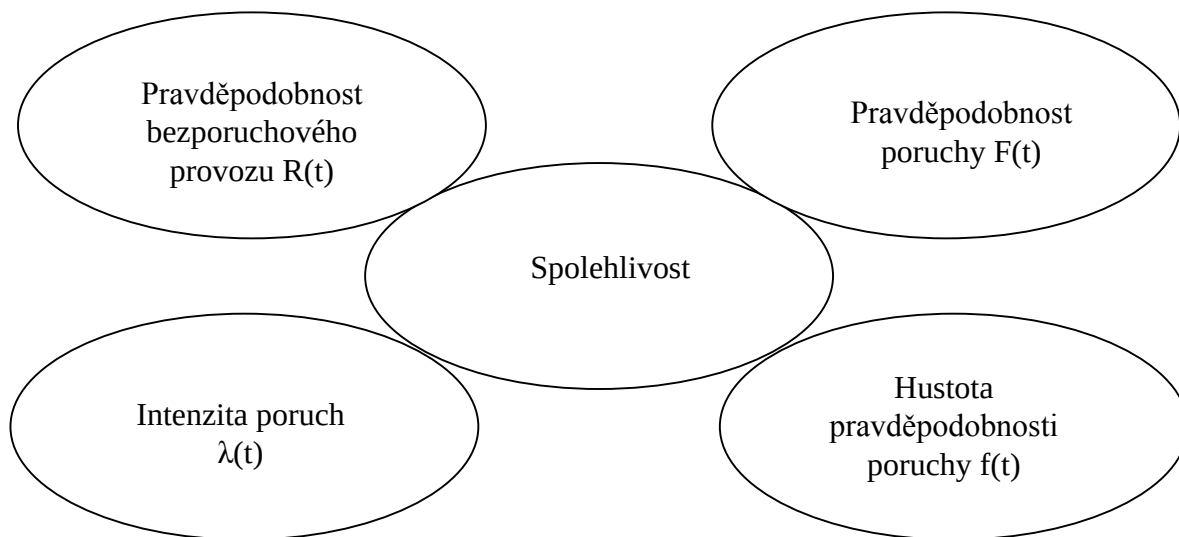
Spolehlivost je chápána jako komplexní vlastnost objektu, např. motového vozidla. Jednotlivé vlastnosti spolehlivosti, uvedené na obr. 1, lze rozšířit o další pojmy:

- bezpečnost je vlastnost objektu neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce,
- životnost je schopnost objektu plnit požadované funkce do okamžiku dosažení mezního stavu při stanoveném systému předepsané údržby a oprav,
- pohotovost je schopnost objektu být ve stavu schopném plnit požadované funkce v daném časovém okamžiku a v daných podmínkách,
- filozofie údržby je systém principů pro organizování a provádění údržby.

2.2 ČSN IEC 50(191) a spolehlivost

Spolehlivost je vyjádřena jako pravděpodobnost bezporuchového provozu, to je pravděpodobnost, že objekt může plnit požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu. Od této vlastnosti lze odvodit další charakteristiky (obr. 2). V této normě jsou definovány další pojmy vztahující se k bezporuchovosti a údržbě:

- **porucha** znamená částečnou nebo úplnou ztrátu schopnosti provozu soustavy nebo prvku. Pokud dojde ke změně schopnosti provozu, rozhoduje se, zda jde o poruchu nebo ne, podle stanovených podmínek provozu.
- **doba do první poruchy** je celková doba provozu objektu od okamžiku prvního uvedení do použitelného stavu až do poruchy,
- **doba mezi poruchami** je doba trvání mezi dvěma po sobě následujícími poruchami opravovaného objektu,



Obrázek 2: Uzké pojetí spolehlivosti

- **doba údržby** je časový interval, během něhož se na objektu provádí údržbářský zásah buď ručně, nebo automaticky, včetně technických a logistických zpoždění,
- **údržba** je souhrn konkrétních technologických činností a postupů, jejich uplatňováním za určených podmínek se provádí obnova požadovaného technického stavu objektu,
- **preventivní údržba** je údržba prováděná v předem určených intervalech nebo podle předepsaných kritérií a je zaměřená na snížení pravděpodobnosti poruchy nebo degradace fungování objektu,
- **údržba po poruše** je údržba prováděná po zjištění poruchového stavu a je zaměřená na uvedení objektu do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci,
- **oprava** je část údržby po poruše, při níž se na objektu provádějí manuální operace.

3. Životní cyklus vozidla a jeho spolehlivost

Konkurenční prostředí způsobuje ekonomický tlak působící, který vede výkonný management všech společností k nutnosti posuzovat a analyzovat problematiku hospodaření s vozidly

nejenom z krátkodobého časového horizontu, ale také z dlouhodobého hlediska. Posuzují se náklady spojené s pořízením vozidla (krátkodobé hledisko), jeho provozem, opravami, údržbou, i likvidací (dlouhodobý pohled). Tento přístup je již delší dobu používán a nazývá se náklady životního cyklu (LCC – Life Cycle Cost). Analyzovat a sledovat životní cyklus, jeho jednotlivé etapy a náklady je v dnešní době nutností, uplatňování tohoto přístupu vede k ekonomickým úsporám a dokonalému přehledu nákladovosti v etapách, které nejsou vzájemně izolovány, ale představují logicky navazující oblasti.

Základní podmínky hodnocení LCC:

- náklady na pořízení vozidla představují menší část celkových nákladů na vozidlo,
- orientační doba provozu vozidla delší než jeden rok.

Vzhledem k dlouhé době provozního nasazení je možné posuzovat z pohledu nákladů životního cyklu i motorová vozidla (např. Vozidla dopravních podniků apod.), protože splňují obě podmínky.

3.1 Etapy a náklady životního cyklu vozidel

Pro výrobce ale i uživatele je důležité stanovit, ve které etapě se konkrétní vozidlo nachází. Je proto nutné použít exaktní metody stanovení etap životního cyklu vozidla, které vycházejí ze sledování a hodnocení změny některých jakostních parametrů, například průběhu intenzity poruch. Předčasná, nebo naopak opožděná likvidace výrobku má za následek ekonomické ztráty.

Život vozidla je možné rozdělit na několik etap (může jich být více i méně):

1. Etapa koncepce a stanovení požadavků (marketingový průzkum).
2. Etapa návrhu a vývoje (R & D).
3. Etapa výroby.
4. Etapa uvedení do provozu (pilotní ověření).
5. Etapa provozu.
6. Etapa likvidace.

V prvních třech etapách vzniká vložená (inherentní) spolehlivost, v dalších etapách se tato spolehlivost využívá. Náklady životního cyklu výrobku v tomto případě tvoří (zjednodušený pohled):

$$LCC = N_p + N_v \quad (1)$$

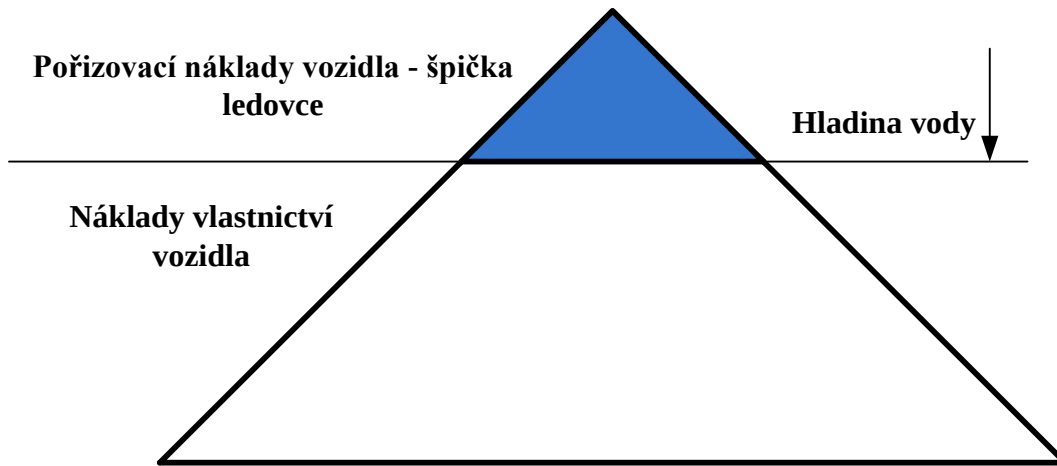
Kde:

N_p – pořizovací náklady vlastníka vozidla (cena vozidla), jsou tvořeny náklady na 1. až 4. etapu. Jsou obecně zřejmé, lze je vyhodnotit před rozhodnutím o pořízení vozidla.

N_v – vlastnické náklady, jsou tvořeny náklady na provoz, údržbu, opravy a likvidaci vozidla. Tvoří hlavní skupinu nákladových položek LCC, nejsou však tak dobře „viditelné“, obtížně se odhadují, nese je především uživatel vozidla.

Odhad LCC se provádí rozčleněním na jednotlivé nákladové položky. Při odhadu položek se systematicky postupuje v těchto krocích:

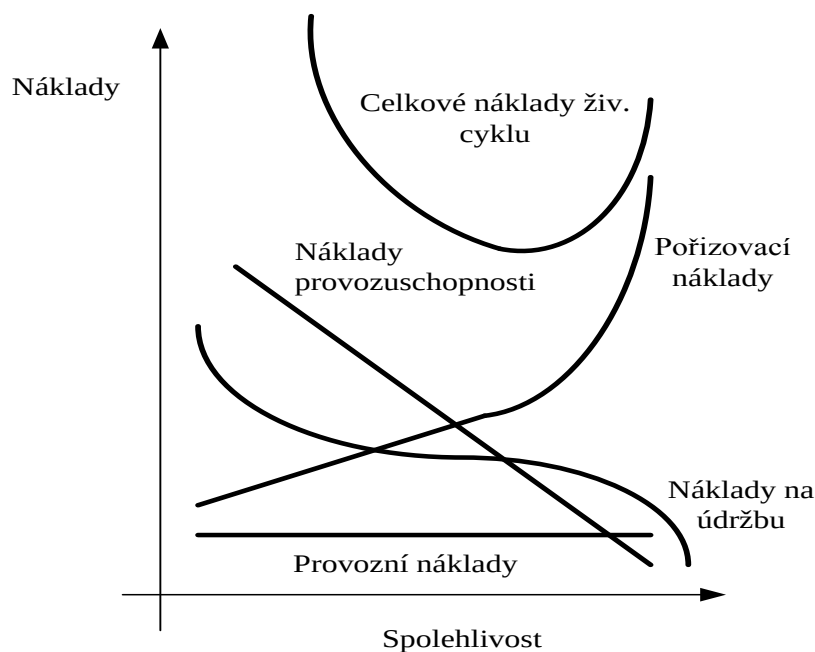
1. rozčlenění vozidla na konstrukční části, skupiny, podskupiny případně součásti,
2. rozčlenění na jednotlivé etapy životního cyklu, tj. na doby životního cyklu, kdy se má práce nebo činnost provést,



Obrázek 3: Struktura nákladů životního cyklu

3. zařazení nákladů do jednotlivých kategorií, tj. např. náklady na pracovní sílu, materiál, energii, režie,
4. sestavení a posouzení různých variant uspořádání vozidla, vyhodnocením je například ovlivněno rozhodnutí nakoupit díl, nebo díl vyrobit (make or buy).

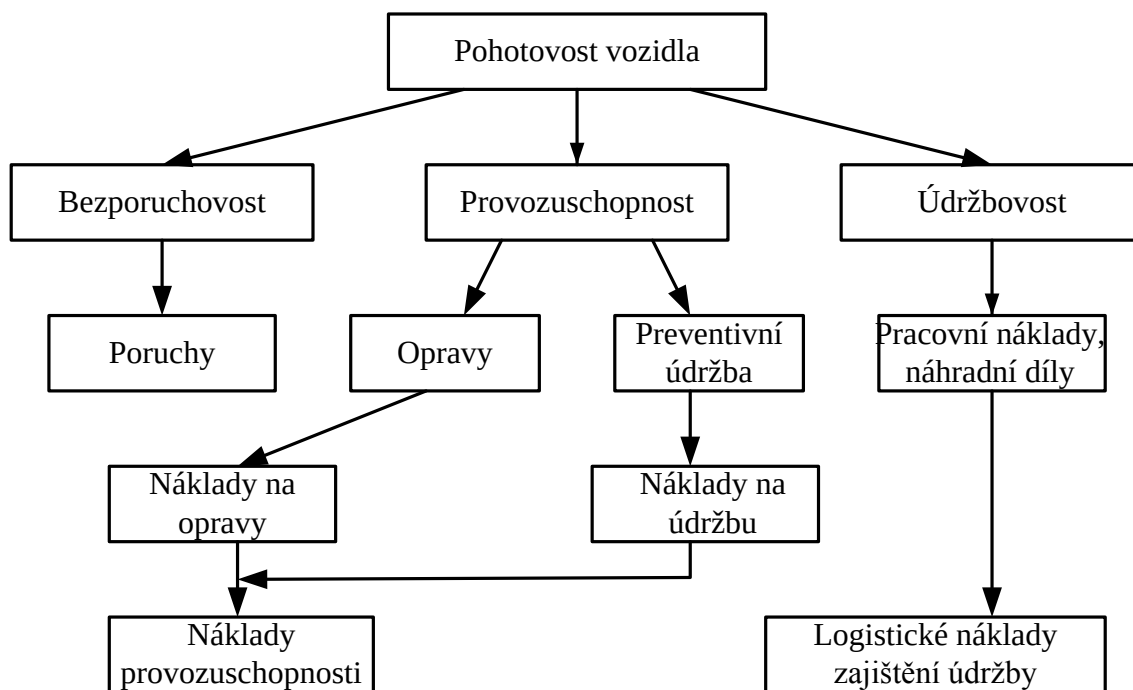
Všeobecný průběh celkových nákladů vlastnictví s ohledem na spolehlivost, které jsou hodnoceny z hlediska koncového spotřebitele, ilustruje obr. 4. Z grafického zobrazení je vidět, že tyto náklady dosahují svého minima, tudíž existuje optimální model system údržby a oprav.



Obrázek 4: Náklady spolehlivosti vozidla z pohledu provozovatele (vlastníka)

Nákladové položky ve vztahu k spolehlivosti vozidla jsou (cost breakdown obr. 5):

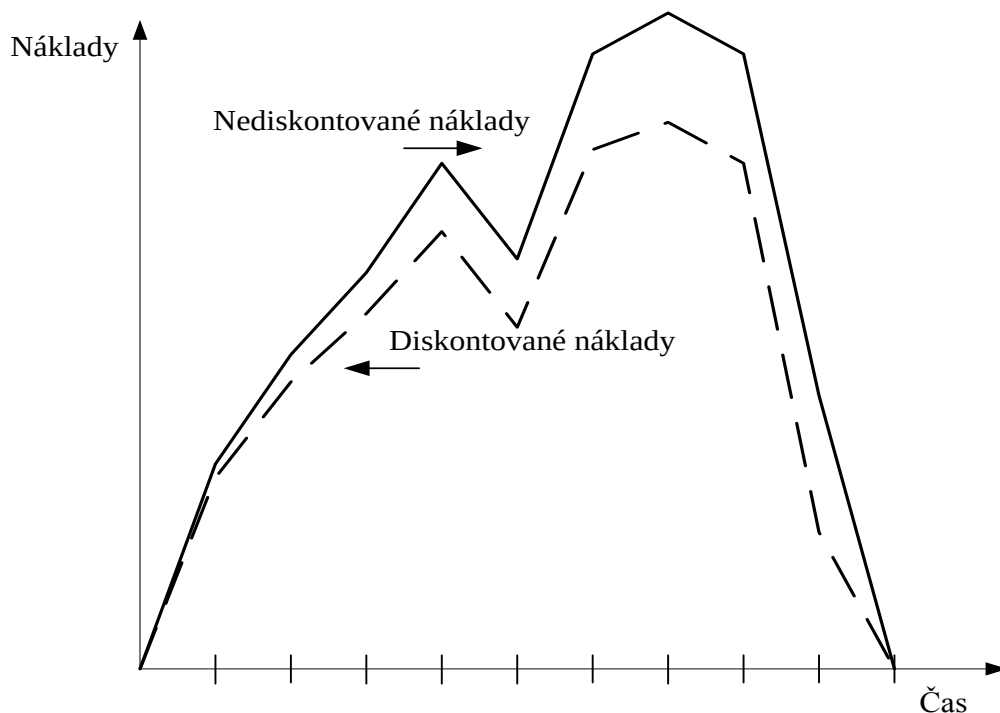
- náklady na nepohotovost, jsou spojené se ztrátou funkce vozidla během jeho nepohotovosti, tj. doba, kdy je vozidlo v poruše,
- záruční náklady, dodavatel na základě smluvního ujednání provádí servis po dobu záruky. Náklady se promítnou do vyšší pořizovací ceny vozidla,
- náklady z odpovědnosti za škodu způsobenou vadou vozidla, vzniklé např. v důsledku zranění osob, poškození životního prostředí, velké materiální ztráty.



Obrázek 5: Struktura nákladů spolehlivosti

Proces odhadu LCC může pracovat i se změnou časové hodnoty peněz v budoucnosti. Tento proces se nazývá diskontování, diskontovat je nutné všechny položky, aby bylo možné porovnávat různé alternativy LCC. Diskontováním se snižuje ekonomický dopad následných úspor a působí jako překážka pro zlepšení spolehlivosti výrobku. Nejčastěji aplikovaný je výpočet čisté současné hodnoty, nebo všech budoucích finančních toků. Možný efekt rozdílu při zohlednění vlivu času na hodnotu peněz ve srovnání s nediskontovanými náklady zobrazuje ilustrační obr. 6.

V důsledku poznání fází životního cyklu vozidel vyvodili výrobci i provozovatelé vozidel závěry, směřující k potřebě zkoumání vlivu řízení na náklady životního cyklu. Analýza celkových nákladů nevychází pouze z objektivně zjistitelných veličin, je ovlivněna i obtížně předvídatelnými okolnostmi, jako jsou výkyvy v cenách energií, cenách pracovních sil, inflační tlaky, politických změn atd. Náklady spojené s pořízením vozidla tvoří pouze jednu část nákladů životního cyklu. Z tohoto hlediska je nutné přistupovat k nákladovému členění z hlediska posouzení míry nejistot a rizik.



Obrázek 6: Efekt diskontování nákladového profilu životního cyklu

3.2 Identifikace etap životního cyklu vozidel

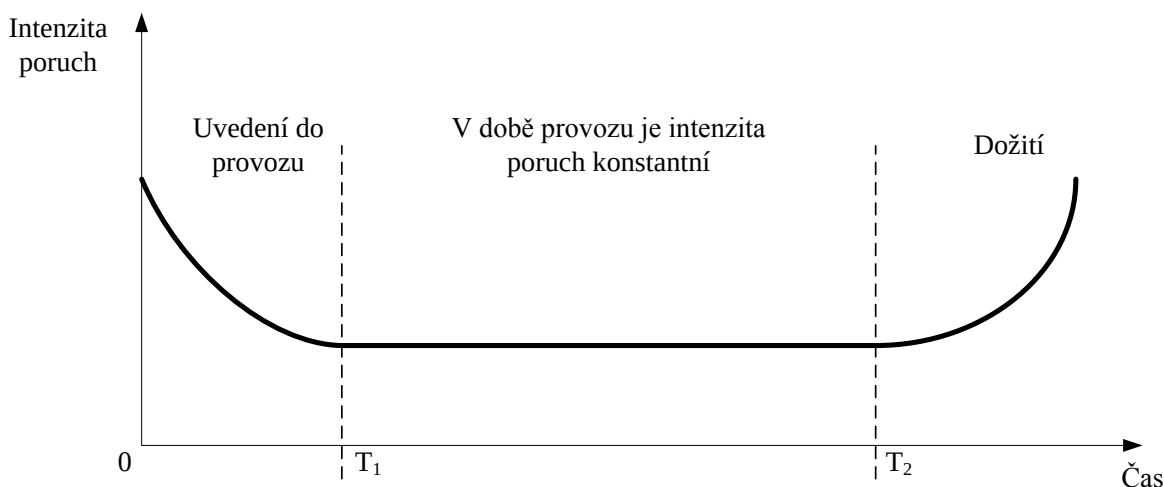
Identifikace etap životního cyklu vozidla vychází z poznání, že intenzita poruch, se mění v souvislosti s využíváním vozidla tj. v každé etapě je rozdílná četnost poruch. Míru využívání vozidla je nutné popsat vhodným výkonovým parametrem, například dobou provozu v hodinách nebo kilometrickým proběhem v kilometrech apod. Průběh intenzity poruch umožňuje postihnout dobu fyzické existence vozidla, kdy je možné statistickými metodami sledovat a posuzovat výskyt poruch:

- intenzita poruch je definována jako přírůstek porouchaných vozidel v malém časovém intervalu dt následujícím po čase t k počtu zatím neporouchaných vozidel do času t ,
- empirické vyjádření intenzity poruch: počet poruch za jednotku času.

Nejznámějším vyjádřením průběhu života vozidla je vanová křivka, typický průběh vanové křivky je na obr. 7. Vanová křivka ukazuje dobu fyzického života vozidla, tj. záběh, provoz v ustáleném režimu a etapu dožití:

- **interval $<0, T_1>$** je období častých poruch (záběh), intenzita poruch postupně klesá a spolehlivost vozidla se zlepšuje. V této fázi života se projevují nedostatky způsobené chybami v konstrukci a při výrobě. Tyto skryté nedostatky se při provozním zatížení rychle projeví vznikem poruch. U vyzrálých konstrukcí, sériově nebo hromadně vyráběných vozidel tato fáze téměř zaniká.
- **interval $<T_1, T_2>$** je období normálního života (provoz), intenzita poruch se ustálí na přibližně konstantní hodnotě, využívá se inherentní spolehlivost vozidla, poruchy vznikají působením náhodných událostí. Jelikož je tato etapa z hlediska životnosti

nejdelším obdobím, při uplatnění správného systému údržby a oprav nabízí zásadní úspory.



Obrázek 7: Vanová křivka průběhu intenzity poruch

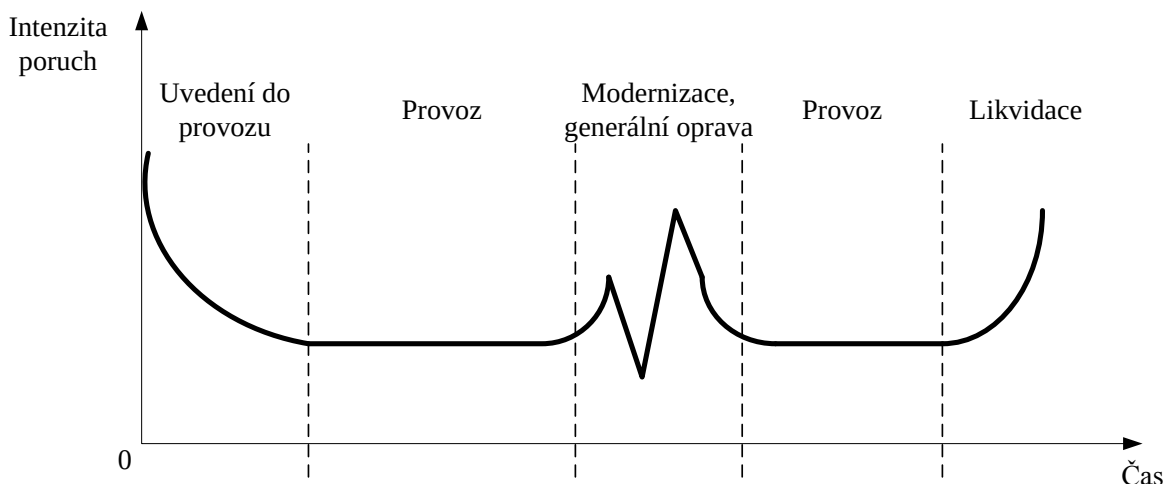
- **interval $\langle T_2, T_3 \rangle$** je období dožití a likvidace vozidla. Vlivem opotřebení a jiných faktorů, jako koroze, deformace, únavové jevy, intenzita poruch začne stoupat, vozidlo vykazuje častější vznik poruch. V jistém okamžiku je další prodlužování provozuschopnosti zpravidla ekonomicky, ale i technicky neúnosné a vozidlo je fyzicky zlikvidováno.

S rostoucí spolehlivostí konstrukce vozidel a zvyšování podílu elektronických systémů zejména u osobních vozů je možné sledovat i jiné průběhy intenzity poruch (Obr. 8). Průběh intenzity poruch je charakterizován nárůstem v etapě záběhu, postupně se však ustálí na přibližně konstantní hodnotě. Charakteristická je rovněž absence zóny zvýšené intenzity poruch v období dožití výrobku, pro posuzování etap životního cyklu je nutné použít i jiné kvalitativní znaky, jako např. morální opotřebení.



Obrázek 8: Ustálení intenzity poruch po záběhové fázi

Současný údržbový systém vozidel je preventivní a respektuje průběh opotřebení částí vozidla i vozidla jako celku. V okamžiku uvedení vozidla do provozu jsou mechanické díly vozidla ve výkresových rozměrech a opotřebení je nulové. Tomu odpovídá po odeznění záběhové fáze snížená intenzita poruch $\lambda(t)$, s dobou provozu však roste v důsledku zvětšujícího se opotřebení. Po uplynutí jisté doby provozu je dosaženo kilometrického proběhu a celek vozidla, či jeho díl musí být opraven a uveden tak opět do výkresových rozměrů tj. jsou odstraněny následky opotřebení. Tyto opravy, někdy spojené s modernizací vozidla, mají často za následek krátkodobé zvýšení intenzity poruch. Situaci demonstruje obr. 9.



Obrázek 9: Vliv modernizace na průběh intenzity poruch

Posuzování fáze života pomocí intenzity poruch naznačuje:

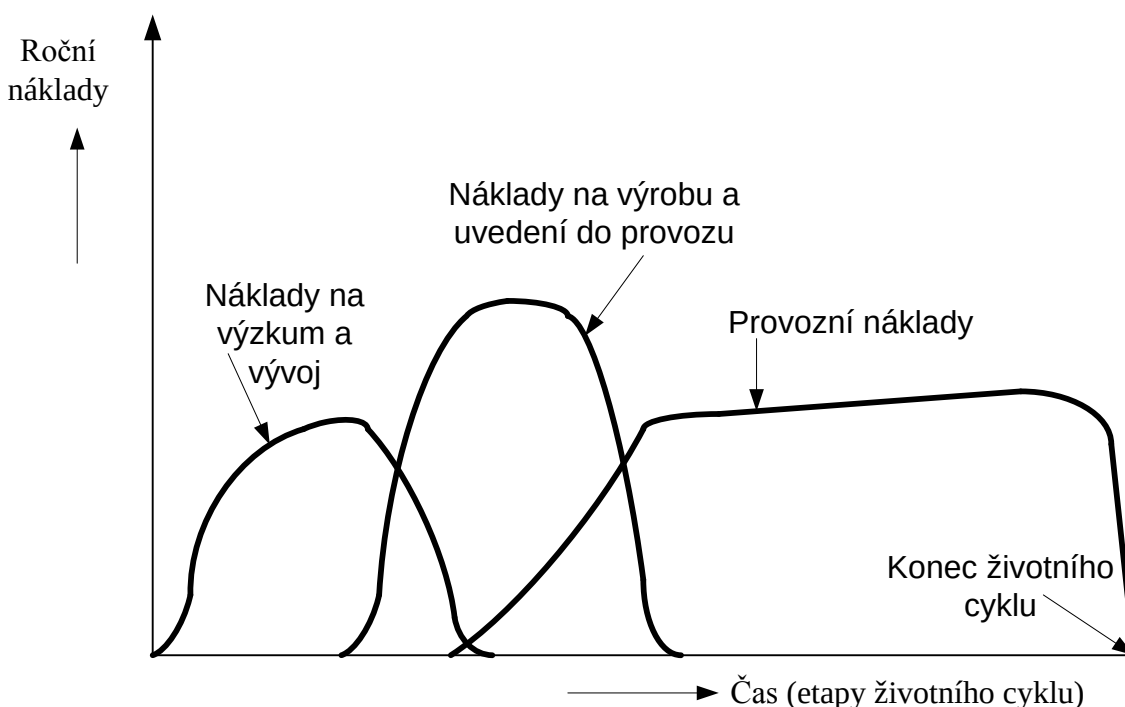
- každá fáze fyzického života výrobku vyžaduje specifický přístup z hlediska LCC,
- provedení modernizace nebo hlavní opravy může krátkodobě zvýšit intenzitu poruch v jinak stabilním systému, a to vlivem zvýšeného počtu poruch v záběhové fázi,
- u některých typů průběhů křivky intenzity poruch není zřejmá závislost mezi dobou využívání a změnou intenzity poruch.

4. Etapy životního cyklu a formování spolehlivosti

Moderní pojetí zabezpečení spolehlivosti a kvantifikace nákladů na provoz a obnovu vozidel vyžaduje věnovat systematickou pozornost všem etapám života vozidla. Proto je vhodné problematiku úkolů souvisejících se spolehlivostí uspořádat do programu spolehlivosti v rámci procesu řízení jakosti. Program spolehlivosti během libovolné etapy životního cyklu vozidla vyžaduje znalosti specifických podmínek, které se mohou měnit jak v čase, tak i ve způsobu nasazení vozidla v provozu. Proto je nutné při jeho sestavování a provádění přihlídnout:

- k použití vozidla a provoznímu prostředí,
- ke schopnosti měřit a porovnávat navržené a dosažené cíle programu spolehlivosti,
- ke skutečným nebo očekávaným požadavkům provozovatele vozidla,
- zhodnotit náklady a přínosy každého kroku programu spolehlivosti,
- analyzovat historii poruch a technologii oprav stávajících nebo obdobných vozidel.

Definování struktury nákladů zahrnuje celkové náklady za účelem identifikace potenciálních kompromisů při minimalizování skupin nákladů tak, aby se dosáhli optimální náklady životního cyklu. Struktura a druh jednotlivých nákladových skupin závisí na požadované hloubce a šířce studie nákladů životního cyklu. Obrázek 10 ilustruje možné průběhy skupin nákladů tří etap životního cyklu vozidla: výzkum a vývoj, výroba a implementace, provoz.



Obrázek 10: Příklad nákladové kategorizace podle fází nákladů životního cyklu

4.1 Etapa koncepce a stanovení požadavků na vozidlo

V této etapě se formulují základní požadavky na vozidlo. Cílem je stanovit racionální požadavky jak pro oblast spolehlivosti, tak pro budoucí zajištění údržby a sestavení programu spolehlivosti. Rozhodnutí provedená v této etapě mají největší vliv na výrobek a náklady životního cyklu. Stanovení požadavků lze provést:

1. výrobcem (který vychází ze situace na trhu uplatněním marketingového průzkumu),
2. odběratelem (a to v situaci, kdy výrobce připravuje zakázku pro předem známého odběratele),
3. kombinací.

4.2 Etapa návrhu a vývoje vozidla

V této etapě je vytvářena výrobní dokumentace vozidla, probíhá výroba prototypu a zkoušky jednotlivých dílů a celků. V procesu programu spolehlivosti jsou stanovovány tyto hlavní cíle:

- sestavení a analýza predikce spolehlivosti vycházející z použitých konstrukčních řešení,

- splnění stanovených cílů spolehlivosti použitých komponentů (z vlastní produkce i nakupovaných),
- definice podmínek ověřování a zkoušek, které zaručují dosažení očekávané spolehlivosti vozidla.

Nedílnou součástí vývoje vozidla je i vznik technické a výkresové dokumentace potřebné k údržbě a zkoušení vozidla. Účast odběratele (dle situace) v této etapě je žádoucí, umožňuje vymežit technologické, personální a technické zázemí ve vztahu k údržbě vozidla.

4.3 Etapa výroby

Při výrobě vozidla je z hlediska programu spolehlivosti nejdůležitější otázka dodržení parametrů kvality v souladu s dokumentací. Základem z hlediska programu spolehlivosti jsou v této etapě činnosti zaměřené na:

- meziperační kontrolu,
- statistickou přejímku dílů i kompletních vozidel, jejich ověřování a zkoušení,
- třídění výrobních vlivů na spolehlivost, zúžené pomocí diagramu příčina – následek.

4.4 Etapa uvedení do provozu

V této etapě probíhá proces záběhu, testování a uvedení vozidla do provozu. Z pohledu programu spolehlivosti je důležité provádět a organizovat proces údržby tak, aby nedošlo ke znehodnocení parametrů inherentní spolehlivosti. Úkoly jsou zaměřeny na:

- provádění přejímacích a předávacích zkoušek,
- prokazování bezporuchovosti a udržitelnosti,
- odstraňování počátečních poruch,
- sběr a analýza dat o spolehlivosti (v širším pojetí spolehlivosti).

4.5 Etapa provozu

Etapa provozu je z časového hlediska nejdelším obdobím a cílem v této etapě je plně využít inherentní spolehlivost vozidla. Podmínkou využití inherentní spolehlivosti je dodržování technologie údržby a oprav, školení obslužného personálu, logistická podpora údržby a oprav. Náklady na tuto část života vozidla tvoří podstatnou část LCC, schématicky ilustrovaných na obr. 3. Ovlivnění provozní spolehlivosti a LCC lze dosáhnout těmito kroky:

- určením optimálních intervalů pro provádění preventivní údržby, tyto vycházejí z požadavků na spolehlivost vozidla,
- s využitím informačních systémů pro sběr a analýzu dat provést přezkoumání návrhu údržby, realizovat navržené změny,
- sledováním a hodnocením parametrů bezporuchovosti, udržitelnosti a zajištěnosti údržby,
- zapojením organizace provozu a údržby vozidel do systému řízení jakosti.

Dlouhá délka etapy provozu, nestejná rychlost průběhu fyzického i morálního opotřebení různých konstrukčních skupin, je příčinou vzniku požadavků na modernizaci nebo generální opravy. Tlak na modernizaci vozidel je vyvolán i měnícím se ekonomickým prostředím (cena paliva dnes a před 30 lety). V důsledku těchto skutečností je nutné měnit i systém údržby a

oprav, údržbový systém nelze chápat jako daný a statický, stále se beze změn opakující mechanismus. Je nutné využít dynamický program údržby, který se přizpůsobuje měnícím podmínkám.

4.6 Etapa modernizace

Potřeba modernizace vozidel je vyvolávána technickým vývojem a nestejnou rychlostí opotřebení (fyzického i morálního) různých konstrukčních skupin vozidel. Například karoserie vozidla bude podléhat opotřebení výrazně pomaleji než spalovací motor a převodovka. Proto i náklady spojené s odstraněním opotřebení budou u spalovacího motoru vyšší. Vzhledem k dlouhé životnosti vozidla je někdy výhodné vložit finanční prostředky ne do opravy, ale do modernizace. Získají se tak úspory v provozních nákladech na energii a údržbu. Z hlediska programu spolehlivosti je důležité:

- určit stávající spolehlivostní charakteristiky celků vhodných k modernizaci,
- zhodnotit možné přínosy modernizace a jejich náklady,
- stanovit minimální hodnoty parametrů spolehlivosti pro nově dosazené celky,
- navrhnout změny v systému údržby a oprav, posoudit dopady do zásobování náhradními díly.

4.7 Etapa likvidace vozidla

V této etapě je vozidlo vyřazeno z provozu, provede se jeho demontáž a fyzická likvidace. Je možné provést zkoušky a analýzy opotřebení, stanovit zbytkovou životnost. Údaje pak mohou sloužit pro zlepšení úrovně spolehlivosti nově pořizovaných vozidel. Některé díly je možné po opravě použít jako náhradní díly pro dosud provozovaná vozidla.

5. Závěr

Pořizovací cena motorového vozidla může často představovat pouze malý podíl z celkových nákladů vlastnictví. Obecně platí, že náklady na provoz a údržbu vozidla budou tvořit významnou část (více než 50%) celkových nákladů. Nicméně, nákupní rozhodnutí jsou obvykle prováděna na základě nejnižší pořizovací ceny, náklady analyzované z dlouhodobějšího hlediska se neberou v úvahu. Učinit kvalifikované rozhodnutí lze dosáhnout pouze tehdy, když je známa opravdová hodnota celkových nákladů vlastnictví. K posouzení těchto celkových nákladů je nevyhnutelné znát etapy životního cyklu vozidla a vyčíslit náklady spojené s těmito fázemi. Identifikace jednotlivých etap životního cyklu je možné s využitím intenzity poruch vozidla. Během života vozidla tato charakteristika získává tvar vanové křivky. Je pro ni typická postupně se snižující intenzita poruch v období uvedení do provozu, přibližně konstantní intenzita poruch v období běžného provozu a zvyšující se intenzita poruch v období dožívání a likvidace vozidla. Těmto různě se měnícím podmínkám v jednotlivých fázích životního cyklu by měl být přizpůsoben i systém údržby a oprav, který má zásadní význam na dosažené celkové náklady vlastnictví vozidla „od kolébky až do hrobu“.

Seznam použité literatury

- [1] Mykiska, A.: Spolehlivost technických systémů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000, ISBN 80-01-02079-7.
- [2] Kožíšek, J.: Management jakosti. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999, ISBN 80-01-01930-6.
- [3] Guangbin, Yang: Life Cycle Reliability Engineering. John Wiley and Sons, 2007, ISBN 978-0-471-71529-0 .
- [4] Furch, J., (2000), „Determination of Vehicle Durability Time Based on Life Cycle Costs and Failure Intensity“. *Machines, Technologies, Materials*, volume 1/2000, page 14-16.
- [5] Jung S. Kong, Dan M. Frangopol, (2004), „Cost–Reliability Interaction in Life-Cycle Cost Optimization of Deteriorating Structures“, *Journal Of Structural Engineering*, 1704-1712.
- [6] David G. Woodward, (1997), „Life cycle costing – theory, information acquisition and application“, *International Journal of Project Management*, 335-344.
- [7] Parviz A. Koushki, Saleh Yaseen and Laila I. Ali, (1999), „Evaluation of bus transit maintenance and operation costs in Kuwait“, *Transport Reviews*, 305-314.
- [8] Furch, J., (2007), „Dependence of Vehicles Life Cycle Costs and Failure Intensity on the Vehicles Durability“, *Machines, Technologies, Materials*, volume 2-3/2007, page 17-19.
- [9] ČSN ISO 9000:2000: Systémy managementu jakosti - Základy, zásady a slovník. Praha: Český normalizační institut Praha, 2000.