



**Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava**



# **TEORIE ÚDRŽBY**

**učební text**

**Jan Famfulík**

**Jana Míková**

**Radek Krzyžanek**

**Ostrava 2007**

Recenze: Prof. Ing. Milan Lánský, DrSc.

Název: Teorie údržby  
Autor: Ing. Jan Famfulík, Ph.D.; Ing. Jana Míková, Ph.D.; Ing. Radek Krzyžanek  
Vydání: první, 2007  
Počet stran: 237

Vydavatel a tisk: Ediční středisko VŠB – TUO

Studijní materiály pro studijní obor Dopravní technika Fakulty strojní  
Jazyková korektura: nebyla provedena.

**Určeno pro projekt:**

Operační program Rozvoj lidských zdrojů

Název: E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů

Číslo: CZ.O4.01.3/3.2.15.2/0326

Realizace: VŠB – Technická univerzita Ostrava

Projekt je spolufinancován z prostředků ESF a státního rozpočtu ČR

© Ing. Jan Famfulík, Ph.D.; Ing. Jana Míková, Ph.D.; Ing. Radek Krzyžanek  
© VŠB – Technická univerzita Ostrava

ISBN 978-80-248-1509-1

## Obsah

<b>1.</b>	<b>SPOLEHLIVOST A ŽIVOTNÍ CYKLUS VOZIDEL .....</b>	<b>7</b>
1.1	Základní pojmy .....	8
	• Spolehlivost dle ČSN ISO 9000:2000 .....	8
	• Spolehlivost dle ČSN IEC 50(191) - mezinárodní elektrotechnický slovník .....	10
1.2	Spolehlivost a životní cyklus vozidel .....	11
	• Etapy a náklady životního cyklu vozidel .....	12
	• Identifikace etap životního cyklu vozidel .....	14
1.3	Etapy životního cyklu a formování spolehlivosti.....	17
	• Etapa koncepce a stanovení požadavků na vozidlo .....	18
	• Etapa návrhu a vývoje vozidla.....	18
	• Etapa výroby.....	19
	• Etapa uvedení do provozu.....	19
	• Etapa provozu .....	19
	• Etapa modernizace.....	20
	• Etapa likvidace vozidla.....	20
<b>2.</b>	<b>ZÁKLADY TEORIE SPOLEHLIVOSTI.....</b>	<b>23</b>
2.1	Vlastnosti náhodné veličiny .....	24
	• Náhodný jev.....	24
	• Rozptyl náhodné veličiny .....	26
	• Střední hodnota náhodné veličiny.....	27
	• Histogram četností.....	29
2.2	Charakteristiky náhodné veličiny .....	32
	• Pravděpodobnost .....	32
	• Hustota pravděpodobnosti .....	34
	• Distribuční funkce .....	35
	• Doplněk k distribuční funkci .....	36
	• Intenzita poruch náhodné veličiny.....	37
	• Charakteristiky polohy náhodné veličiny .....	38
<b>3.</b>	<b>VYBRANÉ ZÁKONY ROZDĚLENÍ POUŽÍVANÉ VE SPOLEHLIVOSTI .....</b>	<b>42</b>
3.1	Zákony rozdělení pravděpodobnosti spojitě náhodné veličiny .....	43
	• Exponenciální rozdělení .....	43
	• Weibullovo rozdělení.....	48
	• Normální rozdělení .....	50
3.2	Zákony rozdělení pravděpodobnosti diskrétní náhodné veličiny .....	53
	• Binomické rozdělení.....	53
	• Poissonovo rozdělení .....	54
3.3	Odhad parametrů zákona rozdělení pravděpodobnosti .....	56
	• Odhad parametrů Weibullova rozdělení .....	57
	• Odhad parametrů normálního rozdělení .....	61
3.4	Spolehlivost neobnovovaných soustav .....	63
	• Sériová soustava .....	64
	• Paralelní soustava .....	64
	• Kombinované soustavy.....	65
<b>4.</b>	<b>OPOTŘEBENÍ STROJNÍCH SOUSTAV A VZNIK PORUCH.....</b>	<b>72</b>
4.1	Základní pojmy .....	72
4.2	Vznik a vývoj poruch.....	73
	• Klasifikace poruch podle charakteru jejich vzniku.....	74
4.3	Druhy opotřebení strojních soustav .....	76
	• Adhezivní opotřebení.....	78
	• Abrázivní opotřebení .....	79

• Erozivní opotřebenění .....	80
• Kavitační opotřebenění.....	81
• Únavové opotřebenění.....	82
• Vibrační opotřebenění .....	82
<b>5. SYSTÉMY ÚDRŽBY .....</b>	<b>86</b>
5.1 Základní pojmy .....	87
5.2 Teorie obnovy .....	89
5.3 Vztah mezi opotřebením a údržbovým systémem .....	92
5.4 Základní typy údržbových systémů .....	93
• Údržbový systém po poruše.....	96
• Údržbový systém se zaručenou bezporuchovostí .....	97
• Údržbový systém po prohlídce .....	98
5.5 Návrh systémů údržby .....	99
• Návrh systém se zaručenou bezporuchovostí .....	100
5.6 Údržba zaměřená na bezporuchovost (RCM) .....	102
• Vytvoření programu údržby.....	103
• Stanovení prostředků a obsahu údržby .....	109
• Stanovení intervalů údržby .....	115
• Sestavení počátečního a provozního programu údržby .....	118
5.7 Systém údržby hnacích vozidel ČD, a. s.....	121
• Základní koncepce systému údržby .....	121
• Zajištění bezpečnosti provozu vozidel z hlediska údržby.....	123
• Posouzení vlastností údržbového systému hnacích vozidel ČD, a. s. ....	126
<b>6. ANALÝZA SPOLEHLIVOSTI V ETAPĚ NÁVRHU A VÝVOJE VOZIDLA.....</b>	<b>130</b>
6.1 Charakteristika metody FMEA/FMECA .....	131
• Charakteristika, cíle a možnosti použití metody .....	131
• Omezení a nedostatky metody FMEA .....	133
• Vstupní informace pro analýzu.....	134
6.2 Postup provádění metody FMEA/FMECA.....	136
• Přípravná část analýzy .....	137
• Vlastní FMEA/FMECA jednotlivých prvků systému.....	138
• Vyhodnocení analýzy .....	139
• Dokumentace FMEA/FMECA .....	140
<b>7. LOGISTICKÉ ZAJIŠTĚNÍ ÚDRŽBY VOZIDEL .....</b>	<b>155</b>
7.1 Základní pojmy .....	155
7.2 Logistický řetězec .....	157
• Uspořádání zásobovacích řetězců .....	159
• Posouzení vlastností zásobovacích řetězců.....	165
• Analýza postavení operativního skladu v zásobovacím řetězci .....	168
7.3 Cíle, faktory a požadavky na logistické služby.....	170
• Cíle logistického zabezpečení míst údržby kolejových vozidel.....	170
• Definice požadavků na prvky logistických služeb .....	171
7.4 Systémy řízení zásob .....	174
• Strategie řízení zásob .....	174
• Schéma strategií zásob .....	176
7.5 Rozhodovací diagramy logistického zajištění údržby.....	180
• Popis rozhodovacího diagramu volby modelů zásobování .....	180
• Popis rozhodovacích diagramů volby dodavatele .....	182
• Stanovení signální hladiny zásob .....	187
<b>Klíč k řešení .....</b>	<b>195</b>
<b>Další zdroje .....</b>	<b>214</b>
<b>Rejstřík .....</b>	<b>216</b>
<b>Příloha č. 1: Přehled technických norem z oblasti spolehlivosti .....</b>	<b>218</b>
<b>Příloha č. 2: Informace o spolehlivosti na Internetu .....</b>	<b>225</b>

# POKYNY KE STUDIU

## Teorie údržby

Pro předmět Teorie údržby, vyučovaném v 5. semestru oboru Dopravní technika, jste obdrželi studijní balík obsahující

- integrované skriptum pro distanční studium obsahující i pokyny ke studiu
- CD-ROM s doplňkovými animacemi vybraných částí kapitol
- harmonogram průběhu semestru a rozvrh prezenční části
- rozdělení studentů do skupin k jednotlivým tutorům a kontakty na tutorý
- kontakt na studijní oddělení

### Prerekvizity

Pro studium tohoto předmětu se předpokládá absolvování předmětu Matematika I, II, III

### Cílem předmětu

Je seznámení s teoretickými základy údržby vozidel, které jsou založeny na třech pilířích, tj. bezporuchovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby, a jejich charakteristikami, popisovanými nástroji z oblasti matematické statistiky. Po prostudování modulu by měl student být schopen analyzovat provozní spolehlivost kolejových a silničních vozidel, identifikovat druhy opotřebení strojních soustav, navrhnout údržbový systém vozidel nebo jejich částí, analyzovat způsoby a důsledky poruch a orientovat se v oblasti logistického zajištění údržby vozidel.

### Pro koho je předmět určen

Modul je zařazen do bakalářského studia oboru Dopravní technika studijního programu Strojírenství, ale může jej studovat i zájemce z kteréhokoliv jiného oboru, pokud splňuje požadované prerekvizity.

Skriptum se dělí na části, kapitoly, které odpovídají logickému dělení studované látky, ale nejsou stejně obsáhlé. Předpokládaná doba ke studiu kapitoly se může výrazně lišit, proto jsou velké kapitoly děleny dále na číslované podkapitoly a těm odpovídá níže popsána struktura.

### Při studiu každé kapitoly doporučujeme následující postup:



**Čas ke studiu:** xx hodin

Na úvod kapitoly je uveden **čas** potřebný k prostudování látky. Čas je orientační a může vám sloužit jako hrubé vodítko pro rozvržení studia celého předmětu či kapitoly. Někomu se čas může zdát příliš dlouhý, někomu naopak. Jsou studenti, kteří se s touto problematikou ještě nikdy nesetkali a naopak takoví, kteří již v tomto oboru mají bohaté zkušenosti.



**Cíl:** Po prostudování tohoto odstavce budete umět

- popsat ...
- definovat ...

Ihned potom jsou uvedeny cíle, kterých máte dosáhnout po prostudování této kapitoly – konkrétní dovednosti, znalosti.



## Výklad

Následuje vlastní výklad studované látky, zavedení nových pojmů, jejich vysvětlení, vše doprovázeno obrázky, tabulkami, řešenými příklady, odkazy na animace.



## Shrnutí kapitoly

Na závěr kapitoly jsou zopakovány hlavní pojmy, které si v ní máte osvojit. Pokud některému z nich ještě nerozumíte, vraťte se k nim ještě jednou.



## Kontrolní otázka

Pro ověření, že jste dobře a úplně látku kapitoly zvládli, máte k dispozici několik teoretických otázek.



## Úkol k řešení

Protože většina teoretických pojmů tohoto předmětu má bezprostřední význam a využití v databázové praxi, jsou Vám nakonec předkládány i praktické úlohy k řešení. V nich je hlavní význam předmětu a schopnost aplikovat čerstvě nabyté znalosti při řešení reálných situací hlavním cílem předmětu.



## Klíč k řešení

Výsledky zadaných příkladů i teoretických otázek výše jsou uvedeny v závěru učebnice v Klíči k řešení. Používejte je až po vlastním vyřešení úloh, jen tak si samokontrolou ověříte, že jste obsah kapitoly skutečně úplně zvládli.