

Mendelova univerzita v Brně
Agronomická fakulta
Ústav techniky a automobilové dopravy



SPOLEHLIVOST STROJŮ A ZAŘÍZENÍ

Průvodce studiem předmětu

URČENO PRO VZDĚLÁVÁNÍ
V AKREDITOVANÝCH STUDIJNÍCH PROGRAMECH

MARTIN FAJMAN

BRNO 2021

OBSAH

1	ANOTACE	3
2	SPOLEHLIVOST V SYSTÉMU JAKOSTI.....	6
3	UKAZATALE TECHNICKÉHO STAVU.....	9
4	SPOLEHLIVOST SYSTÉMŮ, KVALITATIVNÍ UKAZATELE A MODELY SPOLEHLIVOSTI.....	13
5	ZVYŠOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI SYSTÉMŮ A ŘÍZENÍ ÚDRŽBY	16
6	POUŽITÉ ZDROJE	19
7	LITERATURA PŘEDMĚTU.....	21

1 ANOTACE

Název předmětu:	Spolehlivost strojů a zařízení
Vyučovací jazyk:	český
Garant předmětu:	doc. Ing. Martin Fajman, Ph.D.
Vyučující (přednášející):	doc. Ing. Martin Fajman, Ph.D. (100 %) + možná účast externích specialistů
Vyučující (cvičící):	doc. Ing. Martin Fajman, Ph.D. (100 %) + možná účast externích specialistů
Rozsah (přednášky/cvičení):	8/4
Organizace výuky:	přednášky, cvičení, konzultace, samostudium, práce na samostatných seminární práci, příprava na průběžné testy
Cíle předmětu (výstupy z učení):	Cílem předmětu je poskytnutí teoretických znalostí a prakticky dovedností v oblasti hodnocení provozní spolehlivosti strojů a zařízení.
Výstupy z učení:	Po úspěšném absolvování předmětu student: <ul style="list-style-type: none">- rozumí pojmům z oblasti spolehlivosti,- dokáže spolehlivost zařadit do komplexního pojmu jakosti s rozlišením dle komplexnosti posuzovaných systémů,- dokáže definovat pravděpodobnostní rozdělení používaná v oblasti spolehlivosti,- dokáže definovat a správně použít indikátory spolehlivosti dle typu posuzovaných částí nebo jejich soustav,- je schopen interpretovat hodnoty obecných indikátorů spolehlivosti technických systémů,- je schopen vypracovat analýzy a analytická schémata pro aplikaci metod FMEA, FMECA, TCA pro jednoduché systémy, a tyto interpretovat,

- dokáže přenášet výstupy spolehlivostních analýz do systémů údržby a prevence poruchových stavů,
- širěji dokáže odhadovat dopady spolehlivosti, udržitelnosti i opravitelnosti do celkových hospodářských výsledků provozu vozidel.

Osnova předmětu:

Tutoriál pokrývají následující témata:

- Konzultace 1
 - Přístupy ke sledování spolehlivosti – zařazení do systému řízení jakosti.
 - Definice spolehlivosti a vztah k dalším vlastnostem výrobků.
 - Klasifikace ukazatelů kvality.
- Konzultace 2
 - Základy matematické teorie spolehlivosti.
 - Teorie spolehlivosti neobnovovaných výrobků.
 - Teorie spolehlivosti obnovovaných systémů.
- Konzultace 3
 - Kvalitativní metody sledování spolehlivosti.
 - Spolehlivost systémů.
 - Spolehlivost strojírenských výrobků a elektronických výrobků.
- Konzultace 4
 - Zvyšování spolehlivosti systémů.
 - Vztah udržitelnosti, spolehlivosti a životnosti.
 - Řízená údržba na bezporuchovost.

Dodatek k osnově předmětu:

Jednotlivé lekce zpravidla obsahují:

- formulaci cílů lekce (tedy toho, co by měl student po jejím prostudování umět, znát, pochopit),
- konkrétní specifika cílů, resp. dosažení předpokládaných výstupů z učení, včetně dovedností, pro pochopení

problematiky a jejích vazeb na další témata i předměty ve studiu,

- odkazy na kapitoly ze základních zdrojů, které se podrobně věnují příslušné problematice, popř. aparát komentářů pro pochopení podstatných pasáží textu při samostudiu,
- kontrolní otázky k procvičení učiva,
- úkoly k zamyšlení, popř. korespondenční úkol.

Ukončení předmětu: zápočet, zkouška

Podmínky pro ukončení: Zařazené korespondenční úkoly mají charakter individuální práce, která je určena k ověření Vašich schopností aplikovat získané teoretické znalosti na řešení konkrétních problémů.

Vypracování obou korespondenčních úkolů je předpokladem udělení zápočtu, stejně tak je pro udělení zápočtu třeba dodat do termínu stanoveného přednášejícím zpracovanou seminární práci. Bodová hodnocení korespondenčních úkolů i seminární práce budou započtena do celkového hodnocení předmětu, přičemž toto průběžné hodnocení tvoří 40 % celkového výsledku, závěrečné hodnocení formou ústní zkoušky tak tvoří 60 % výsledného hodnocení.

Pro úspěšné splnění předmětu je nutné v součtu dosáhnout součtu průběžného a závěrečného hodnocení minimálně 70 %.

Doplňující informace učitele: -

2 SPOLEHLIVOST V SYSTÉMU JAKOSTI

Úvodní kapitola se zaměřuje na představení základních pojmů a vymezení spolehlivosti v komplexu vlastností výrobků (součástí i jejich soustav) v oblasti jakosti. Důležité je správné pochopení vymezení jednotlivých pojmů z oblasti jakosti ve vztahu ke spolehlivosti a vazeb těchto pojmů. Názvosloví je představeno z pohledu historických normativů i současného systému managementu spolehlivosti, primárně se zaměřuje na jednotlivé součásti, jejich skupiny a soustavy až po komplexní výrobky.

Pochopení aplikace pojmosloví je realizováno primárně na strojírenských výrobcích, avšak jsou prezentovány pohledy dalších sektorů, zejména spolehlivost elektronických součástí a vnímání spolehlivosti ve stavebnictví.

Okrajově se dotýká spolehlivosti procesů a vlivu lidského faktoru.

Cíle kapitoly

- Vymezení základních pojmů,
- klasifikace vazeb a podmíněnosti vlastností jakosti ve vztahu ke spolehlivost systémů i dílčích vlastností spolehlivosti,
- rozlišení této podmíněnosti ve vztahu k opravitelným, neopravitelným součástem.

Výstupy z učení

- Student dokáže definovat a hierarchicky klasifikovat vlastnosti výrobků ve vztahu k jejich jakosti v podmíněnosti spolehlivostních charakteristik.
- Terminologicky rozlišuje stavy součástí a výrobků.
- Rozlišuje ukazatele kvality a jejich podmíněnost ve vztahu ke spolehlivosti.
- Dokáže vnímat rozdílnost pojetí kvality v systému norem QMS, pohledu managementu spolehlivost a historických normativů z pohledu definičního, obsahového i zařazení do procesů posuzování kvality, resp. spolehlivosti a toto použít ve správném kontextu.

Studijní zdroje jsou kromě knižní literatury dostupné v knihovně uloženy do Teamu předmětu ve členění jednotlivých témat konzultací dle tohoto textu:

- Prvotní **obecná definiční základna** je uvedena v soboru [1_1](#),
 - Prostudujte str. 31–34 textu,
 - Pokuste se odpovědět na kontrolní otázky na str. 32,
 - Věnujte pozornost shrnutím kapitol v textu.
- Pro základní **systematické vymezení spolehlivost** v rámci pojmu jakost prostudujte úvodní kapitolu v souboru [1_2](#),
 - zaměřte se tedy na kapitolu 1.1. a shrnutí, které je u ní uvedeno,
 - povšimněte si definiční rozdílnosti dle citovaných normativů,
 - opět zkuste odpovědět na kontrolní otázky.
- Upevnění pochopení systematického vymezení spolehlivost, zejména s využitím **grafických schémat** je možno realizovat v souboru [1_3](#),
 - Prostudujte kapitoly 1.–3. včetně podkapitol.
 - Povšimněte si opět definiční rozdílnosti v rámci normativů a oborového přístupu.
 - Klíčové je vnímání obr. 2 a 3.
 - Zájemcům o širší pojetí spolehlivost je určena fakultativní kapitola 4.
- Obecný přístup i **terminologická specifika pro spolehlivost elektronických systémů** obsahuje dokument [1_4](#).
 - Prostudujte jen první podkapitolu.
 - Srovnajte vnímání spolehlivost pro tuto skupinu výrobků včetně normalizace.
- Pro **revizi získaných znalostí** je možno využít studium textu dokumentu [1_5](#),
 - A to kapitoly „Spolehlivost a jakost“ a bodů 1. až 3.
 - *4. bod je pro zájemce jako fakultativní.*
 - *Stejně tak k možnému náhledu oblast přehledu normativů z oblasti spolehlivosti (uváděný seznam je navíc již neaktuální).*
- **Komentář k učení** (pochopení) problematiky tohoto bloku:
 - Z uvedených dokumentů je zřejmý vysoký rozsah teoretických a terminologických zásad používaných ve spolehlivosti
 - Je zřejmý i normativní přesah a jistá míra nejednotnosti v definicích konkrétních vlastností spolehlivosti....

- ...proto **není cílem studia memorovat** jednotlivé definice.
- Cílem studia tohoto bloku je **pochopit strukturování a hierarchii kvalitativních vlastností produktů** ve vztahu ke spolehlivosti a nutnost variability pro aplikaci jednotlivých definic, tedy faktorů, které spolehlivost komplexních soustav formují.
- Proto se **neučte definice zpaměti**, ale pokuste se vnímat **význam obsahu** definice a pochopit proč je takto hierarchie vlastností spolehlivosti/jakosti vytvářena.

Kontrolní otázky

1. Jak je definována jakost a jak obecně spolehlivost. ...
2. Uveďte dílčí vlastnosti spolehlivosti a definujte je....
3. Rozveďte rozdílnost vnímání spolehlivost pro strojírenské a elektronické výrobky a součásti.
4. Liší se vnímání spolehlivosti pro jednoduché (neopravitelné) součásti a komplexnější technické soustavy a proč?
5. Je spolehlivost konkrétního výrobku závislá jen a pouze na „kvalitě“ jeho návrhu, resp. konstrukce?

Zadání samostatné práce (úkolů)

Pro tento blok není žádána samostatná práce k odevzdávání. V rámci samostudia je doporučeno zejména samostatné písemné vypracování kontrolních otázek v jednotlivých dokumentech a písemné vyhotovení otázek 1. a 2. Po samostatném vyhotovení (nezasílá se učiteli) srovnajte Vaše popisy/definice s podklady, svoje vyhotovení korigujte dle podkladů a můžete použít jako jednoduchou pomůcku k zafixování problematiky.

3 UKAZATALE TECHNICKÉHO STAVU

Kapitola se zaměřuje na popis technického stavu výrobků pomocí ukazatelů spolehlivosti. Je však nutno vyjít z teoretických východisek, kterými se uzavírala předchozí kapitola. Ověření správnosti úvah o faktorech působících na spolehlivost zahájíme studiem vývoje fází spolehlivosti. Přes klasifikace provozních stavů, zejména ve vztahu k poruchovým stavům a jejich vzniku dojdeme k popisu technického stavu a klasifikaci jednotlivých prvků, součástí, z nichž jsou sestavovány komplexní výrobky jejichž okamžitý technický stav je závislý na technickém stavu dílčích prvků a podcelků.

V rámci ustálených (normovaných) metod a přístupů budeme rozlišovat provozní stavy a ukazatele provozního stavu pro opravitelné a neopravitelné výrobky, resp. obnovované a neobnovované součásti.

Kvantitativní ukazatele provozního stavu konkrétního typu výrobku jsou založeny na popisu reality pomocí náhodných veličin, pro kvantifikaci parametrů náhodných veličin je nutno rozlišit rozdělení těchto náhodných veličin. Rozdělení náhodných veličin by mělo být známo ze studia matematiky, resp. statistiky, přesto v oblasti spolehlivosti se používají i mírně netypická rozdělení náhodných veličin. Dokumenty ke studiu této kapitoly tedy zahrnují i podpůrné materiály pro zopakování popisu chování náhodných veličin a jejich rozdělení. Pokud bude pro některé ze studentů obtížnější se orientovat v popisu kvantitativních ukazatelů spolehlivosti a jejich stanovení, je doporučeno se vrátit právě k těmto podpůrným dokumentům.

Pozn.: Tato kapitola je svým rozsahem i významností obsahu výrazně náročnější než kapitola předchozí. Věnujte, prosím, jejímu studiu dostatečnou pozornost jak po stránce obsahové, tak dostatečnou časovou dotací – odhad potřebného času pro potřebné pochopení je 15 hodin.

Cíle kapitoly

- Pomocí rozdělení náhodných veličin se pokusit popsat chování technických systémů a odhadovat jejich technický stav.
- Dalším cílem je zvládnutí klasifikace posuzovaných součástí a celých systémů pro volbu správného ukazatele spolehlivosti dle této kategorizace.
- Na základě kvantifikace konkrétních ukazatelů usuzovat na chování skupin posuzovaných výrobků.

Výstupy z učení

- Na základě studia této podkapitoly bude student schopen definovat technický stav výrobku.
- Identifikovat poruchové stavy a jejich příčiny.
- Správně určit typ posuzované součásti z pohledu volby ukazatelů spolehlivosti.
- Umět stanovit konkrétní kvantitativní ukazatele spolehlivosti.
- Interpretovat hodnoty ukazatelů ve vztahu k odhadu dalšího provozního chování posuzovaných výrobků.

Studijní zdroje jsou kromě knižní literatury dostupné v knihovně uloženy do Teamu předmětu ve členění jednotlivých témat konzultací dle tohoto textu - literatura základní.

- V návaznosti **na obecnou teorii** postupujte ve studiu dokumentu (nyní označen jako [2_1](#)):
 - v klasifikaci objektů a formování jejich spolehlivosti v kapitolách 1.2. a 1.3 textu.
 - V návaznosti na kategorizaci z předchozího bodu prostudujte klasifikaci poruch dle kapitoly 2.
- Podrobnější studium **klasifikace poruch** poskytuje dokument [2_2](#),
 - Věnujte pozornost úvodním stranám textu pro osvojení terminologie poruch.
 - Zájemcům, resp. pro zopakování příčin vzniku poruchových stavů, můžete projít i kapitolu 4.3 v textu, jednotlivé druhy opotřebení by vám však měly být již známy.
 - Pro odkaz na další materiály a vzorové příklady (názvy a typy příkládaných souborů).
- **Kvantifikace ukazatelů spolehlivosti** začneme úvodem z opakování teorie pravděpodobnosti opět v dokumentu [2_1](#), kde bude pokračovat studium v oblasti spolehlivosti a ukazatelů pro neobnovované i obnovované objekty.
 - V kapitole 3 jsou rozvedeny **základní principy pravděpodobnosti**, zopakujte i pojmy ze statistiky. Bez toho, že spolehlivě odpovíte na kontrolní otázky v textu, nepokračujte dále.
 - Pro **neobnovované** objekty a studium ukazatelů jejich spolehlivosti poslouží kapitola č. 4.

- Pro **obnovované** objekty je dále v textu určena kapitola 5.
- *Pozn.: Studium obou kapitol je opravdu náročné, je dobré řešit studium postupně, s dostatečnými přestávkami a vracet se k pochopení méně zřejmých částí textu. Výhodou je, že pro studium těchto částí textu lze využít i řadu literárních zdrojů starší provenience, tedy včetně historických knižních zdrojů.*
 - Případně pro revizi poznatků nahlédněte do [2 2 1](#) a [2 2 1 1](#).
 - Pro rozdělení náhodných veličin se nejčastěji studuje normální rozdělení, v rámci spolehlivosti se uplatní i další rozdělení náhodných veličin – pro zájemce se zaměřte na Weibullovo rozdělení v dokumentu [2 2 2](#).

Kontrolní otázky

1. Jak je formována spolehlivost objektů?
2. Uveďte definici poruchy a příčiny poruchových stavů strojírenských součástí.
3. Jak je definována pravděpodobnost, jaký je rozdíl mezi distribuční a frekvenční funkcí náhodné veličiny?
4. Jaká rozdělení náhodných veličin používáme ve spolehlivosti?
5. Vysvětlete ukazatele bezporuchovosti neobnovovaných objektů.
6. Co je vanová křivka?
7. Jaké další ukazatele sledujeme u neobnovovaných objektů? Rozveďte jejich definice.
8. U obnovovaných objektů charakterizujte proces obnovy.
9. Rozveďte pojmy pohotovost a opravitelnost.
10. Jak tyto pojmy mohou souviset s výkonností (časy T_{03} , resp. T_{04}) u pracovních strojů?

Zadání samostatné práce (úkolů)

Písemně vypracujte řešení problematiky náhodných veličin v rámci individuálního zadání.

Každý ze studentů obdrží individuální zadání s charakteristikou zvoleného rozdělení náhodné veličiny, včetně parametrů tohoto rozdělení.

Na základě známých veličin budou v individuálním zadání studentem stanoveny popisné statistiky zadaného rozdělení, pravděpodobnost, že náhodná veličina nabývá hodnot v zadaném intervalu.

Graficky budou prezentovány frekvenční nebo distribuční funkce zadaného rozdělení.

Odevzdání je elektronicky do odevzdávárny v UIS, která je k tomuto účelu otevřena do termínu stanoveného přednášejícím.

4 SPOLEHLIVOST SYSTÉMŮ, KVALITATIVNÍ UKAZATELE A MODEL Y SPOLEHLIVOSTI

Kapitola se zaměřuje na komplexnější soustavy a systémy a sledování jejich spolehlivosti, resp. modelování spolehlivosti komplexních systémů. Pro navázání na minulou problematiku a pro odlehčení po poměrně náročné kapitole začneme revizí již známých znalostí v aplikaci na vozidla jako příklady komplexních systémů, kombinujících dnes strojírenské a elektronické systémy. Jak je možno aplikovat poznatky z minulé kapitoly na takový komplexní systém a jak je v průběhu jeho životního cyklu formována spolehlivost bude výchozím studiem.

Následně se však vrátíme k teoretickým východiskům a cílem bude spojit znalosti chování obnovovaných a neobnovovaných objektů do komplexních systémů. Budeme nuceni modelovat reálné systémy na základě zjednodušeně definovaných typizovaných vazeb, které povedou k modelu chování systému. Na základě modelů a metod posuzování spolehlivosti komplexních systémů je možno hledat východiska pro zvyšování jejich spolehlivosti, resp. zlepšování konkrétních ukazatelů spolehlivosti těchto systémů.

Nedílnou součástí studia bude představení kvalitativních metod posuzování spolehlivosti.

Cíle kapitoly

- Cílem je pochopit, jak přenést poznatky o chování náhodných veličin popisujících spolehlivostní charakteristiky jednotlivých objektů do soustav takových objektů, tedy posuzování spolehlivosti komplexních systémů.
- Dále rozvést klasifikace takových systémů na teoretické bázi a umět identifikovat model pro konkrétní typ strojírenského, resp. zejména elektronického výrobku.
- Budou rozebrány metody sestavené modelů a interpretace jejich chování.
- V rámci stavového posouzení se přidruží metody kvalitativního posouzení.

Výstupy z učení

- Student bude umět definovat komplexní systém z pohledu spolehlivosti, resp. navrhnout zjednodušený model (zejména pro elektronické systémy) pro popis jeho spolehlivostního chování.
- Na základě modelu bude student schopen interpretovat charakteristiky modelu, resp. systému.

- Bude schopen aplikovat metody FTA, FMEA, FMECA, resp. interpretovat již existující analýzy uvedených typů.

Studijní zdroje jsou kromě knižní literatury dostupné v knihovně uloženy do Teamu předmětu ve členění jednotlivých témat konzultací dle tohoto textu

- Jak je uvedeno v úvodu kapitoly, pro upevnění a revizi znalostí z minulé části studia, je v dokumentu [3_1](#) představen rozbor **formování spolehlivosti** příkladu komplexního systému, tedy **vozidla**, včetně vývoje jeho životního cyklu.
 - Prověřte, že rozumíte aplikaci poznatků z minulé konzultace při studiu textu o vozidlech, jejichž provozní vlastnosti jsou vám z běžné zkušenosti známy.
 - Ujistěte se, že rozumíte etapám vývoje životního cyklu vozidla a formování jeho spolehlivosti.
 - Tato část této konzultace má charakter opakování, proto by vám neměla činit obtíže, cítíte-li rezervy v porozumění textu, resp. Vám činí obtíže odpovědět na kontrolní otázky na poslední straně textu, vraťte se případně k dřívějším statím ve studiu.
- Z aplikační roviny, byť stále obecné se vraťme k **teoretickým východiskům**. V dokumentu [3_2](#):
 - Prostudujte kapitoly 7.1 a 7.2, včetně výpočetních příkladů.
 - Dále prostudujte kapitolu 7.3 – snažte se vnímat rozdílnost přístupu v modelování ve vztahu ke kvalitativnímu posuzování v rámci stavů systému(ů).
 - *Pro možnost rozšíření studijních informací a procvičení pochopení problematiky modelů je přidám fakultativní dokument [3_2_1](#),*
 - *V něm prostudují zájemci strany 3-10.*
- Prostudujte dokument [3_3](#):
 - Pro pochopení **aplikace FMEA analýzy na vozidla** a formování jejich spolehlivosti.
 - *Pro zájemce o hlubší poznání teoretických východisek kvalitativních metod a výkladu FMEA/FMECA, resp. FTA, metod jsou vloženy dokumenty*
 - [3_3_1_1](#) – str. 3–9.

- [3 3 1 2](#) – str. 2–11 – pro metodiku uplatnění FMEA.
- V dokumentu [3 4](#)
 - Na str. 34–47 naleznete teoretická východiska i podrobný **metodický** způsob **uplatnění FTA**.

Kontrolní otázky

1. Jak je definován životní cyklus vozidel, jak je formována spolehlivost v jednotlivých fázích tohoto cyklu?
2. Co je to bloková struktura modelu, jak se liší sérové a paralelní modely.
3. Jak se liší přístup v modelování a posuzování stavů systémů.
4. Stručně popište principy, popř. způsob nasazení, metody FMEA. V jaké fázi životního cyklu (vozidla) by mělo především smysl ji nasazovat.
5. Stručně popište principy, popř. způsob nasazení, metody FTA.

Zadání samostatné práce (úkolů)

Písemně vypracujte řešení problematiky ve druhé úloze z tohoto předmětu. Opět v individuálním zadání obdrží každý student modelovou strukturu kombinace sério-paralelního modelu (smíšenou strukturu) se zadanými rozděleními a charakteristikami těchto rozdělení pro jednotlivé bloky schémat. Pro dané schéma student stanoví charakteristiky bezporuchovosti jednotlivých prvků i celku. Odevzdává výpočtový list v MS Excel pro ověření správnosti řešení. Součástí může být návrh na zvýšení parametrů bezporuchovosti modelu.

Odevzdání je elektronicky do odevzdávnary v UIS, která je k tomuto účelu otevřena do termínu stanoveného přednášejícím.

5 ZVYŠOVÁNÍ SPOLEHLIVOSTI SYSTÉMŮ A ŘÍZENÍ ÚDRŽBY

Kapitola se zaměřuje na zvyšování spolehlivosti komplexních systémů, které jsou dnes typické pro řadu spotřebních výrobků a v neposlední řadě pro vozidla, tedy kombinace strojírenských výrobků, elektronického hardware a software, který je na něm provozován. Vysvětleny budou základní principy zvyšování spolehlivosti již v návrhu (typicky elektronického hw) a dále přístupy k provoznímu nasazení, které mohou při dané technické úrovni zabezpečit vyšší míru dílčích vlastností spolehlivost přímo v provozu cíleným prováděním údržbových zásahů.

Cíle kapitoly

- Je poskytnout studentům přehled základních metod pro zvyšování spolehlivosti systémů redundancí, zálohováním apod.
- Dále ukázat na principy cílené údržby pro zvyšování spolehlivosti na provozní úrovni.
- Rozvést klasifikaci přístupů v cílené údržbě.
- Seznámit studenty s používanými principy RCM.

Výstupy z učení

- Student je schopen vnímat potřebnost sledování parametrů spolehlivosti již ve fázích návrhu a výroby komplexních systémů a rozeznávat základní principy pro dosažení žádané úrovně.
- Student dokáže navrhovat (zejména u vozidel) specifické postupy pro zajištění údržeb tak, aby docházelo ke zvyšování úrovně dílčích vlastností spolehlivosti.
- Student rozumí principům RCM, na základě provozního nasazení dokáže spoluvytvářet údržbové plány na bázi RCM metod.

Studijní zdroje jsou kromě knižní literatury dostupné v knihovně uloženy do Teamu předmětu ve členění jednotlivých témat konzultací dle tohoto textu

- Na předchozí kapitolu v oblasti modelů komplexních systémů naváže úvod do oblasti **zvyšování spolehlivosti systémů** v dokument [4_1](#),
 - Kde prostudujte kapitolu 8.1 až 8.3, věnujte pozornost zvládnutí kontrolních otázek přímo v textu.

- *Pro zájemce o studium teoretických východisek pro návrhy systémů je připraven dokument [4.1.1](#),*
 - *Kde prostudujte str. 10 až str. 17, na nichž naznačen princip studia citlivostních analýz pro závislosti mezi vstupními a výstupními veličinami návrhů.*
- *Stejně tak fakultativní text, který může ale výrazně pomoci pochopit nasazení metod z minulé kapitoly pro principy návrhu je v dokument [4.1.2](#),*
 - *Kde na str. 3–8 je přehledně zpracován úvod do prediktivních analýz spolehlivosti.*
- Dále pokračujte ve studiu obsahu kapitoly v dokumentu [4.2](#) ve směru k **udržovatelnosti** teoretickým úvodem,
 - *Kde kapitola 9 by vám měla být známá, nejde o její studium, ale protože se na ni odkazuje kapitola 10, která je předmětem našeho studia, je možné ji projít před studiem kapitoly 10, nebo se k ní případně vrátit.*
 - Zásadní je tedy pochopení terminologie a principů v kapitole 10.,
 - věnujte opět pozornost kontrolním otázkám přímo v textu.
- V studiu **systémového přístupu k zajištění udržovatelnosti** až po údržbu zaměřenou na bezporuchovost (RCM) pokračujte v dokumentu [4.3](#),
 - Po str. 120, tedy včetně prakticky orientovaných příkladů.
- Podrobnější text pro vysvětlení **principů nasazení RCM** je rozveden v dokumentu [4.4](#).
 - A to od str. 3 po str. 14, *zájemci mohou prostudovat i dále – str. 14–24.*

Kontrolní otázky

1. Jak zvyšovat úroveň spolehlivost v návrhu mechanických a elektronických systémů.
2. Definiujte udržovatelnost a zařaďte ji mezi vlastnosti jakosti a spolehlivosti.
3. Jaké obecné programy údržeb rozeznáváme?
4. Definiujte a zdůvodněte vhodnost nasazení RCM.
5. Rozveďte postup nasazení RCM.

Zadání samostatné práce (úkolů)

Z této sekce není zpracovávána samostatná práce, kterou by bylo třeba odevzdávat vyučujícímu.

Je však opět doporučeno, vypracovat si pro vlastní potřebu kontrolní otázky písemně, nejlépe včetně kontrolních otázek ve studijních textech. Jednak dojde k vyšší míře fixace terminologie, jednak vzniklý materiál poslouží pro rychlou orientaci a revizi znalostí v přípravě na hodnocení předmětu.

6 POUŽITÉ ZDROJE

Zdroje označené v textu výše X_Y_Z jsou použity výlučně pro potřeby výuky v uzavřených skupinách studentů, nejsou nijak dále veřejně šířeny a věcná práva k těmto zdrojům plně náleží jejich autorům.

BEBR, Lukáš. Uplatňování spolehlivosti produktu ve strojním podniku. In Strojírenská technologie Plzeň 2015: sborník abstraktů: VI. ročník mezinárodní konference konané ve dnech 3.- 4.2.2015 v Plzni. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2015. [online] <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/16107/1/Bebr.pdf>. ISBN 978-80-261-0304-2.

BRIŠ, Radim, LITSCHMANOVÁ, Martina. Statistika II. Ostrava: Technická univerzita Ostrava, 2007. [online] <https://homel.vsb.cz/~bri10/Teaching/Statistika%20II/skriptum/>. ISBN 978-80-248-1482-7.

FAMFULÍK, Jan, MÍKOVÁ, Jana, KRYŽANEK, Radek. Teorie údržby. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. [online] <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/TU/TU/>. ISBN 978-80-248-1509-1.

KOLEKTIV. Bez spolehlivosti není jakosti. In Sborník přednášek, materiály ze 33. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2008. [online] <https://www.csq.cz/clenstvi/odborne-a-regionalni-skupiny/temata-vystupy-sborniky-ze-setkani-spolehlivosti>. ISBN 978-80-02-02104-9.

KOLEKTIV. Bezporuchovost a pohotovost. In Sborník přednášek, materiály ze 59. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2015. [online] <https://www.csq.cz/clenstvi/odborne-a-regionalni-skupiny/temata-vystupy-sborniky-ze-setkani-spolehlivosti>. ISBN 978-80-02-02586-3.

KOLEKTIV. Prediktivní analýzy spolehlivosti a možnosti jejich využití. In Sborník přednášek, materiály ze 60. semináře odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2015. [online] <https://www.csq.cz/clenstvi/odborne-a-regionalni-skupiny/temata-vystupy-sborniky-ze-setkani-spolehlivosti>. ISBN 978-80-7231-965-7.

KOLEKTIV. Prediktivní analýzy spolehlivosti a možnosti jejich využití II. In Sborník přednášek, materiály ze 63. semináře odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2016. [online] <https://www.csq.cz/clenstvi/odborne-a-regionalni-skupiny/temata-vystupy-sborniky-ze-setkani-spolehlivosti>. ISBN 978-80-7231-469-0.

KOLEKTIV. Údržba zaměřená na bezporuchovost. In Materiály ze XVII. setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2004. [online] <https://www.csq.cz/clenstvi/odborne-a-regionalni-skupiny/temata-vystupy-sborniky-ze-setkani-spolehlivosti>.

KOLEKTIV. Úloha a aplikační možnosti metody FMEA při zabezpečování spolehlivosti. In Materiály z 5. Setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001. [online] <https://www.csq.cz/clenstvi/odborne-a-regionalni-skupiny/temata-vystupy-sborniky-ze-setkani-spolehlivosti>.

KOLEKTIV. Zabezpečování spolehlivosti. In Materiály k setkání odborné skupiny pro spolehlivost. Praha: Česká společnost pro jakost, 2001. [online] <https://www.csq.cz/clenstvi/odborne-a-regionalni-skupiny/temata-vystupy-sborniky-ze-setkani-spolehlivosti>.

PŘENOSIL, Václav. Spolehlivost elektronických systémů. [online] <https://is.muni.cz/el/fi/podzim2005/PV171/Spolehlivost.pdf>.

VROŽINA, Milan, DAVID, Jiří. Spolehlivost a diagnostika. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava. [online]

<http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/SD/Spolehlivost%20a%20diagnostika.pdf>.

ISBN 978-80-248-2595-3.

7 LITERATURA PŘEDMĚTU

Povinná literatura

LEGÁT, Václav. Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007. ISBN 978-80-02-01949-7.

BIROLINI, A. Reliability Engineering: Theory and Practice. 8th Edition. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2017. ISBN 9783662542095.

Doporučená literatura

LEGÁT, Václav. Management a inženýrství údržby. Druhé doplněné vydání. Praha: Kamil Mařík - Professional Publishing, 2016. ISBN 978-80-7431-163-5.

GARDONI, P.(ed.) Risk and Reliability Analysis: Theory and Applications: In Honor of Prof. Armen Der Kiureghian. Cham: Springer International Publishing, 2017. Springer Series in Reliability Engineering. ISBN 9783319524252.

Další studijní pomůcky:

Materiály a sborníky České společnosti pro jakost.

Normy IEC/EN řady 60 300 Management spolehlivosti.