ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní zaměření: 2301R016 – Stavba výrobních strojů a zařízení

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Eliminace chyb v konstrukčním procesu

Autor: **Pavlína VODIČKOVÁ**

Vedoucí práce: **Ing. Ivana MAZÍNOVÁ, Ph.D.**

Akademický rok 2017/2018

Oficiální zadání práce

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.
Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: ……. . . . . .
podpis autora

Autorská práva

Podle zákona o právu autorském č. 35/1965 Sb. (175/1996 Sb. ČR) § 17 a Zákona o vysokých školách č. 111/1998 Sb. je využití a společenské uplatnění výsledků diplomové práce, včetně uváděných vědeckých a výrobně-technických poznatků nebo jakékoli nakládání s nimi možné pouze na základě autorské smlouvy za souhlasu autora, firmy WITTE Automotive Nejdek, spol. s.r.o. a Fakulty strojní Západočeské univerzity v Plzni.

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	**Příjmení** Vodičková	**Jméno** Pavlína
STUDIJNÍ OBOR	2301R016 – Stavba výrobních strojů a zařízení	
VEDOUCÍ PRÁCE	**Příjmení (včetně titulů)** Ing. Mazínová, Ph.D.	**Jméno** Ivana
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KKS	
DRUH PRÁCE	~~**DIPLOMOVÁ**~~	**BAKALÁŘSKÁ** **Nehodící se škrtněte**
NÁZEV PRÁCE	Eliminace chyb v konstrukčním procesu	

FAKULTA	strojní		**KATEDRA**	KKS		**ROK ODEVZDÁNÍ**	2018

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	82		**TEXTOVÁ ČÁST**	82		**GRAFICKÁ ČÁST**	0

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) **ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY**	Bakalářská práce obsahuje popis jednotlivých metod analýzy rizik (obor Risk managementu), konkrétně řeší nástroje pro plánování jakosti. Zároveň je v práci zahrnuta případová studie ukazující, jak lze teoretické poznatky uplatnit na praktický výrobek – na přední kapotový zámek.
KLÍČOVÁ SLOVA **ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE**	Analýza rizik, riziko, kvalita, požadavek, FMEA, FTA, QFD, DoE, vzorkování

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	**Surname** Vodičková	**Name** Pavlína	
FIELD OF STUDY	2301R016 – Design of Manufacturing Machines and Equipment		
SUPERVISOR	**Surname (Inclusive of Degrees)** Ing. Mazínová, Ph.D.	**Name** Ivana	
INSTITUTION	ZČU – FST – KKS		
TYPE OF WORK	~~**DIPLOMA**~~	**BACHELOR**	**Delete when not applicable**
TITLE OF THE WORK	Elimination of Defects in Design Process		

FACULTY	Mechanical Engineering		**DEPARTMENT**	KKS		**SUBMITTED IN**	2018

NUMBER OF PAGES (A4 and eg. A4)

TOTALLY	82		**TEXT PART**	82		**GRAPHICAL PART**	0

BRIEF DESCRIPTION (MAX 10 ŘÁDEK) **TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS**	The bachelor thesis contains the description of some methods of Risk management, specifically the tools for quality planning. At the same time the study includes a case study where the theoretical knowledge is applied on the product – the front bonnet lock.
KEY WORDS	Risk management, Risk, Quality, Requirement, FMEA, FTA, QFD, DoE, Sampling

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala své vedoucí bakalářské práce – Ing. Ivaně Mazínové, Ph.D., za všechny rady a cenné informace, které mi v průběhu roku poskytla. Dále bych chtěla poděkovat svému konzultantovi – Ing. Vladimír Votápek z WITTE Automotive Nejdek spol. s.r.o., za veškeré připomínky, korektury práce, za ujasnění problematiky a za poskytnutí skutečné FMEA analýzy, z níž jsem mohla čerpat potřebné poznatky. Mé díky patří ještě dalšímu zaměstnanci zmíněné společnosti – Ing. Milan Fišer, který mi poskytl informace týkající se kapotového zámku.

V neposlední řadě chci poděkovat své rodině a svým blízkým, kteří mě v průběhu práce podporovali a umožňovali klidné studium.

Obsah

1 Úvod ... 12
2 Životní cyklus produktu (1) (2) (3) (4) ... 13
2.1 Obecné rozdělení fází ... 13
2.2 Rozdělení fází podle ekonomického hlediska ... 14
2.3 Vznik a odstranění vad v průběhu životního cyklu ... 15
3 Harmonizované normy (5) (6) ... 16
3.1 Postupné kroky pro konstruování a výrobu ... 16
3.1.1 Zjištění závazných požadavků ... 16
3.1.2 Ověření specifikace ... 16
3.1.3 Zjištění, zda je nutné nezávislé hodnocení shody notifikovaným orgánem ... 16
3.1.4 Přezkoušení produktu a ověření jeho shody ... 16
3.1.5 Technická dokumentace ... 17
3.1.6 Označení CE ... 17
3.2 Posouzení rizika ... 17
4 Analýza rizik (1) (7) (8) ... 18
Nástroje pro plánování jakosti: ... 19
5 Metoda FMEA (Analýza možností vzniku vad a jejich následků) (9) (10) ... 19
5.1.1 Vlastnosti FMEA ... 19
5.1.2 Složení FMEA týmu ... 20
5.2 Dělení FMEA ... 20
5.3 Postup metodiky FMEA ... 21
5.3.1 Analýza rizik (1. fáze) ... 21
5.3.2 Hodnocení rizik (2. fáze) ... 22
5.3.3 Minimalizace rizika (3. fáze) ... 24
5.4 Druhy FMEA ... 25
5.4.1 Konstrukční FMEA (FMEA návrhu výrobku) ... 25
5.4.2 Procesní FMEA ... 29
5.4.3 Systémová FMEA ... 31
6 Metoda FTA (Analýza stavu poruchových stavů) (11) (9) ... 32
6.1 Typy událostí a bran ... 32
6.1.1 Brána A – matematické vyjádření pravděpodobnosti ... 34
6.1.2 Brána NEBO – matematické vyjádření pravděpodobnosti ... 34
6.2 Postup analýzy FTA ... 35

6.2.1 Definice nežádoucí události ... 35
6.2.2 Pochopení systému ... 35
6.2.3 Vytvoření stromu poruch ... 35
6.2.4 Vyhodnocení ... 35
6.2.5 Kontrola zjištěných rizik ... 35
6.3 Ukázka na příkladu ... 36
7 Metoda QFD (Dům kvality) (12) (13) (14) (1) ... 39
7.1 Metodika (postup) ... 39
7.1.1 Zjištění požadavků ... 40
7.1.2 Přiřazení váhy k jednotlivým požadavkům ... 40
7.1.3 Porovnání schopnosti plnit požadavky s konkurencí ... 40
7.1.4 Zjištění (měřitelných) znaků jakosti výrobku (charakteristiky, technické parametry, specifikace,…) ... 41
7.1.5 Analýza závislosti požadavků na znacích ... 41
7.1.6 Porovnání schopnosti dosahování znaků s konkurencí ... 41
7.1.7 Analýza závislostí znaků na znacích ... 41
7.1.8 Návrh cílových hodnot znaků ... 41
7.2 Ukázka na příkladu ... 42
7.3 Fáze metody QFD ... 43
8 DoE (Navrhování experimentů) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21) ... 44
8.1 Obecný postup ... 45
8.1.1 Analýza rozptylu (ANOVA) ... 45
8.1.2 Taguchiho metody ... 45
9 Kontrolní plán (22) (23) (24) (25) ... 46
9.1 Typy kontrolních plánů ... 46
9.2 Základní informace obsažené v kontrolním plánu ... 47
9.3 Příklad kontrolního plánu ... 47
10 Vzorkování (26) (25) ... 49
10.1 Vzorkování podle PPAP ... 50
10.1.1 Úrovně podle PPAP ... 50
10.1.2 Kompletní dokumentace podle PPAP ... 50
Případová studie: ... 52
11 WITTE Automotive (27) ... 52
12 Kapotový zámek (28) ... 53
12.1 Seznámení s kapotovým zámkem ... 53

12.2 Konstrukční FMEA kapotového zámku ... 53
12.3 FTA kapotového zámku ... 60
12.4 QFD kapotového zámku ... 63
12.4.1 Zjištění požadavků ... 63
12.4.2 Přiřazení váhy k jednotlivým požadavkům ... 63
12.4.3 Porovnání schopnosti plnit požadavky s konkurencí ... 64
12.4.4 Zjištění (měřitelných) znaků jakosti výrobku (charakteristiky, technické parametry, specifikace,…) ... 64
12.4.5 Analýza závislosti požadavků na znacích ... 64
12.4.6 Porovnání schopnosti dosahování znaků s konkurencí ... 65
12.4.7 Analýza závislostí znaků na znacích ... 65
12.4.8 Návrh cílových hodnot znaků ... 65
12.4.9 Výsledný dům jakosti kapotového zámku ... 66
13 Závěr ... 67
14 Citovaná literatura ... 69
Přílohy: ... 71

Seznam zkratek

- ANOVA = „Analysis of Variance“ = Analýza rozptylu
- CE = „Conformité européenne “ = označení shody
- DoE = „Design of Experiments“ = Navrhování (plánování) experimentů
- ERP = „Enterprise Resource Planning“ = Plánování podnikových zdrojů
- FEM = „ Finite Element Method“ = simulace pomocí metody konečných prvků
- FMEA = „Failure Mode and Effect Analysis“ = Analýza možností vzniku vad a jejích následků
- FMECA = „Failure Mode, Effects & Criticality Analysis“ = Analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch
- FTA = „Fault Tree Analysis“ = Analýza stavu poruchových stavů
- IAIG = „Internationally Active Insurance Group“ = norma pro společnost Ford
- IMDS = „International Material Data System“ = databáze materiálů pro automotive
- ISO = „International Organization for Standardization“ = Mezinárodní organizace pro normalizaci
- NASA = „National Aeronautics and Space Administration“ = Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
- PLM = „Product Lifecycle Management“ = Řízení životního cyklu výrobku
- Pot. = potenciální
- PPAP = „Production Part Approval Process“ = Proces schvalování dílů v sériové výrobě
- PS = prvek systému
- QFD = „Quality Function Deployment“ = Dům kvality
- RPZ = „Risikoprioritätszahl“ = rizikové číslo
- s. r. o. = společnost s ručením omezeným
- spol. = společnost
- VDA = „Verband der Automobilindustrie“ = norma německého automobilového průmyslu
- YC = potenciální kritický znak
- YS = potenciální významný znak

Pozn.: Běžně používané či dodatečně vysvětlené zkratky mohou v seznamu chybět.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Životní cyklus produktu (1) 13
Obrázek 2 - Životní cyklus výrobku - ekonomický pohled (3) 14
Obrázek 3 - Růst nákladů na odstranění chyb 15
Obrázek 4 - Grafické zobrazení vlivu fází na náklady 15
Obrázek 5 - CE znak - správně a špatně (6) 17
Obrázek 6 - Analýza rizik (7) 18
Obrázek 7 - Ukázka hlavičky FMEA formuláře 26
Obrázek 8 - Grafické symboly nejčastějších událostí 32
Obrázek 9 - Grafické symboly ostatních událostí 33

Obrázek 10 - Grafické symboly pro brány 33
Obrázek 11 - Grafické symboly pro přenosy 34
Obrázek 12 - Strom poruchových stavů (příklad) 36
Obrázek 13 - Strom poruchových stavů (příklad s opatřením) 38
Obrázek 14 - Schéma domu kvality 40
Obrázek 15 - Schéma domu kvality 42
Obrázek 16 - Schéma návaznosti QFD analýz 43
Obrázek 17 - Ishikawův diagram (31) 44
Obrázek 19 - Logo WITTE Automotive (27) 52
Obrázek 19 - Logo VAST Automotive Group (27) 52
Obrázek 20 - Kapotový zámek (28) 53
Obrázek 21 - Konstrukční FMEA pro kapotový zámek 59
Obrázek 22 - Strom poruchových stavů pro kapotový zámek 61

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Hodnocení významu (Ford) 22
Tabulka 2 - Hodnocení odhalitelnosti (Ford) 23
Tabulka 3 - Hodnocení výskytu (Ford) 23
Tabulka 4 - Rizika možných vad a potřeba opatření (9) 24
Tabulka 5 - Vlastní ukázka konstrukční FMEA 28
Tabulka 6 - Hodnocení významu pro FMEA procesu (Ford) 30
Tabulka 7 - Struktura rozpadu vadné funkce prvku systému (9) 31
Tabulka 8 - Kontrolní plán - Varianta 1 (22) 48
Tabulka 9 - Kontrolní plán - Varianta 2 (22) 48
Tabulka 10 - Požadavky na kapotový zámek 63
Tabulka 11 - Hodnocení požadavků metodou párového srovnání 63
Tabulka 12 - Jednoduché znaky kapotového zámku 64
Tabulka 13 - Závislost požadavků na znacích kapotového zámku 64
Tabulka 14 - QFD kroky 7 a 8 pro kapotový zámek 65
Tabulka 15 - Dům kvality kapotového zámku 66

Seznam příloh

Příloha č. 1 – Schématický postup metody FMEA……71
Příloha č. 2 – Procesní FMEA – proces stříhání plechu……73
Příloha č. 3 – Životní cyklus výrobku ……75
Příloha č. 4 – Riziko výskytu a významu……77
Příloha č. 5 – Problematika porozumění požadavkům……79
Příloha č. 6 – Eliminace vad „na papíře“ – na výkrese……81

1 Úvod

Eliminace chyb v konstrukčním procesu, jinými slovy také odstraňování (nebo alespoň snižování) rizik spojených s výskytem vad u výrobku, čímž se zaobírá tato práce. Protože, buďme upřímní, chyby jsou součástí života a není v lidských silách je v plné míře eliminovat. Stejně je tomu i v konstrukčním procesu – chyba nastat může (a nastává), ale zodpovědností konstruktéra by mělo být, že udělá vše pro včasné zjištění (ideálně ještě dřív než se vada zhmotní) a následnou opravu chyby tak, aby se již dále nevyskytovala, respektive aby se nedostala k zákazníkovi. Jelikož dostane-li se zmetek ke konečnému odběrateli, může být, v nejhorším případě, ohroženo zdraví uživatele, ale také náklady na pozdní opravu jsou exponenciálně vyšší v porovnání se včasnými opatřeními. Pro upřesnění pojmu „včasné“ je do práce vložena kapitola popisující životní cyklus produktu, ve které je nastíněno i zmíněné ekonomické hledisko.

Cílovou problematikou se zabývá tzv. analýza rizik, která řeší jak možnosti vzniku vad, tak možnosti nápravných opatření vedoucích ke snížení výskytu chyb u zákazníka. Aby se však nespoléhalo pouze na konstruktérovu zodpovědnost, že se potenciální vady bude snažit odstraňovat, tak jsou zavedeny tzv. harmonizované normy, které ve svém obsahu odkazují na „povinnost“ chyby vyhledávat.

Nástrojů pro analýzu rizik je mnoho, v této práci však budou shrnuty jen ty, které se primárně aplikují ve fázi konstruování (tzv. nástroje pro plánování jakosti). Konkrétně se jedná o metody FMEA, FTA, QFD, DoE, dále pak s tématem související kontrolní plán a vzorkování. Pro snazší vysvětlení a pochopení postupů některých metod jsou v teoretické části aplikovány poznatky na ukázkových příkladech.

Jelikož práce vznikla za podpory společnosti WITTE Automotive Nejdek spol. s. r. o., tak se praktická část práce (případová studie, nebo také case study) opírá o výrobek zmíněné firmy. Konkrétně se jedná o přední kapotový zámek, na němž jsou demonstrovány některé z nástrojů plánování jakosti. Přesněji metoda FMEA, FTA a QFD, v níž je viditelný i prvek harmonizovaných norem.

Zkráceně řečeno, rizika spojená s vadami výrobku by měla být minimalizována všemi vhodnými způsoby. Vezměme na vědomí, že i „zmetkovitost“ 0,1% (1000 chyb z 1 milionu) by v různých oborech znamenala:

- 16 000 ztracených dopisů (zpráv) za hodinu
- 22 000 vybraných bankovních příkazů z nesprávného účtu za hodinu
- 100 vynechaných úderů srdce člověka každý den
- 500 nezdařených operací za týden, atd.

Teď už je zřetelné, že zákazník požaduje nulovou chybovost. Ale jak již bylo řečeno na začátku, vznik vad je přirozený proces, kterému se nelze vyhnout. Proto je běžně v automobilovém průmyslu stanoveno, že výroba na 10 ppm (10 zmetků z 1 milionu kusů), je pro zákazníka přijatelná. K tomu, jak takové hodnoty dosáhnout, jsou mimo jiné použity principy popsané v této práci.

2 Životní cyklus produktu (1) (2) (3) (4)

2.1 Obecné rozdělení fází

Zjednodušeně lze říci, že jakýkoliv produkt či služba na trhu prochází v průběhu času těmito fázemi:

- Vývoj
- Výroba
- Doba používání (provozu)
- Likvidace

Vyjmenované etapy se však rozdělují ještě do několika dalších kroků. V rámci vývoje se produkt (výrobek) plánuje a konstruuje (přeměna požadavků na výkresovou dokumentaci včetně výpočtů), k výrobě se zahrnuje technologická a organizační příprava výroby (tvorba postupů a průvodek), dále pak testování a montáž. Následuje distribuce společně s instalací a dobou používání, ke které se řadí údržby a opravy. Poslední část života produktu je likvidace, jejíž důležitou částí je recyklace. Koloběh je završen průzkumem trhu, inovací či vznikem nového výrobku.

Obrázek 1 - Životní cyklus produktu (1)

Nejpřesněji lze životní cyklus produktu shrnout do následujících 7 fází (kdy každá fáze je chápána jako samostatný transformační proces[1]):

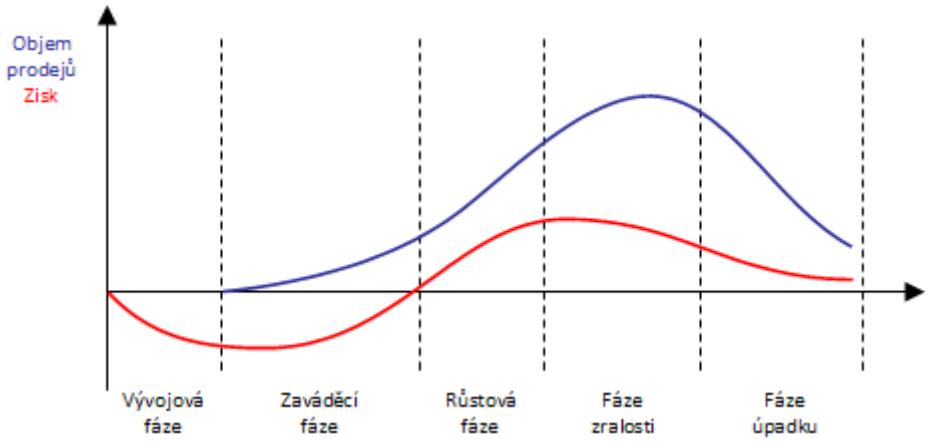
1. Plánování vzniku
2. Konstruování
3. Technologická a organizační příprava výroby a dalších životních etap
4. Výroba (+kontrola kvality, testování, montáž)
5. Distribuování (+balení, skladování, instalace)
6. Provozování (+údržba, servis)
7. Likvidace (+demontáž, separace, recyklace)

[1] Transformační proces zajišťuje přeměnu vstupů na výstupy za pomoci člověka a systému (technického, informačního, manažerského).

2.2 Rozdělení fází podle ekonomického hlediska

Na životní cyklus produktu je zajímavé pohlížet i z hlediska ekonomického (popis stejného, ale s ohledem na vložené a získané finance a objem prodeje). V takovém případě se životní cyklus dělí do těchto charakteristických fází:

- Vývojová fáze – náklady neustále rostou, objem prodeje nulový
- Zaváděcí fáze – uvedení produktu na trh, pozvolný nárůst prodeje a tržeb
- Růstová fáze – od bodu zvratu[2], rychlý růst prodeje
- Fáze zralosti – konkurence trhu, prodej roste, tržby se snižují (cena výrobku snížena kvůli konkurenci)
- Fáze úpadku – prodej rapidně klesá spolu s ním i tržby, nejzazší termín pro inovaci produktu



Obrázek 2 - Životní cyklus výrobku - ekonomický pohled (3)

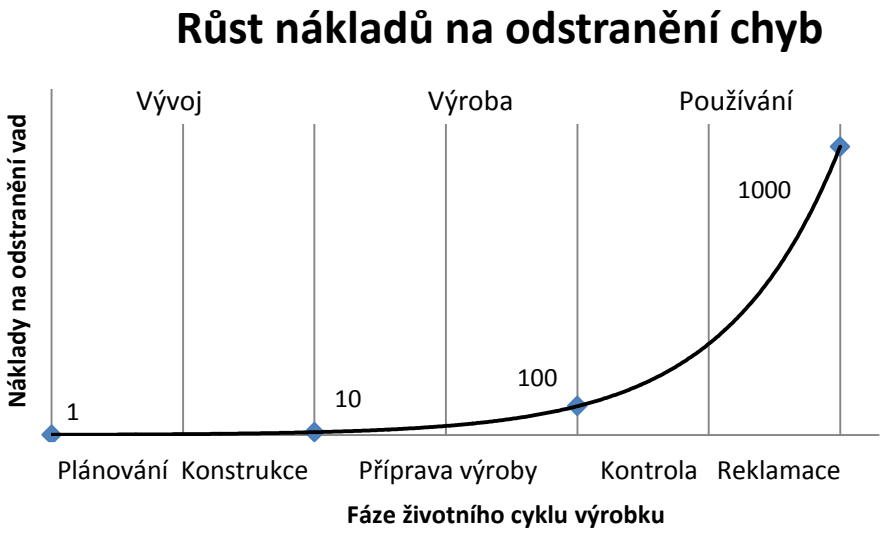
Na trhu se však vyskytují i produkty, u nichž neproběhnou všechny vyjmenované fáze – typickým příkladem je tzv. nestárnoucí produkt (chybí fáze úpadku) nebo naopak produkt, u něhož dojde k předčasné fázi úpadku (chybí fáze zralosti, případně i růstová fáze).

Zvyšováním výnosů a optimalizací výroby produktu se zabývají podnikové procesy PLM a ERP (Řízení životního cyklu výrobku a Plánování podnikových zdrojů), tato problematika však překračuje potřeby této bakalářské práce.

[2] Bod zvratu = objem výroby (produkce), při kterém dojde k vyrovnání tržeb a nákladů = zisk je nulový

2.3 Vznik a odstranění vad v průběhu životního cyklu

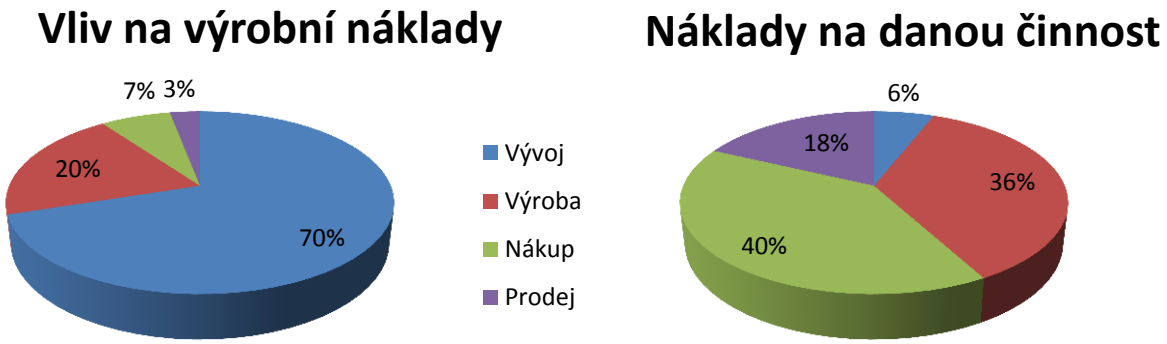
Většina vad výrobku (asi 75%) vzniká již ve vývojové fázi. Oproti tomu k odstraňování vad dochází převážně až ve výrobě (80% vad). Přitom s časem geometricky rostou náklady spojené s odstraněním chyb.



Obrázek 3 - Růst nákladů na odstranění chyb

Proto je důležité tzv. plánování jakosti, které vede k eliminaci a včasnému zjištění vad (již při konstruování)[3]. To má za následek nejen snížení nákladů na odstraňování chyb, ale také zvýšení spokojenosti zákazníků s daným výrobkem, s čímž úzce souvisí zvýšení konkurenceschopnosti podniku.

Důležitost plánování konstrukčního procesu dokumentují i následující grafy. Je patrné, že konstrukční proces se v nákladech na výrobek vyskytuje asi v 6%, ale celkové výrobní náklady dokáže ovlivnit až z 70% (nejen eliminací chyb).



Obrázek 4 - Grafické zobrazení vlivu fází na náklady

[3] Plánování jakosti se nepoužívá pouze při vývoji produktu, ale i pro ostatní fáze životního cyklu (to však nespadá do tématu práce)

3 Harmonizované normy (5) (6)

Tzv. Harmonizované technické normy pro strojní zařízení představují souhrn informací a návodů, umožňujících navrhování strojních zařízení, u nichž je předpoklad bezpečnosti v průběhu používání. Vycházejí z technické legislativy (Technické normy – Mezinárodní, Evropské, České; Evropské směrnice a Nařízení vlády). Jedná se o kvalifikovaná doporučení, není tedy ze zákona povinné se jimi řídit. Povinnost nastává ve chvíli, kdy jsou na normy odkázány právní požadavky státu, požadavky zákazníka, pokyny nadřízeného či rozhodnutí správního orgánu.

Struktura:

a. Harmonizované technické normy typu A = základní bezpečnostní normy
   - Aplikovatelné na všechna strojní zařízení
b. Harmonizované technické normy typu B = skupinové bezpečnostní normy
   - Harmonizované technické normy typu B1 - zabývají se jedním bezpečnostním hlediskem
   - Harmonizované technické normy typu B2 – zabývají se jedním typem bezpečnostního zařízení
c. Harmonizované technické normy typu C – představují detailní bezpečnostní požadavky

3.1 Postupné kroky pro konstruování a výrobu

3.1.1 Zjištění závazných požadavků

Konstruktér je povinen vyhledat příslušné směrnice a normy zabývající se navrhovaným produktem, za účelem definovaní požadavků na výrobek. Zjištěné požadavky je nutné zavést do specifikace produktu.

3.1.2 Ověření specifikace

Dále je potřeba, aby se konstruktér přesvědčil, že specifikace produktu není v rozporu s vyhledanými normami.

3.1.3 Zjištění, zda je nutné nezávislé hodnocení shody notifikovaným orgánem

U některých produktů je zapotřebí Prohlášení o shodě specifikace s legislativou provedené autorizovanou třetí stranou – notifikovaným orgánem. Produkty se podle tohoto kritéria dělí na regulované a neregulované.

3.1.4 Přezkoušení produktu a ověření jeho shody

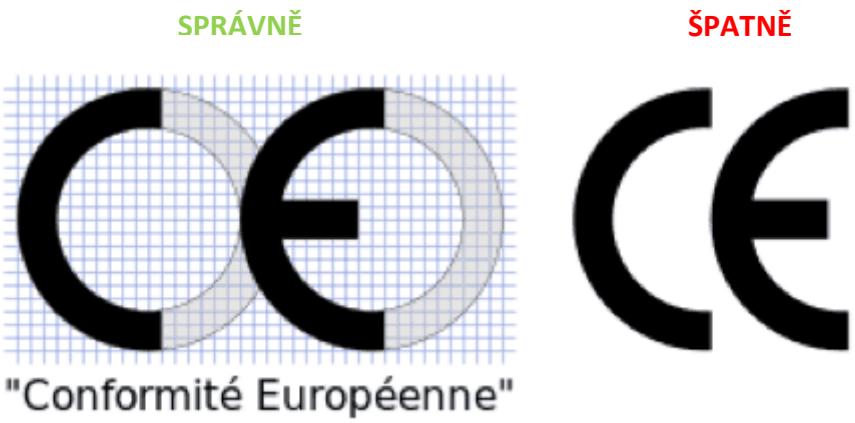
Jedná se o management rizika. Výrobce je odpovědný za přezkoušení produktu, čehož se dosahuje pomocí analýzy rizik.

3.1.5 Technická dokumentace

Výrobce je povinen vyhledat legislativu zabývající se rozsahem technické dokumentace pro daný výrobek. V požadovaném objemu je poté zodpovědný za její vypracování a za evidenci dokumentů souvisejících s provedením analýzy rizik. To vše slouží jako podklad pro Prohlášení o shodě, který může být spolu s technickou dokumentací vyžádán k přezkoumání národním orgánem. Poslední součástí musí být sepsání návodu k obsluze.

3.1.6 Označení CE

S ohledem na Prohlášení o shodě se vybraným produktům uděluje tzv. CE znak. CE musí být na výrobku vyobrazeno viditelně, čitelně a nesmazatelně.



Obrázek 5 - CE znak - správně a špatně (6)

3.2 Posouzení rizika

Rizikem se podle ISO GUIDE 73:2009 chápe „účinek nejistoty na dosažení cílů“. V normě ISO GUIDE 73:2002 se definovalo jako „kombinace pravděpodobnosti a jejích následků“. Vznik rizika je způsoben odchylkami od předpokládaného výsledku.

Je důležité odhadnout případné nebezpečí a dokázat stanovit předpokládané riziko. V případě vysokého výsledku je zapotřebí jej snížit. Tím vším se zabývá tzv. „Risk management“, resp. Analýza rizik. Na její provedení již bylo odkázáno v kroku 4 postupu konstruování. Analyzovat je možné v téměř každé fázi životního cyklu. Převážně k posuzování rizika strojního zařízení dochází při konstruování, po výrobě a po nějaké době v provozu. Nejvyššího efektu za nejmenší náklady se dosahuje analýzou rizik v oblasti konstrukce. Prováděna by měla být osobou odporně způsobilou pro prevenci rizik, další krok (snížení rizika) je především úkolem konstruktéra.

4 Analýza rizik (1) (7) (8)

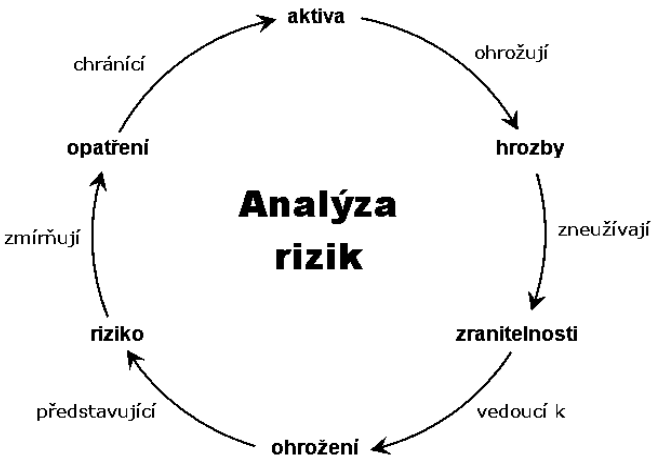
Analýza rizik je proces, který je prováděn za účelem snížení rizika spojeného s výskytem chyby, neboli se jedná o (preventivní) techniky, které vedou k eliminaci existujících a odhalující potenciální faktory vedoucí k vadě.

Vady se dělí na 3 základní typy:

- Kritické – nebezpečné pro zdraví (v jakékoliv fázi životního cyklu) či pro majetek uživatele
- Podstatné – výrobek je nepoužitelný vzhledem k svému účelu (= ztráta funkce výrobku)
- Nepodstatné – vady, které nebrání užívání výrobku (-> zachována funkce)

Graficky lze management rizika přehledně popsat následujícím obrázkem, kde:

- Aktiva – věc přinášející hodnotu (např. výrobek, majetek,…)
- Hrozba – událost, která by mohla snížit hodnotu výrobku (= míra nebezpečí)
- Zranitelnost – slabina (vlastnost) aktiva
- Riziko – pravděpodobnost, že hrozba zneužije zranitelnosti (událost postihne slabinu) – neexistuje nulové riziko
- Opatření – snižuje zranitelnost a chrání aktiva před hrozbami



Obrázek 6 - Analýza rizik (7)

Konkrétně analýza rizik zahrnuje:

- Nástroje pro plánování jakosti – fáze konstruování (podrobně v dalších kapitolách)
- Nástroje pro řízení jakosti – fáze výroby
- Nástroje pro zlepšování jakosti – fáze plánování vzniku

} není předmětem práce

Protože analýza rizik bezprostředně ovlivňuje práci konstruktéra, zohledňuje dodržení specifikace požadavků (umožňuje efektivně zvyšovat kvalitu), klade důraz na bezpečnost, atd., je zapotřebí věnovat jí pozornost (nejen) konstruktérů.

Nástroje pro plánování jakosti:

5 Metoda FMEA (Analýza možností vzniku vad a jejich následků) (9) (10)

Jedná se o účinnou metodu analýzy rizik, se kterou je možné odhalit až 90% potenciálních neshod. Je založena na spolupráci týmu mezioborových členů a na induktivním přístupu[4] pojetí problematiky. Poprvé byla použita při projektu Apollo – v šedesátých letech použita v kosmickém výzkumu NASA a také v jaderné energetice. Největší rozvoj zaznamenala v automobilovém průmyslu - v Evropě se začala uplatňovat už v roce 1977 u firmy Ford. Dnes jde o jednu z nejpoužívanějších metod pro analýzu rizik.

V angličtině „Failure Mode and Effect Analysis“, obvykle se však používá pouze zkratka metody – FMEA, která se v češtině neskloňuje. Pokud by se zkratka měla přeložit, tak nejčastěji jako „Analýza možností vzniku vad a jejich následků“. Mezi méně používané překlady lze řadit: „Analýza projevů a důsledků vad“; „Analýza možných vad a jejích příčin“; „Analýza druhů a důsledků poruch“; „Analýza způsobů poruch a jejich účinků“; apod. Všechny názvy znamenají totéž a je patrné, že se od sebe příliš neliší.

Jelikož se jedná o téměř celosvětově používanou metodu analýzy rizik, je zapotřebí, aby byla standardizována určitá pravidla pro tvoření FMEA analýzy. To je nutné i z důvodu, že pro zákazníka je FMEA určitou zárukou, že firma myslela na rizika spojená s daným produktem a snažila se je maximálně eliminovat. Nastává však drobný rozpor mezi označením v praxi a v normě. Mezinárodní norma totiž kromě metody FMEA (dle normy: analýza způsobů a důsledků poruch) zaznamenává ještě rozšířenou verzi metody – tzv. FMECA (dle normy: analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch). Ta se navíc, na rozdíl od normované FMEA, zabývá hodnocením rizika vzniklých vad, které byly vyvolány určitou příčinou. V automobilovém průmyslu se však běžně zaměňuje označení metod, a tak se pojem FMEA používá i pro metodu zaměřující se na hodnocení kritičnosti vad. V automobilové praxi se tedy FMEA definuje asi takto: „Týmová analýza možností vzniku vad u posuzovaného návrhu s ohodnocení jejich rizika a návrhem a realizací opatření vedoucích ke zlepšování kvality návrhu“.

5.1.1 Vlastnosti FMEA

Lze vyjmenovat řadu důvodů, proč je metoda FMEA používaná. Zde jsou uvedeny ty nejzásadnější:

- přináší systémový přístup k prevenci nekvality
- podporuje objektivní hodnocení návrhu (včetně funkčních požadavků a koncepčních variant)
- snižuje ztráty vzniklé nekvalitou
- vytváří hodnocení prvotního návrhu pro výrobu, montáž, servis a likvidaci (neboli pro další fáze životního cyklu)

[4] Induktivní metoda – postup myšlení od konkrétního k obecnému („zdola nahoru“)

- včasně informuje o případných vadách a tak zrychluje proces vývoje
- vysoce zvyšuje pravděpodobnost odhalení vady před výrobou, nebo dokonce před dostáním k zákazníkovi
- optimalizuje návrh a eliminuje potřebu provádění změn až ve fázi výroby
- vytváří prioritní systém návrhu a vylepšení díky potenciálním následkům vad (=> pomáhá stanovit kritické vlastnosti)
- hodnotí kritičnost jednotlivých rizik vad a tak stanovuje nejdůležitější opatření k zamezení chyb
- využívá znalosti širokého spektra odborníků
- zaměřuje se na konstrukční nedostatky
- vytváří informační základnu výrobku
- vede k neustálému zlepšování; podporuje konkurenceschopnost
- zvyšuje spokojenost zákazníka
- je součástí procesu kontroly ve fázi návrhu výrobku

FMEA je metoda, která při nízkých nákladech dokáže předcházet vysokému počtu případných neshod, zvyšuje spolehlivost výrobku a tak spokojenost zákazníka s výrobkem, neboli zároveň s podnikem.

5.1.2 Složení FMEA týmu

Velmi důležitým efektem FMEA analýzy je přenesení odpovědnosti za výrobek na celé spektrum odborníků, kteří se FMEA procesu bezprostředně účastní. Do FMEA týmu by měli být přizváni pracovníci:

- Vývoje
- Konstrukce
- Technologie
- Výroby
- Servisu
- Ekonomického sektoru
- Marketingu, apod.

Vedení takto složeného týmu se ujímá zkušený moderátor, který proces FMEA posouvá k dosažení optimálních výsledků. Moderátorem by měl být člověk, který má s metodou FMEA značné zkušenosti a který má zároveň dostatečné informace a vzdělání z dané problematiky. Obvykle to znamená, že každá firma aplikující metodu FMEA má zvoleného moderátora, který řídí veškeré FMEA setkání daného podniku.

5.2 Dělení FMEA

Podle různých kritérií lze vyčlenit několik druhů metody:

1. Konstrukční FMEA (FMEA návrhu výrobku; Designová FMEA)
2. Procesní FMEA
3. Systémová FMEA; Podsystémová FMEA, Součástková FMEA
4. Ostatní (FMEA přípravků; Reklamační FMEA; FMEA konceptu)

Pro všechny metody platí: používají se převážně při vývoji nového výrobku nebo při inovaci výrobku stávajícího; důležité je začít včas, aby se zbytečně nezvyšovaly náklady a časové prostoje spojené s pozdní aplikací FMEA; složení týmu zabývajícího se FMEA analýzou je pro všechny typy podobné, liší se pouze v tom, který pracovník předkládá podklady potřebné pro zahájení analýzy. Podrobnější seznámení s jednotlivými druhy bude provedeno později.

5.3 Postup metodiky FMEA

Pro konstrukční a procesní FMEA je totožný i průběh, který se skládá ze tří fází. Nejprve je nutno zhodnotit dosavadní stav, poté se navrhují vhodná opatření a nakonec se vyhodnotí stav po realizaci navržených opatření. Jinak lze postup shrnout například takto:

1. Analýza rizik
2. Hodnocení rizik
3. Minimalizace rizik

Všechny fáze se postupně zaznamenávají do FMEA formuláře, který si každý podnik vytváří podle svých individuálních potřeb (obvykle se však firmy řídí metodikou VDA - Volkswagen nebo IAIG - Ford). V podstatě se ale jednotlivé formuláře od sebe příliš neliší.

5.3.1 Analýza rizik (1. fáze)

Odpovědným pracovníkem, který zbylým členům týmu předkládá potřebné podklady, informace o funkci, požadavky zákazníka a základní charakteristiku výrobku, je konstruktér či technolog vývojového týmu. Jeho prvním úkolem je podrobné seznámení ostatních členů týmu s návrhem (výrobku nebo procesu). Společně se poté sepíše seznam možných vad současného návrhu výrobku, které by teoreticky v průběhu životnosti výrobku mohly nastat (řadí se sem i vady velmi málo pravděpodobné; vznikající jen za nevhodných podmínek; apod.). Ke každé možné vadě se poté hledají všechny potenciální následky[5], které by konkrétní vada mohla způsobit. Obecně lze říci, že následkem může být: ztráta funkce; částečná funkce; vlivem času ztracená funkce (degradovaná) a nečekaná funkce (do této skupiny často spadá např. hluk). V dalším kroku je nutné zanalyzovat veškeré potenciální příčiny, kvůli kterým vada mohla vzniknout nebo které mohly její vznik podnítit. Je patrné, že jedna vada může způsobit několik následků, stejně tak jednu vadu může vyvolat několik příčin. Příčiny musí být zaznamenány co nejpřesněji, aby bylo možné zvolit nejvhodnější opatření k eliminaci vad. Dále se obvykle zapisují způsoby kontroly, neboli aktuálně prováděná opatření, (např. laboratorní testy, modelování, zkoušky prototypu). Mezi aktuální opatření se mohou řadit i opatření na výkrese, například zaoblení či zkosení pro odstranění otřepů. Jedná se tedy o opatření predikující i detekující chyby.

S ohledem na časovou náročnost se tým často uchyluje k vyhledávání možných vad, důsledků (neboli následků) a příčin ve speciálních katalozích. Tyto podpůrné materiály jsou velmi praktické, nenahrazují však brainstorming mezioborového týmu a nelze jimi tudíž nahradit princip metody.

[5] následky vady = působení vady na zákazníka (= vlivem čeho si zákazník vady všimne)

5.3.2 Hodnocení rizik (2. fáze)

Každou vadu je nutno náležitě zhodnotit, a to s ohledem na její význam (podle závažnosti vady), očekávaný výskyt (podle odhadu na základě zkušeností nebo na základě výrobních dat) a její odhalitelnost (podle pravděpodobnosti zjištění vady). Hodnotí se pomocí kategorií, které jasně definují kolik „bodů“ má být vadě přiřazeno. Kategorie si mohou firmy navrhovat dle vlastních potřeb (opět velmi často podle VDA nebo IAIG), musejí však zachovat princip pravidel hodnocení. Bodové rozmezí je 1 – 10, kdy 10 bodů znamená nejhorší výsledek. Pokud se k jedné vadě vztahuje několik důsledků, hodnotí se podle důsledku s nejvyšším bodovým ohodnocením. V případě hodnocení výskytu se vychází především ze zkušeností s podobnými výrobky, protože se jedná o pravděpodobnost, že se daná vada u výrobku vyskytne. Ohledně odhalitelnosti se body přiřazují následujícím způsobem: pokud je vada stávajícími kontrolními postupy snadno zjistitelná, hodnotí se nízkým počtem bodů, pokud je téměř nezjistitelná, tak je vysoce bodově ohodnocena. Níže jsou uvedeny bodové kategorie, podle nichž hodnotí firma Ford.

Účinek	Závažnost	Hodnocení
Nebezpečný bez varování	Velmi vysoký stupeň závažnosti. Režim selhání bez varování ovlivňuje bezpečnost vozidla a / nebo nevyhovuje normám.	10
Nebezpečný s varováním	Velmi vysoký stupeň závažnosti. Režim selhání s varováním ovlivňuje bezpečnost vozidla a / nebo nevyhovuje normám.	9
Velmi vysoký	Vozidlo je nefunkční. Ztráta primární funkce.	8
Vysoký	Vozidlo je pojízdné, ale se sníženou úrovní výkonu. Zákazník je velmi nespokojený.	7
Střední	Vozidlo je funkční, ale komfort je minimální. Zákazník nespokojen.	6
Nízký	Vozidlo je funkční, ale komfort je má sníženou úroveň. Zákazník je poněkud nespokojený.	5
Velmi nízký	Ozdobné nebo tlumící vady. Ve vozidle to chrastí. Vadu zaznamená většina zákazníků. (75%)	4
Drobný	Ozdobné nebo tlumící vady. Ve vozidle to chrastí. Vadu zaznamená polovina zákazníků.	3
Velmi drobný	Ozdobné nebo tlumící vady. Ve vozidle to chrastí. Vadu zaznamená menšina zákazníků. (25%)	2
Žádný	Žádný zřetelný účinek.	1

Tabulka 1 - Hodnocení významu (Ford)

Detekce	Pravděpodobnost odhalení	Hodnocení
Absolutně nejistá	Kontrola návrhu nebude a/nebo nebude detekovat potenciální chyby. Nebo neexistuje žádná konstrukční kontrola.	10
Velmi vzdálená	Velmi vzdálená šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	9

Vzdálená	Vzdálená šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	8
Velmi nízká	Velmi nízká šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	7
Nízká	Nízká šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	6
Mírná	Velmi vzdálená šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	5
Mírně vysoká	Velmi vzdálená šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	4
Vysoká	Vysoká šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	3
Velmi vysoká	Velmi vysoká šance, že navržená kontrola bude detekovat potenciální chyby.	2
Téměř jistá	Navržená kontrola bude téměř jistě detekovat potenciální chyby.	1

Tabulka 2 - Hodnocení odhalitelnosti (Ford)

Pravděpodobnost	Výskyt	Hodnocení
Velmi vysoká: Trvalá selhání	> 100 z 1000 vozidel/položek	10
	50 z 1000	9
Vysoká: Častá selhání	20 z 1000	8
	10 z 1000	7
Střední: Občasná selhání	5 z 1000	6
	2 z 1000	5
	1 z 1000	4
Nízká: Relativně málo selhání	0,5 z 1000	3
	0,1 z 1000	2
Vzdálená: Selhání je nepravděpodobné	< 0,01 z 1000	1

Tabulka 3 - Hodnocení výskytu (Ford)

Po provedení obodování významu, výskytu a odhalitelnosti následuje výpočet integrovaného kritéria – tzv. rizikového čísla („Risk Priority Number“). Ačkoliv podle uvedeného překladu by se očekávalo, že používaná zkratka pro rizikové číslo bude RPN, tak mnohem častěji se používá označení RPZ, což má původ v němčině. RPZ se určí dle vztahu:

$$Rizikové\ číslo = Význam \times Výskyt \times Odhalitelnost$$

Výsledná hodnota rizikového čísla slouží ke stanovení pořadí důležitosti jednotlivých možných vad. S ohledem na bodovací spektrum od 1 do 10 může rizikové číslo nabývat hodnot 1 až 1 000. Dalším krokem hodnocení rizik je rozčlenění vad, které je nutné řešit a které je možno opominout. V praxi se často používá mezní hodnota rizikového čísla těchto skupin 125 (což lze získat průměrným hodnocením všech složek - $5 \times 5 \times 5$). Mezní hodnota ale záleží primárně na firmě. Neznamená to však, že všechny vady s hodnocením nižším než 125 lze ignorovat. Jsou totiž kombinace hodnocení, které ačkoliv rizikové číslo dají nízké, tak je opominout nelze. Více je vidět v následující tabulce:

Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPZ	Charakteristika	Potřebná opatření
1	1	1	1	Ideální, cílový stav	Ne
1	1	10	10	Bezpečně řízený proces	Ne
10	1	1	10	Vážná vada, ale nedostane se k zákazníkovi	Ano[6]
1	10	1	10	Častá, snadno odhalitelná vada, která ale stojí peníze	Ano
10	1	10	100	Vada se může dostat k zákazníkovi	Ano
1	10	10	100	Častá vada, která se může dostat k zákazníkovi (ekonomicky náročné)	Ano
10	10	1	100	Častá vada velkého významu	Ano
10	10	10	1000	„Tady není nic v pořádku!“	Ano

Tabulka 4 - Rizika možných vad a potřeba opatření (9)

5.3.3 Minimalizace rizika (3. fáze)

U vyčleněných vad, které mají příliš vysoké rizikové číslo nebo je nelze opominout, je nutné snížit riziko těchto vad. Mezi vady, jež nelze opominout se řadí:

- vady přímo ovlivňující bezpečnost
- vady, které nejsou v souladu s právními předpisy (normy a zákony)
- vady finančně zatěžující (viz výše uvedená tabulka)

Vady přímo ovlivňující bezpečnost – význam vady 9 až 10 – se obvykle označují ve formuláři ve speciálním sloupci Třída (Kritičnost) znaky YC (popř. CC). Vady považovány za významné (obvykle zákazníkem) – význam hodnocen 5 až 8 – se značí YS (popř. CS[7]). Tyto dvě skupiny nikdy nelze zanedbat.

Nejčastěji je snaha o eliminaci výskytu vady, neboli o odstranění příčiny vady. Jinou možností je pokusit se snížit význam vady (většinou však není možné) nebo zvýšit její odhalitelnost. Ke každé vadě/příčině je možno navrhnout několik nápravných opatření. Mezi nejefektivnější patří:

- změna návrhu výrobku (použitý materiál, zvýšení tuhosti v kritickém místě, povrchové úpravy, přidání bezpečnostních prvků,…) => snížení výskytu vady
- změna kontrolních postupů => zvýšení odhalitelnosti (= snížení jejího hodnocení)

[6]Jednoslovnou odpovědí je ano, ale je nutné k tomu přidat ještě dovětek: v takovémto případě (význam 10, výskyt 1, odhalitelnost 1) je sice nutné doporučit určité opatření (obvykle přezkoumání znaku apod.), ale je velká pravděpodobnost, že se hodnocení potvrdí (zůstane tedy hodnocení 10, 1, 1) a pak již není nutné přidávat a provádět nápravná opatření. Je tomu tak proto, že význam vady často nelze snížit, a výskyt a odhalitelnost již mají minimální hodnocení.

[7] Symboly YS a YC jsou obvykle používány v případě konstrukční FMEA, zatímco znaky CS a CC jsou používány především v procesní FMEA (z toho pramení v praxi využívané označení strojů (CC), na nichž se vyrábějí díly, které by mohly ohrozit bezpečnost – na takové stroje jsou kladeny vyšší požadavky na seřízení apod.)

První velká etapa FMEA analýzy končí předáním návrhů odpovědnému vedoucímu ke schválení. Vedoucí je také povinen přiřadit odpovědnost vybraných pracovníků k jednotlivým návrhům a stanovit mezní termíny naplnění.

5.3.3.1 Hodnocení po provedení navržených opatření

Po vypršení mezních termínů stanovených pro realizaci doporučených opatření je nutné opětovně svolat FMEA tým, ideálně ve stejném složení jako původně. Poté se zaznamenají do formuláře skutečně provedená opatření vedoucí k eliminaci vad a opětovně se hodnotí rizikovost potenciálních vad podle nového hodnocení významu, výskytu a odhalitelnosti. Je potřeba, aby bodování vycházelo ze stejných kategorií (tabulek), jaké byly použity při prvním FMEA zasedání. Opětovně se určí rizikové číslo (RPZ), kdy změna (ideálně snížení) umožňuje ohodnocení účinnosti navržených opatření. Pokud se současnými opatřeními stále vada nedostane pod danou mez, je nutné navrhnout ještě další nápravná opatření. V takovém případě se za určitý čas musí tým FMEA sejít ještě znovu.

Dokument FMEA se doplňuje po celou dobu životního cyklu výrobku – není nikdy uzavřen.

5.4 Druhy FMEA

5.4.1 Konstrukční FMEA (FMEA návrhu výrobku)

Cílem tohoto oboru FMEA je odhalit co nejvíce potenciálních nedostatků konstrukčního návrhu již ve fázi vývoje, aby jejich odstranění bylo co nejméně nákladné. Především se analyzují nové díly a jejich změny (materiálu, pracovních podmínek, požadavků od zákazníka, ke zvýšení ekologičnosti a bezpečnosti,…), dále výrobky, u nichž se zaznamenal nedostatek, či problematické díly.

Odpovědným pracovníkem je konstruktér, který stojí za návrhem daného výrobku. Jeho prvním úkolem je podrobný popis vlastností výrobku, aby FMEA tým byl důkladně seznámen s předmětem návrhu.

Předkládané podklady:

- Výkres výrobku
- 3D data výrobku
- Kusovník

} Výkresová dokumentace

Doplňující podklady (jsou-li):

- Výsledky zkoušek
- Návrh procesu
- Výrobní layout (rozmístění strojů)

5.4.1.1 Formulář konstrukční FMEA

Uvedený formulář je ilustrační. Slouží pouze k teoretické představě, jak se FMEA vyplňuje a jakým způsobem se v ní uvažuje. Jedná se o vlastní ukázku (inspirovanou formulářem společnosti WITTE Automotive), která by do praxe nebyla dostačující – je tedy nedodělaná a velmi zjednodušená. Zároveň je zanedbána úvodní hlavička dokumentu, kde se jinak obvykle vyskytují tato data:

- informace o součásti (číslo výkresu, název),
- jméno konstruktéra,
- datum zpracování,
- číslo dokumentu,
- jmenný seznam členů týmu FMEA,
- datum revidování.

Ukázka je aplikována na problematiku upínacího popruhu (nebo také pružného upínače), často nazývaného gumicuk, popř. upínací pavouk.

	FMEA NÁVRHU VÝROBKU	
Systém:		FMEA:
Subsystém:	Zodpovědnost za návrh:	Strana:
Součást:	Datum:	Zpracoval/a:
Model:		Datum provedení FMEA:
		(původní):
		(revidovaná):
Základní tým:		

Obrázek 7 - Ukázka hlavičky FMEA formuláře

Konstrukční FMEA pružného upínače (bez detailů typu číslo dokumentu, testu apod.)

Číslo	Funkce	Potenciální chyba	Potenciální následek	Třída	Příčina	Aktuální opatření	Význam - B	Výskyt - A	Odhalitelnost - E	RPZ	Doporučená opatření	Odpovědná osoba + Termín	Přijatá opatření	Význam - B	Výskyt - A	Odhalitelnost - E	RPZ	Stav
1	Zajištění nákladu proti jeho samovolnému pohybu vůči síle: x: 500 N y: 500 N z: 500 N	Upínání nevydrží požadovanou předepínací sílu	Přetržení pružné části - zranění obsluhy	YC	Špatná volba materiálu pružné části (10)	FEM analýza Pevnostní test	10	3	2	60	Zvolit materiál s vyšší pevností	Matěj Bek 1. 2. 2017	Změna materiálu	10	2	2	40	100%
					Špatný návrh průřezu (10)	FEM analýza Pevnostní test	10	1	2	20	Překontrolovat FEM analýzu	Matěj Bek 1. 2. 2017	Kontrola OK	10	1	2	20	100%
			Ztráta pružnosti – trvalá deformace	-	Špatná volba materiálu pružné části (7)	FEM analýza Únavový test	7	3	3	63	-	-	-	-	-	-	-	-
			Prasknutí háku - zranění obsluhy	YC	Špatná volba materiálu háku (10)	FEM analýza Pevnostní test	10	2	4	80	Vstupní kontrola polotovaru	Matěj Bek 1. 2. 2017	Kontrola polotovaru	10	2	3	60	100%
					Špatný návrh průřezu (10)	FEM analýza Pevnostní test	10	1	1	10	Přezkoumání znaku	Matěj Bek 1. 2. 2017	OK	10	1	1	10	100%

			Vytržení pružné části z háku - zranění obsluhy	YC	Špatné upevnění pružné části a háku (10)	Tvarový styk	10	4	7	280	Spoj tvarem a lepidlem	Matěj Bek 1. 2. 2017	Přidáno lepidlo	10	2	4	80	100%
						Test životnosti					Pevnostní test		Zaveden test					
			Vytažení pružné části – nezajištění směru x	-	Špatná volba materiálu pružné části (6)	FEM analýza	6	1	6	36	-	-	-	-	-	-	-	-
						Test životnosti												
		Upínač nevydrží v místě uchycení	Vyklouznutí z místa uchycení - zranění obsluhy	YC	Špatný návrh tvaru háku (9)	Simulace transportu	10	3	1	27	Předepsání tolerance úhlu háku	Matěj Bek 1. 2. 2017	Předepsání tolerance ±5°	10	1	1	10	100%
						Transportní zkouška												
			Znehodnocení předmětu, za který je hák uchycen	-	Špatná volba povrchu háku (5)	Simulace transportu	5	5	6	150	Obstřik háku	Matěj Bek 1. 2. 2017	Plastový obstřik konce háku	5	2	6	60	100%
						Zkouška uchycení předepnutého upínače					Návrh na vylepšení prostor k uchycení							

Tabulka 5 - Vlastní ukázka konstrukční FMEA

5.4.2 Procesní FMEA

Navazuje na konstrukční FMEA. Aplikuje se pro nové výrobky (nově vytvořené technologické postupy) nebo pro výrobky se změněným technologickým postupem. Odpovědným pracovníkem týmu je technik kvality (technolog) nikoliv konstruktér. Jeden z mála dalších rozdílů oproti konstrukční FMEA je ten, že možné příčiny vad se nehledají u návrhu výrobku, ale v navrhovaném technologickém postupu.

Příklad typických vad:

- Otřepy
- Deformováno
- Poškozeno
- Ohřátí neproběhlo rovnoměrně
- Vynechaný / nekvalitní svar
- Vysoká drsnost povrchu
- Nesmontováno

Příklad typických potenciálních následků:

- Vibrace
- Ohrožení bezpečnosti
- Designové nedostatky
- Složitá montáž
- Snížení pevnosti
- Materiál se láme

Příklad typických potenciálních příčin:

- Neodborná montáž
- Příliš vysoké otáčky
- Příliš vysoká teplota ohřevu
- Nevhodný způsob svařování
- Nedostatečné očištění povrchu
- Zvolen nevhodný nástroj
- Chybné měření

Atypické může být i hodnocení významu vady. Při FMEA procesu se totiž mohou vyčleňovat 2 skupiny účinků vad – na zákazníka a na vliv při montáži či výrobě. Primárně se hledí na účinky způsobené zákazníkovi (tyto kritéria jsou shodná s dříve uvedenými). Pokud by však účinky na montáž/výrobu měly vyšší hodnocení než účinky na zákazníka, mělo by se hodnotit podle nich. Znamená to tedy, že by se vždy mělo hodnotit podle účinku s vyšším bodovým hodnocením.

Účinek	na zákazníka	na montáž/výrobu	Hodnocení
Nebezpečný bez varování	Velmi vysoký stupeň závažnosti. Režim selhání bez varování ovlivňuje bezpečnost vozidla a / nebo nevyhovuje normám.	Nebo může ohrozit obsluhu (stroje/montáže) bez varování.	10
Nebezpečný s varováním	Velmi vysoký stupeň závažnosti. Režim selhání s varováním ovlivňuje bezpečnost vozidla a / nebo nevyhovuje normám.	Nebo může ohrozit obsluhu (stroje/montáže) s varováním.	9
Velmi vysoký	Vozidlo je nefunkční. Ztráta primární funkce.	Nebo může být potřeba 100% produktů vyřadit nebo opravit, kdy čas oprav je větší než hodina.	8
Vysoký	Vozidlo je pojízdné, ale se sníženou úrovní výkonu. Zákazník je velmi nespokojený.	Nebo může být potřeba část produktů vyřadit nebo opravit, kdy čas oprav je mezi půlhodinou a hodinou.	7
Střední	Vozidlo je funkční, ale komfort je minimální. Zákazník nespokojen.	Nebo může být potřeba část produktů vyřadit bez třídění nebo opravit, kdy čas oprav je kratší než půlhodina.	6
Nízký	Vozidlo je funkční, ale komfort je má sníženou úroveň. Zákazník je poněkud nespokojený.	Nebo může být potřeba 100% produktů předělat nebo opravit mimo oddělení oprav.	5
Velmi nízký	Ozdobné nebo tlumící vady. Ve vozidle to chrastí. Vadu zaznamená většina zákazníků. (75%)	Nebo může být produkt rozdělen (bez odpadu) a část může být přepracována.	4
Drobný	Ozdobné nebo tlumící vady. Ve vozidle to chrastí. Vadu zaznamená polovina zákazníků.	Nebo může být část produktů předělána (bez odpadu) mimo oddělení oprav.	3
Velmi drobný	Ozdobné nebo tlumící vady. Ve vozidle to chrastí. Vadu zaznamená menšina zákazníků. (25%)	Nebo může být část produktů předělána (bez odpadu) v oddělení oprav.	2
Žádný	Žádný zřetelný účinek.	Nebo nepatrné potíže s provozem nebo pro provozovatele, nebo žádný účinek.	1

Tabulka 6 - Hodnocení významu pro FMEA procesu (Ford)

Předkládané podklady:

- Konstrukční FMEA
- Návrh procesu (vývojový diagram postupu)
- Výrobní layout
- Montážní list
- Kusovník
- Výkres výrobku
- 3D data výrobku

Mezi vhodná opatření ke snížení výskytu vad se řadí zavedení statické regulace a pravidelné vyhodnocování způsobilosti procesu.

5.4.3 Systémová FMEA

Jedná se o nejkomplexnější variantu metody FMEA (nejvyšší stupeň metodiky). Správně by měla být označována jako „Systémová FMEA výrobku a procesu“. Metoda je založena na hierarchii.

Metoda spočívá v systémovém přístupu, což znamená, že se výrobek či proces chápe jako systém prvků, z nichž některé jsou skladbou dalších prvků (hierarchie), u nichž se zkoumá funkce. Vada se pak chápe jako selhání funkce nejprve celého výrobku, poté jednotlivých dílů. To znamená, že analýzy jednotlivých stupňů se překrývají (vycházejí však jedna z druhé).

Jednotlivé fáze metody:

1. Rozklad systému na prvky a vytvoření struktury systému
   - Využití stromového diagramu
   - Hledání rozhraní (související prvky – například plochy styku)
2. Analýza funkcí systému
   - Vstupní funkce – od níže postavených prvků
   - Výstupní funkce – pro výše postavený prvek
   - Vnitřní funkce – funkce bez změny úrovně či rozhraní
3. Hledání vad v systému
   - Potenciální vada – vadná funkce prvku systému
   - Potenciální následek – vadná funkce výše postaveného prvku
   - Potenciální příčina – vadná funkce níže postaveného prvku
4. Hodnocení rizik
   - Hodnocení významu, výskytu a odhalitelnosti => stanovení rizikového čísla
5. Návrh opatření
   - Obvykle ke snížení výskytu vady

<table>
<tr><th>Potenciální následky vad</th><th>Potenciální vady</th><th>Potenciální příčiny vad</th></tr>
<tr><td rowspan="6">Vadná funkce systému</td><td rowspan="2">Vadná funkce PS 1</td><td>Vadná funkce PS 1.1</td></tr>
<tr><td>Vadná funkce PS 1.2</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Vadná funkce PS 2</td><td>Vadná funkce PS 1.2 (přes rozhraní)</td></tr>
<tr><td>Vadná funkce PS 2.1</td></tr>
<tr><td>Vadná funkce PS 2.2</td></tr>
<tr><td>Vadná funkce PS 2.3</td></tr>
</table>

Tabulka 7 - Struktura rozpadu vadné funkce prvku systému (9)

6 Metoda FTA (Analýza stavu poruchových stavů) (11) (9)

V originálním znění „Fault Tree Analysis“ se zabývá analýzou spolehlivosti určitého složitějšího systému, při níž dochází k logické dekompozici (rozložení) poruchy na dílčí, resp. elementární události. V závislosti na takovémto rozkladu se určí výsledná pravděpodobnost výskytu nebezpečí podle pravděpodobnosti elementárních událostí. Díky tomu je poté možno optimalizovat návrh a snížit tak riziko vzniku vad.

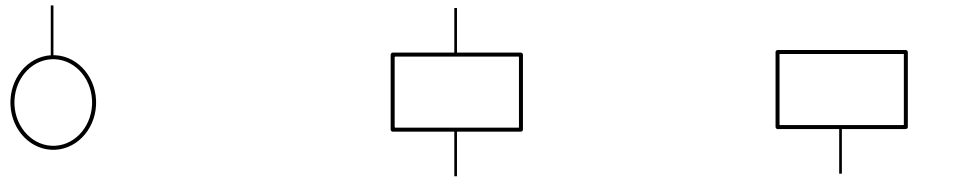
Jedná se o deduktivní metodu[8] používanou v procesu návrhu výrobku, případně při analýze již objevených vzniklých vad. První použití se datuje na počátku šedesátých let v Bellových laboratořích. Největšího rozvoje dosáhla metoda FTA v leteckém a jaderném průmyslu. Kromě názvu „Analýza stavu poruchových stavů“ se může označovat i jako „Analýza defektního selhání“.

FTA analýza vychází z grafického zobrazení rozkladu událostí. Většinou se volí kompozice, kdy vrcholová událost (nežádoucí stav) je nahoře a větvení „stromu“ poruchových stavů až k elementárním událostem směřuje svisle, tedy dolů. Zmíněným větvením jsou chápány tzv. brány (někdy také nazývány hradla nebo podle původního znění „gate“), které určují, za jakých podmínek dojde k události vystupující z hradla. Rozlišují se tím například případy, kdy stav nastane pouze za podmínky selhání všech vstupů, nebo zda stačí selhání jednoho vstupu. Správné určení typu brány je důležité kvůli vhodnému výpočtu pravděpodobnosti vzniku vady. Pro odkaz (nebo propojení) na další stromy poruch (např. subsystému) se používají grafické značky přenosu.

6.1 Typy událostí a bran

Jak již bylo zmíněno, hledá se spojitost mezi jednotlivými elementárními událostmi, která vede až k vrcholové události. V rámci typů událostí lze vymezit tyto:

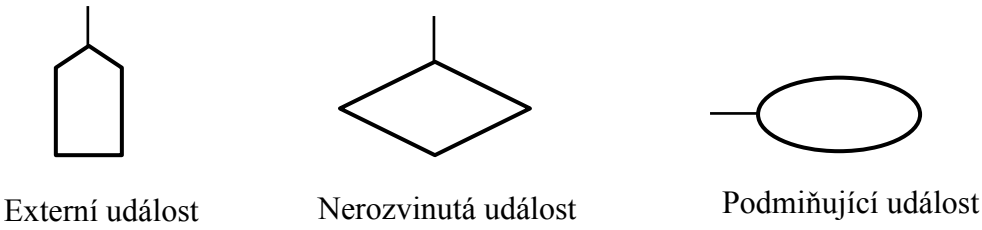
- Elementární (základní) událost – chyba či porucha součásti nebo systému, která již nelze dále rozvinout (chyba výhradně spojená se součástí nebo systémem)
- Průběžná událost – stav součásti či systému, u něhož lze dále určit, proč nastal, neboli jaké elementární události na něj měly vliv
- Vrcholová událost – předem určené nebezpečí, u něhož se stanovuje pravděpodobnost výskytu



Obrázek 8 - Grafické symboly nejčastějších událostí

[8] Deduktivní metoda – myšlení postupuje od obecného ke konkrétnímu (=„shora dolů“); vychází z axiomů (z tvrzení obecně platných)

- Externí událost – stav, který je očekáván, že se vyskytne, ale není považován za chybu
- Nerozvinutá (nevyvinutá) událost – událost, o níž nejsou získány dostatečné informace, nebo u které se neočekává žádný následek
- Podmiňující událost – podmínky, které ovlivňují brány

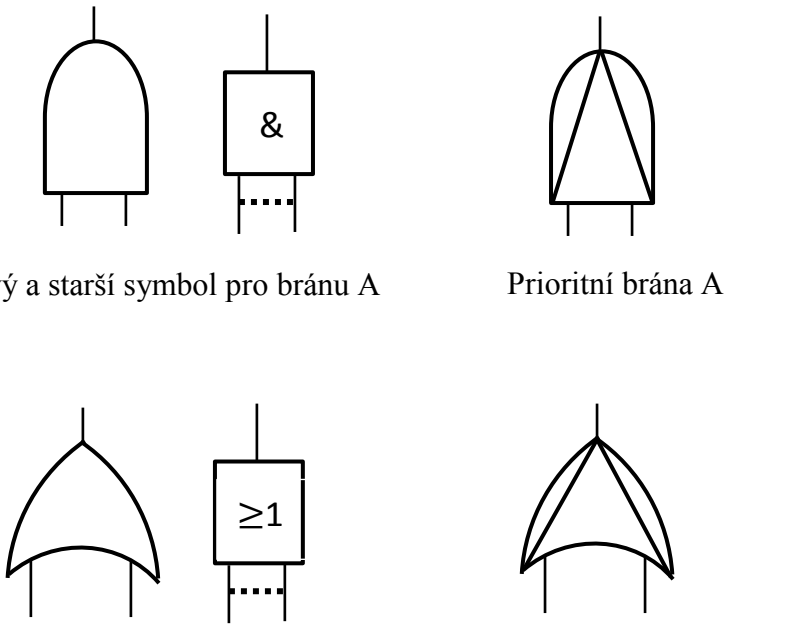


Externí událost Nerozvinutá událost Podmiňující událost

Obrázek 9 - Grafické symboly ostatních událostí

Události musejí být logicky spojeny pomocí bran, aby charakterizovaly typ propojení vstupních a výstupních událostí. Druhy bran jsou:

- Brána A (v originálním znění „AND“) – aby nastala výstupní událost, musí nastat veškeré vstupní události
- Brána NEBO („OR“) – výstupní událost nastane, pokud nastane jakýkoliv ze vstupů
- Exklusivní brána NEBO – musí nastat právě jeden ze vstupů
- Prioritní brána A – vstupy musejí podléhat určité posloupnosti (v jakém pořadí nastanou)



Nový a starší symbol pro bránu A Prioritní brána A

Nový a starší symbol pro bránu NEBO Exklusivní brána NEBO

Obrázek 10 - Grafické symboly pro brány

Poslední symbolická označení, která se pro snadnou orientaci používají, jsou tzv. přenosy. Ty slouží k označování odkazu či připojení jiného stromu poruchových stavů (například subsystému, který již byl proveden).

Přenos dovnitř („in“) Přenos ven („out“)

Obrázek 11 - Grafické symboly pro přenosy

6.1.1 Brána A – matematické vyjádření pravděpodobnosti

Brána A představuje, vyjádřeno terminologií matematiky, logický součin. V praxi to znamená, že daná výstupní událost nastane pouze za předpokladu, že nastanou veškeré vstupní události. Brána umožňuje matematicky vyjádřit pravděpodobnost vzniku výstupu, pokud jsou známy pravděpodobnosti vstupů.

Výpočet pravděpodobnosti (označeno P) výstupu z brány A:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ A} = P_{vstupní\ událost\ 1} \cdot P_{vstupní\ událost\ 2} \cdot \ldots \cdot P_{vstupní\ událost\ n}$$

Protože pravděpodobnost nabývá hodnot 0 až 1 (nemůže být vyšší než 100%), tak z uvedené rovnice vyplývá, že pravděpodobnost výstupu u brány A nikdy nepřekračuje hodnotu pravděpodobnosti nejméně vyskytujícího se vstupu do této brány. Neboli:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ A} \leq \min_i P_{vstupní\ událost\ i}$$

tento fakt velmi příznivě ovlivňuje pravděpodobnost výskytu výstupních událostí (snižuje ji), a proto je brána A vhodná při potřebách snížení rizika vzniku výstupní události.

6.1.2 Brána NEBO – matematické vyjádření pravděpodobnosti

Brána NEBO představuje, podle matematické terminologie, logický součet. V praxi to znamená, že daná výstupní událost nastane za předpokladu, že nastane alespoň jeden vstup. Vyjádření matematického vztahu, který určuje pravděpodobnost vzniku výstupu z brány NEBO, je znázorněno v následující rovnici:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ NEBO} = 1 - \left(1 - P_{vstupní\ událost\ 1}\right) \cdot \ldots \cdot \left(1 - P_{vstupní\ událost\ n}\right)$$

z toho je patrné, že pravděpodobnost vzniku výstupní události z brány NEBO je vždy minimálně tak vysoká, jako je hodnota pravděpodobnosti výskytu nejvíce častého vstupu. Matematicky zapsáno:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ NEBO} \geq \max_i P_{vstupní\ událost\ i}$$

to velmi nepříznivě ovlivňuje četnost výskytu výstupní události (zvyšuje ji). Pro praxi to znamená, že je co největší snaha eliminovat množství bran NEBO ve stromě poruchových stavů, a pokud to nelze, tak je nutné co nejvíce doplňovat brány A.

6.2 Postup analýzy FTA

Celou metodiku lze shrnout do pěti kroků postupu. Postup se nikdy neliší, pro každou událost je stejný. Jednotlivé kroky jsou:

6.2.1 Definice nežádoucí události

Prvním krokem analýzy je zvolení vrcholové události, u níž je potřeba definovat pravděpodobnost výskytu. Událost musí být konkrétní a s ohledem na ekonomičnost i dostatečně nebezpečná (nebezpečím chápána i obava, že bude výskyt častý apod.). Je důležité připomenout, že každý strom poruchových stavů slouží k analýze právě jedné události. Dále je potřeba sehnat dostatečné informace o systému, funkci a účelu.

6.2.2 Pochopení systému

Druhým krokem je pochopení systému. Je nutné prostudovat dostupné informace a podrobně se tak seznámit se systémem. Zároveň je důležité vyhledat a prozkoumat i vedlejší události (faktory), které mohou systém ovlivňovat. Typickým příkladem takového vedlejšího ovlivnění je člověk – neboli vstupující lidský faktor.

6.2.3 Vytvoření stromu poruch

Třetím krokem je samotné tvoření stromu poruchových stavů. Znamená to, že je nutné definovat a vybrat veškeré události, které mají vliv na zvolenou nebezpečnou událost. Takto vybrané události se dále analyzují a rozvětvují své ovlivňující události až do té doby, než je strom zakončen samými elementárními (základními, dílčími či kořenovými) událostmi. Jednotlivé události je nutné logicky pospojovat pomocí bran (typu A nebo NEBO).

6.2.4 Vyhodnocení

Předposlední krok tvoří vyhodnocení stromu poruchových stavů. To znamená, že k jednotlivým základním událostem je nutné určit (velmi často odhadem inspirovaným předchozími projekty, u nakupovaných dílů je obvykle stanovena výrobcem) dílčí pravděpodobnosti výskytu. Poté se matematickými operacemi (vztahy pro logický součin a součet) vyjádří hodnota pravděpodobnosti výskytu vrcholové události.

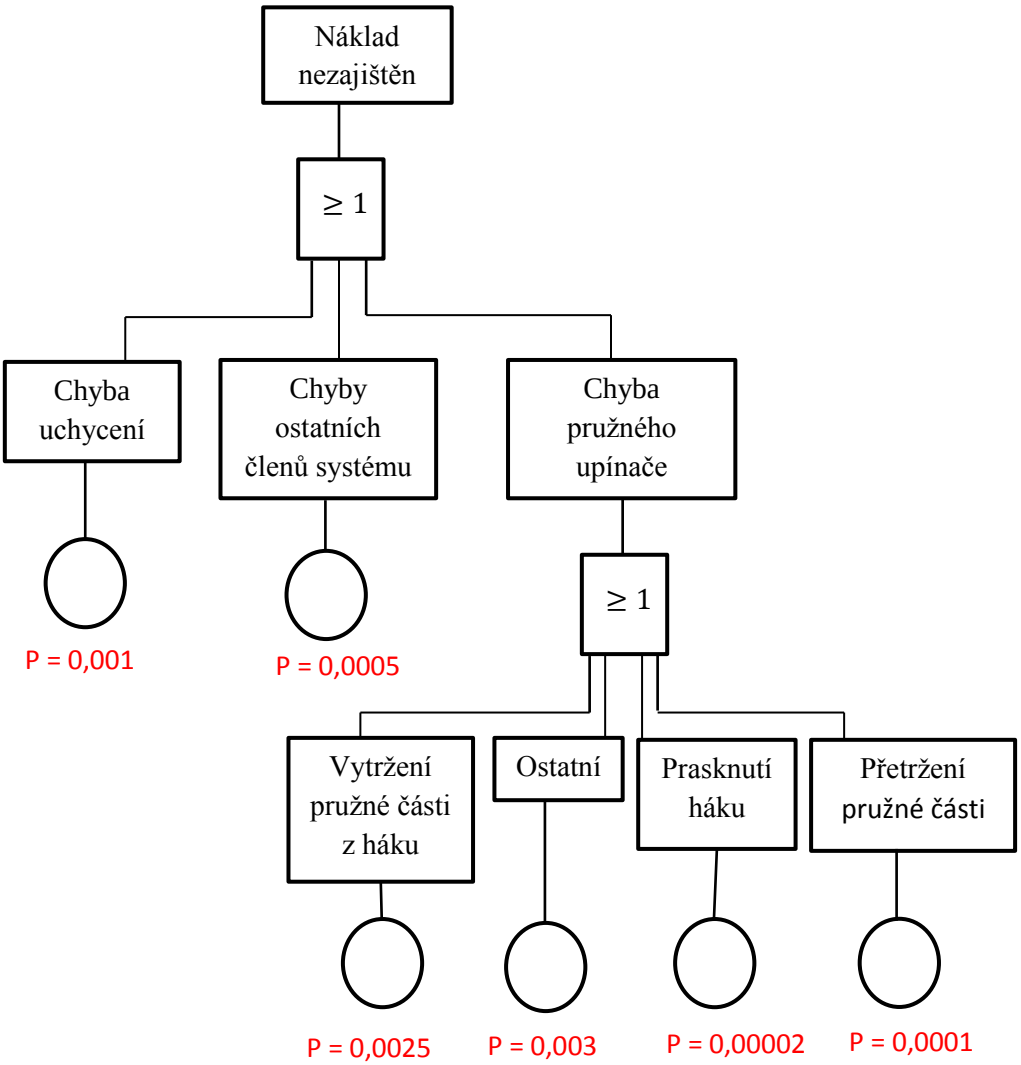
6.2.5 Kontrola zjištěných rizik

Posledním krokem je chápána kontrola vypočtené pravděpodobnosti výskytu nebezpečné poruchové události. Ta se obvykle porovnává s předem stanovenou požadovanou spolehlivostí systému. V případě, že nebezpečná událost je dle výpočtu méně častá, než je požadováno, tak metoda FTA je u konce. Pokud je četnost poruchy vyšší, než je požadováno, je nutné vytvořit opatření vedoucí ke snížení výskytu. Takovým opatřením může být snížení pravděpodobností elementárních událostí, snížení počtu bran typu NEBO. Nejefektivnější ve většině případů je však přidání bran typu A – to znamená, že je například vhodné přidat zálohující prvek systému.

6.3 Ukázka na příkladu

Jako příklad pro aplikaci metody analýzy FTA byl zvolen (stejně jako u metody FMEA) pružný upínač. Na tomto příkladu bude demonstrován výpočet pravděpodobnosti vzniku nepříznivé události podle stromu poruchových stavů. Pro úplnost jsou zde však uvedeny všechny kroky postupu.

1. Jako nepříznivá (nebezpečná) událost byl zvolen stav, kdy není zajištěn náklad při převozu.
2. Faktory ovlivňující vznik takové události byly převzaty z analýzy FMEA. Pro vysvětlení uvedených symbolický názvů:
   - Chyba uchycení – chyba způsobená převážně obsluhou – např. nevhodné umístění, uchycení „na uzel“, apod.
   - Chyby ostatních členů systému – např. prasknutí oka, za které je uchycen hák
   - Ostatní – např. tvar háku – je považováno za elementární událost, protože vlivem již provedené FMEA analýzy je možno odhadnout pravděpodobnost vzniku



Obrázek 12 - Strom poruchových stavů (příklad)

3. Sestrojení stromu poruchových stavů
   - Veškeré brány jsou typu NEBO, z důvodu, že stačí, aby selhal jakýkoliv ze vstupů
4. Vyhodnocení pravděpodobnosti nezajištění nákladu podle dílčích pravděpodobností.
   - Ačkoliv to není běžné, tak pro studijní účely a přehlednost práce jsou jednotlivé dílčí pravděpodobnosti uvedeny ve stromě poruchových stavů. Veškeré elementární pravděpodobnosti byly odhadnuty (spíše nadhodnocen výskyt než podhodnocen).

a. Výpočet chyby pružného upínače:
   - Vlivem brány NEBO je nutné použít vztah pro logický součet:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ NEBO} = 1 - \left(1 - P_{vstupní\ událost\ 1}\right) \cdot \ldots \cdot \left(1 - P_{vstupní\ událost\ n}\right)$$

$$P_{chyby\ pružného\ upínače} = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot (1 - P_3) \cdot (1 - P_4)$$

$$P_{chyby\ pružného\ upínače} = 1 - (1 - 0{,}0025) \cdot (1 - 0{,}003) \cdot (1 - 0{,}00002) \cdot (1 - 0{,}0001)$$

$$P_{chyby\ pružného\ upínače} = 0{,}0056$$

Rychlou optickou kontrolou je vidět, že pravděpodobnost je vyšší, než maximální hodnota vstupů. To ukazuje, že logický součet je proveden správně.

b. Výpočet pravděpodobnosti nezajištění nákladu:
   - Opět je použit logický součet vlivem brány NEBO:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ NEBO} = 1 - \left(1 - P_{vstupní\ událost\ 1}\right) \cdot \ldots \cdot \left(1 - P_{vstupní\ událost\ n}\right)$$

$$P_{nezajištění\ nákladu} = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot (1 - P_3)$$

$$P_{nezajištění\ nákladu} = 1 - (1 - 0{,}001) \cdot (1 - 0{,}0005) \cdot (1 - 0{,}0056)$$

$$P_{nezajištění\ nákladu} = 0{,}007$$

Z výsledku je patrné, že výskyt nezajištěného nákladu byl stanoven na 7 z 1000 případů.

5. Kontrola výsledku pravděpodobnosti
   - Ačkoliv dílčí pravděpodobnosti byly stanoveny skutečně vysoké, je číslo 0,007 příliš vysoké. Byl totiž specifikován požadavek na nezajištění nákladu max. 0,5%.
   - Aby bylo možné požadavku vyhovět, je nutné doplnit opatření. Dílčí pravděpodobnosti jsou brány za konečné, a proto je zvoleno doplnění brány A do stromu poruchových stavů.
   - Podle níže uvedeného opraveného stromu poruchových stavů se opětovně vypočítá pravděpodobnost.

1.1. Výpočet brány A:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ A} = P_{vstupní\ událost\ 1} \cdot P_{vstupní\ událost\ 2} \cdot \ldots \cdot P_{vstupní\ událost\ n}$$

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ A} = P_{chyba\ pružného\ upínače} \cdot P_{chyba\ pružného\ upínače}$$

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ A} = 0{,}0056 \cdot 0{,}0056$$

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ A} = 0{,}000031$$

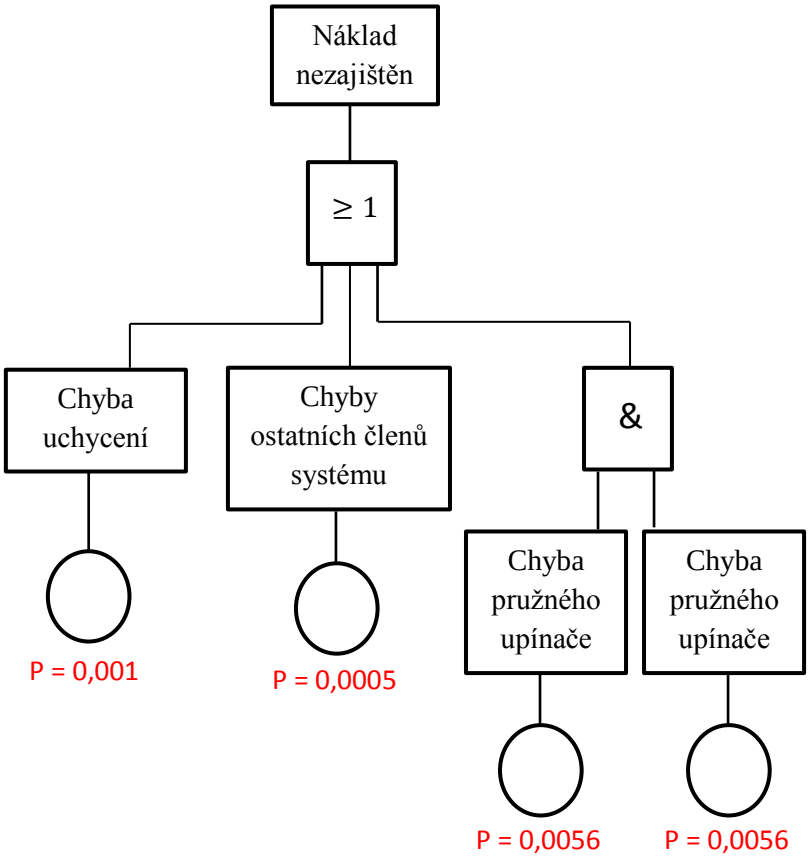
1.2. Výpočet nezajištění nákladu po opravě:

$$P_{nezajištění\ nákladu} = 1 - (1 - P_1) \cdot (1 - P_2) \cdot (1 - P_3)$$

$$P_{nezajištění\ nákladu} = 1 - (1 - 0{,}001) \cdot (1 - 0{,}0005) \cdot (1 - 0{,}000031)$$

$$P_{nezajištění\ nákladu} = 0{,}0015$$

- Z výsledku je patrné, že po zavedení opatření se riziko nezajištění nákladu dostalo pod požadovanou mez (0,5%). Znamená to, že přidání druhého pružného upínače razantně snížilo riziko nezajištění nákladu. Pokud by se však zákazníkovi nelíbilo riziko 0,15%, může přidat další pružné upínače a pravděpodobnost se opět sníží.



Obrázek 13 - Strom poruchových stavů (příklad s opatřením)

7 Metoda QFD (Dům kvality) (12) (13) (14) (1)

Metoda QFD – Quality Function Deployment – se vyvinula v 60. letech 20. století v Japonsku. Své uplatnění nachází v předvýrobních fázích (vývoj a konstrukce) převážně v automobilovém průmyslu. V češtině se obvykle používá zkratka QFD, při překladu se lze setkat s názvem „Dům kvality“, popřípadě ještě „Rozpracování funkce kvality“ či „Rozpracování hlasu zákazníka“.

Aplikuje se při vývoji nového produktu, inovaci současného výrobku, pro optimalizaci procesu, služeb, administrativy. Jedná se o nástroj plánování podniku logistickou metodou, jehož cílem je převést požadavky zákazníka na charakteristiku výrobku. Dále zkracuje vývojovou fázi výrobku, stanovuje cíle a snižuje náklady spojené s odstraňováním nedostatků výrobku (nejen chyb).

Mezi další vlastnosti QFD patří:

- Zvýšený ohled na zákazníka (vyslyšení jeho přání a požadavků)
- Snižuje počet potřebných konstrukčních i technologických změn
- Zvyšuje spokojenost zákazníka
- Zvyšuje kvalitu výrobku
- Zvyšuje konkurenceschopnost podniku

Rozlišují se dva typy QFD:

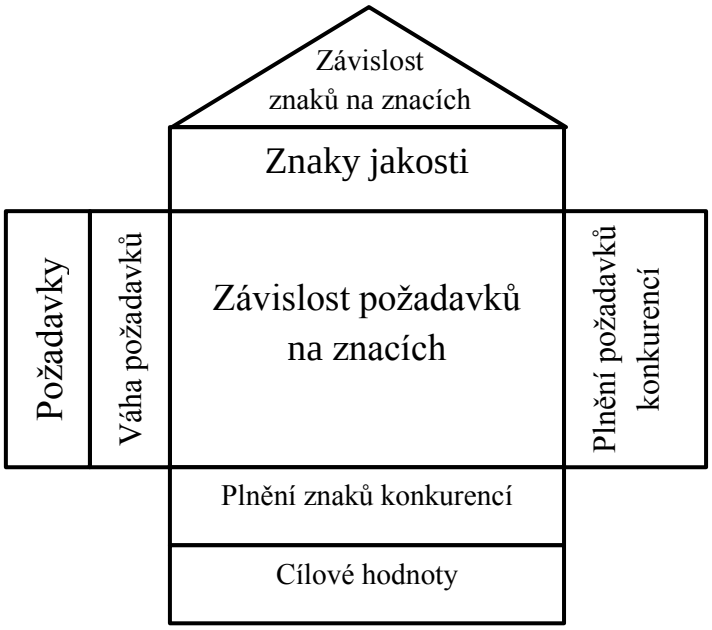
1. QFD konstrukce – vede k určení prioritních charakteristik
2. QFD technologie – zabývá se regulací prioritních znaků (navazuje na QFD konstrukce)

7.1 Metodika (postup)

Metoda QFD vychází z maticového znázornění, které si lze zjednodušeně představit jako dům (proto název „Dům kvality“). Celá metodika je založena na postupném vyplňování tohoto domu.

1. Zjištění požadavků
2. Přiřazení váhy k jednotlivým požadavkům
3. Porovnání schopnosti plnit požadavky s konkurencí
4. Zjištění (měřitelných) znaků jakosti výrobku (charakteristiky, technické parametry, specifikace,…)
5. Analýza závislosti požadavků na znacích
6. Porovnání schopnosti dosahování znaků s konkurencí
7. Analýza závislostí znaků na znacích
8. Návrh cílových hodnot znaků

Těchto 8 kroků vede k vyplnění domu kvality a k uzavření jedné QFD analýzy.



Obrázek 14 - Schéma domu kvality

7.1.1 Zjištění požadavků

Požadavek definuje norma ISO 9000 takto: „potřeba nebo očekávání, které jsou stanoveny, obecně se předpokládají nebo jsou závazné“. V praxi rozlišujeme tyto požadavky:

- Běžné – vyslovené zákazníkem
- Očekávané – často nevyslovené, protože se od daného výrobku automaticky očekávají (zdají se být samozřejmé)
- Zákonné – výrobek je bezpodmínečně musí splňovat
- Vlastní (neočekávané) – splnění nad rámec potřeb zákazníka – ten je nevyžaduje, ale jsou mu přínosem

Jednotlivé požadavky je vhodné rozložit na elementární. To proto, aby nebyla očekávána vlastnost, která je závislá na naplnění další vlastnosti, která nebyla do matice zahrnuta.

7.1.2 Přiřazení váhy k jednotlivým požadavkům

Váha se obvykle pohybuje v rozmezí 1-10, kdy 10 je přiřazena k nejdůležitějším požadavkům. Váha může být předem stanovena zákazníkem, jinak lze k určení váhy využít například metodu párového srovnání.

7.1.3 Porovnání schopnosti plnit požadavky s konkurencí

Konkurence je chápána nejen jako výrobek konkurenčních podniků, ale i jako ostatní vlastní výrobky, které již byly uvedeny na trh. Sleduje se míra naplnění požadavků nabízenými výrobky. Často je v tomto kroku potřeba dotazníkový průzkum mezi zákazníky. K porovnání lze využít nejrůznějších symbolů či číselných hodnot. Symbolika vychází z individuálních potřeb podniku.

7.1.4 Zjištění (měřitelných) znaků jakosti výrobku (charakteristiky, technické parametry, specifikace,…)

Za znaky jakosti se považují takové charakteristiky výrobku, které umožňují naplnění požadavků. Ideálně jsou to takové technické parametry, které jsou měřitelné, a lze je tedy zkontrolovat. Pro lepší přehlednost je vhodné znaky uspořádat do zvolených skupin (např.: materiálová specifikace, mechanické parametry, design,…)

7.1.5 Analýza závislosti požadavků na znacích

Vychází z logického úsudku, jakou měrou závisí požadavek na jednotlivých znacích. K vyjádření závislost se nejčastěji používá bodová stupnice 1-5, kdy je závislost:

- žádná
- 1 nějaká
- 2 slabá
- 3 střední
- 4 silná
- 5 absolutní

7.1.6 Porovnání schopnosti dosahování znaků s konkurencí

Konkurence je chápána stejně jako v bodě 3. V tomto kroku techničtí odborníci porovnávají znaky (obzvlášť technické parametry) daného výrobku s konkurencí. Opět mohou být používány nejrůznější symboly, ale obvykle je využita bodová stupnice.

7.1.7 Analýza závislostí znaků na znacích

Jedná se o hledání spojitostí jednotlivých parametrů mezi sebou. V případě, že změna jednoho znaku ovlivní druhý znak, je nutné tuto spojitost zaznamenat. K tomu jsou využity symboly „+“ a „-“, kdy znaménko „+“ je použito v případě, že změna k lepšímu u jednoho parametru vyvolá tzv. pozitivní změnu druhého parametru (ten se nezhorší nebo se dokonce zlepší). Znaménko „-“ se používá v případě negativní změny, u níž zlepšení vyvolá zhoršení jiného znaku. Při rozšířené analýze se využívá tato symbolika:

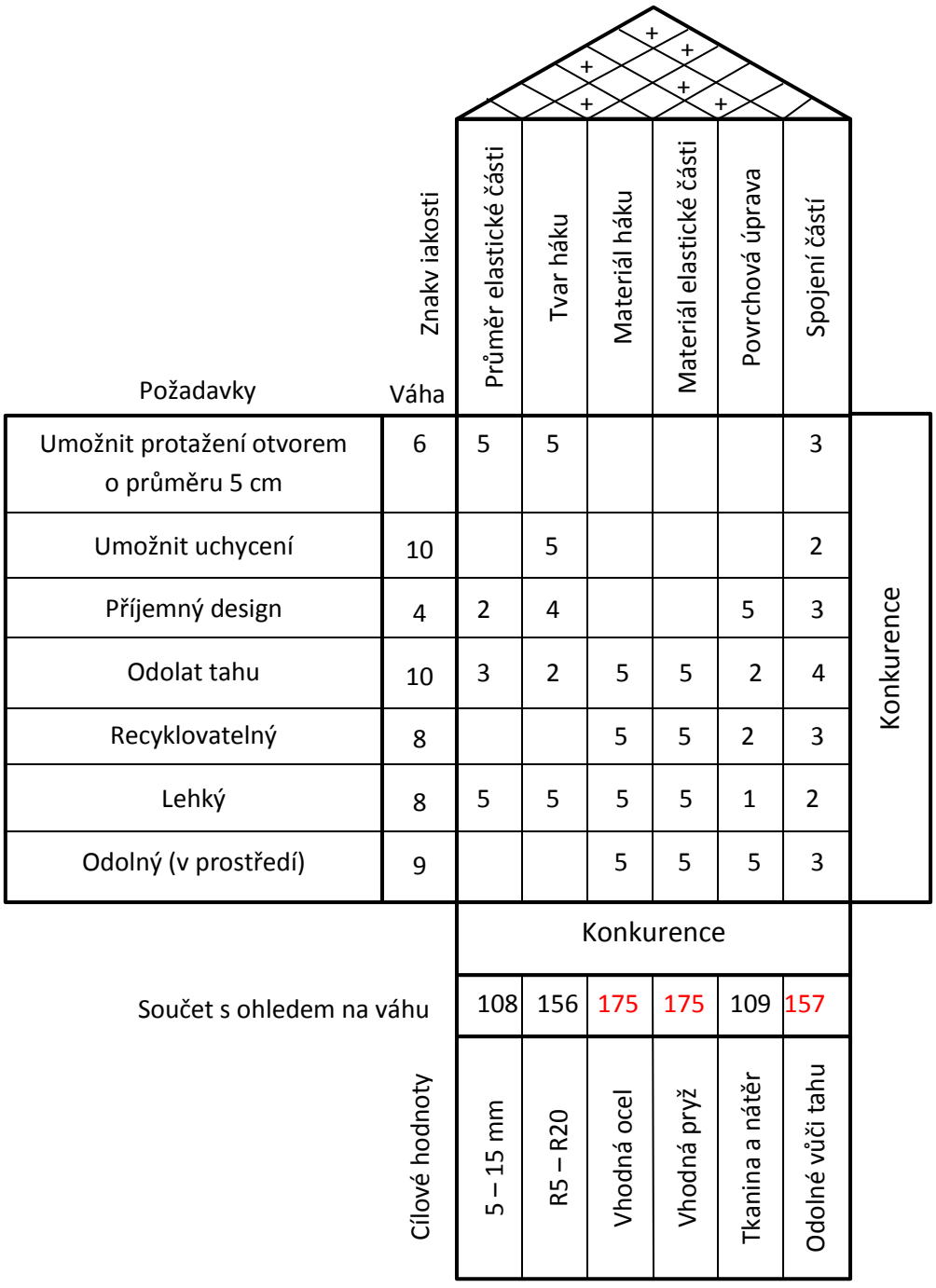
- ++ silně pozitivní vztah
- + pozitivní vztah
- +- nepřímý vztah
- - negativní vztah
- -- silně negativní vztah

7.1.8 Návrh cílových hodnot znaků

Podle přidělených závislostí požadavku na znaku, s přihlédnutím na váhu požadavku, se součtem stanoví důležitost jednotlivých znaků (parametrů). Specifikace s nejvyšším bodovým ohodnocením se stanou tzv. prioritními znaky. Jsou to takové parametry, které mají největší vliv na plnění požadavků zákazníka, neboli přímo souvisí se spokojeností zákazníka s daným produktem. U kritických parametrů je nutné zvolit cílové hodnoty, ve kterých se daný parametr bude pohybovat. U ostatních znaků jsou cílové hodnoty stanoveny také, ale s větším rozptylem navrženého rozmezí hodnot.

7.2 Ukázka na příkladu

Praktická ukázka bude opět provedena na výrobek upínací popruh. Nebudou uvažovány konkurenční výrobky (jelikož značení pro porovnání s konkurencí je individuální a neřídí se obecnými pravidly), a tak bude metodika aplikována pouze na tvorbu základního domu kvality (bez kroků 3 a 6 uvedeného postupu).

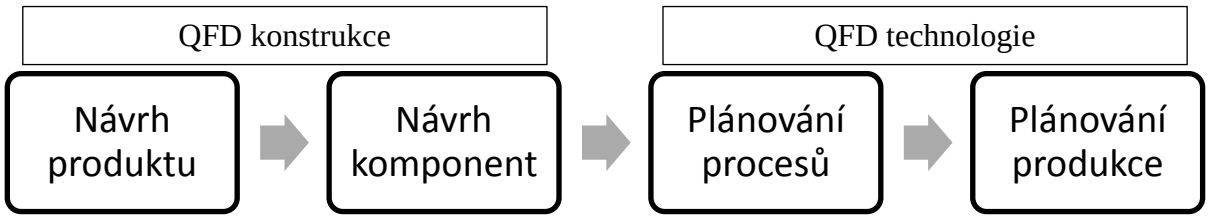


Obrázek 15 - Schéma domu kvality

Z takto provedené QFD metody vyplývá, že pokud se budou hledat například 3 prioritní znaky (parametry) pro upínací popruh, tak jimi jsou: materiál háku, materiál elastické části a spojení částí. Tyto znaky mají největší vliv na zákazníkovu spokojenost. Proto je na ně vhodné mít zvýšené požadavky a zvýšit jejich kontrolu.

7.3 Fáze metody QFD

Kompletní QFD analýza nelze provést v jediném opakování obecného postupu. Obvykle je nutné provést 4 fáze, což je vidět na následujícím obrázku:



Obrázek 16 - Schéma návaznosti QFD analýz

Při návrhu produktu se jedná o matici závislosti charakteristiky produktu na požadavcích zákazníka (pro tuto část byl uveden postup), pro návrh komponent se jedná o matici závislosti charakteristiky dílů na charakteristice produktu, plánování procesů je závislost charakteristiky výroby na charakteristice dílů a u plánování produkce se jedná o vztah mezi charakteristikou operací a charakteristikou výroby. I z tohoto popisu je patrné, že fáze na sebe navazují (jedna „osa“ se objevuje ve dvou fázích QFD analýzy).

8 DoE (Navrhování experimentů) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21)

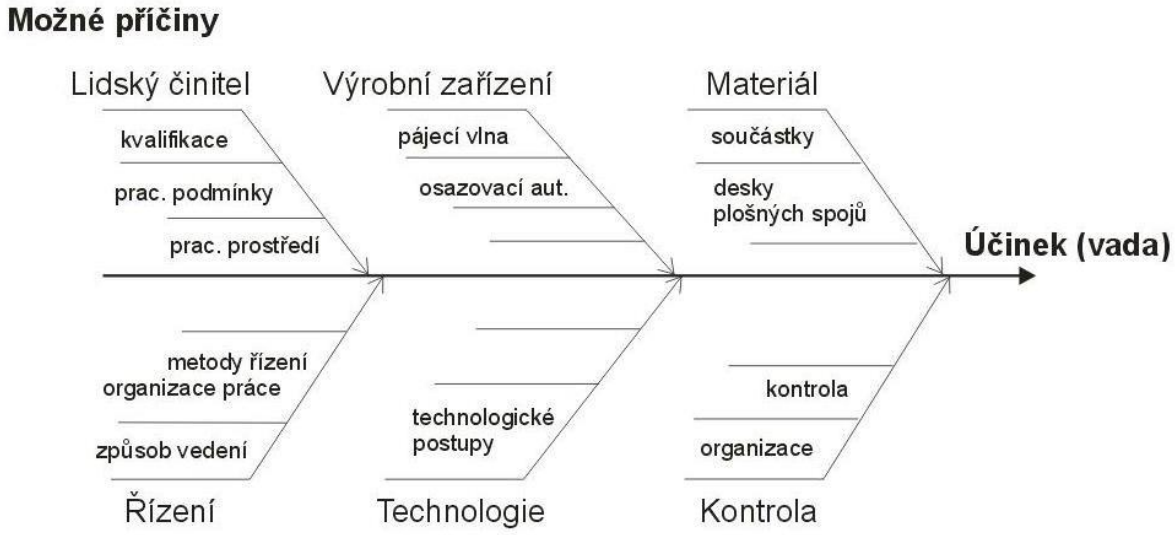
Jinými slovy Design of Experiments, v češtině „Navrhování (plánování) experimentů“. Svůj původ má DoE již ve 30. letech 20. století, kdy Ronald Fisher publikoval díla „Uspořádání terénních experimentů“ a „Návrh experimentů“. Na tohoto anglického autora později navázali další, kteří metodice DoE přispěli originálními přístupy.

Již z názvu je patrné, že systematický nástroj DoE je založen na experimentech[9] (vědeckých pokusech). Zde je uveden obecný postup provádění experimentu:

1. Hypotéza – předpoklad, očekávání
2. Experiment – pokus
3. Analýza získaných informací
4. Hodnocení – potvrzení nebo vyvrácení původní hypotézy

Cílem navrhování experimentů je účelné uspořádání jednotlivých zkoušek s ohledem na vyhodnocení výsledků zkoušek, identifikovat faktory (proměnné veličiny) ovlivňující výsledky výstupních veličin, zjištění provázanosti jednotlivých faktorů. DoE se zároveň využívá pro nastavení optimální kombinace faktorů (ideálních podmínek).

Plánování experimentů je závislé na okolních podmínkách a vychází z principu, že každý následek (problém) je způsoben určitou příčinou. Tím se zabývá tzv. Ishikawův diagram, někdy také nazývaný „rybí kost“ nebo „diagram 5M“. Jeho sestrojení vede k nalezení nejpravděpodobnější příčiny řešeného problému. Základní pojetí hledá příčiny u materiálu, ve stroji, v metodě, u člověka a v okolních podmínkách (popř. v měření či kontrole). Dnešní využívání (6M) zahrnuje ještě management.



Obrázek 17 - Ishikawův diagram (31)

[9] Experiment = objektivní pozorování jevů (= empirická metoda), které verifikuje (potvrzuje) či falzifikuje (vyvrací) hypotézu a stanovuje kauzální souvislosti (kauzalita = princip příčiny a následku)

8.1 Obecný postup

Metodiku nástroje DoE lze shrnout do několika kroků obecného postupu:

1. Hledání faktorů (např. využitím brainstormingu)
2. Sestavení Ishikawova diagramu
3. Naplánování experimentu
4. Provedení experimentu
5. Vyhodnocení
6. Závěr a doporučení

Princip DoE si lze představit jako metodu černé skříňky. Zkoumáme proces, do něhož vedou vstupy (faktory) a vycházejí výstupní veličiny (odezvy). K naplánování experimentů lze přistupovat velmi odlišnými způsoby. Jeden z nich je ryze systémový přístup, který je založen na plánování a dokonalé dokumentaci. Druhý je založen na matematických odvětvích statistice a kombinatorice. Pro účely této práce je podstatnější vědecká metoda.

8.1.1 Analýza rozptylu (ANOVA)

Jedná se o původní systém DoE, který vychází se statistických modelů Ronalda Fishera. Používá se pro analýzu srovnávacích experimentů, kde se zkoumá rozdíl jednotlivých výsledků. Statická významnost experimentu je závislá pouze na poměru dvou odchylek měření. To znamená, že výsledky ANOVA nejsou závislé na konstantních odchylkách ani na jednotkách používaných při měření. Systematika statistického přístupu je odlišná pro procesy s jedním vstupujícím faktorem a pro procesy s mnoha proměnnými parametry, proto se rozlišují dva přístupy ANOVA:

1. Jednosměrná analýza rozptylu (1 faktor)
2. Dvousměrná analýza rozptylu (více faktorů)

8.1.2 Taguchiho metody

Navazují na Fisherovu analýzu rozptylu, avšak přidávají statistickému modelu tři nové pohledy, které vedou k zisku co nejvíce informací z minima experimentů.

1. Funkce specifické ztráty
   - Čím více, tím lépe
   - Čím méně, tím lépe
   - Minimální variace
2. Filozofie off-line kontroly kvality
   - Návrh systému => Návrh parametru => Návrh tolerance
3. Inovace v návrhu experimentů
   - Idiosynkratický[10] přístup
   - Větší ohled na změny; snaha o snížení vlivu škodlivých faktorů
   - Stanovení vnějšího pole – poskytuje náhodné podmínky prostředí, ve kterém by měl produkt fungovat
   - Vede k obtížně řešitelným vztahům mezi faktory

[10] Idiosynkratický = výstřední, neobvyklý

9 Kontrolní plán (22) (23) (24) (25)

Kontrolním plánem se rozumí dokument obsahující informace o „co, čím, kde, kdo a jak často“, týkajících se kontroly výrobku. V současné době stále více nahrazuje popis kontrolních operací zaznamenaných v technologickém postupu firem, a to proto, že:

- V technologickém postupu jsou často chráněné informace firmy (know-how), které firma nechce poskytovat zákazníkovi k nahlédnutí
- Zákazník vyžaduje kontrolní plán (například v rámci PPAP[11])
- Pro automobilový průmysl je normou stanoven požadavek kontrolního plánu

Kontrolní plán čerpá z metody FMEA a QFD, z níž získává informace o požadavcích zákazníka. Principem kontrolního plánu je stanovení kontrol k dosažení zákazníkovi spokojenosti, kdy při každém projevu nespokojenosti ze strany zákazníka (reklamace) by dokument měl být aktualizován a optimalizován proti dalším reklamacím. Dalšími důvody mohou být změněné požadavky zákazníka, informace ze servisu, interní audity. Kontrolní plán často bývá schvalován zákazníkem (obzvlášť v automobilovém průmyslu).

9.1 Typy kontrolních plánů

1. Prototypový kontrolní plán
   - tvořen vývojáři a konstruktéry
   - pro nové výrobky ve vývoji
   - určuje všechny nutné kontrolní operace
2. Předsériový kontrolní plán
   - tvořen technologem nebo inženýrem kvality
   - pro nové výrobky uvedené do výroby
   - ověřování (verifikace) výrobních podmínek
3. Sériový kontrolní plán
   - nástavba na předsériový kontrolní plán
   - často s méně kontrolními operacemi

Lze zmínit i další rozdělení - v automotive se uplatňuje členění:

1. Testy před design freeze
2. Testy po design freeze (nástup do sériové výroby)
3. Kontroly vyráběných výrobků (v rámci sériové výroby)

[11] PPAP = Proces schvalování dílů v sériové výrobě

9.2 Základní informace obsažené v kontrolním plánu

1. Co
   - Kontrola kritických znaků[12] a kritických vad
   - Nikdy nepožadovat kontrolu všech parametrů
2. Čím
   - Pro kritické znaky – měřidla a kalibry
   - Pro kritické vady – rentgeny, lupy, prášky, lampy…
3. Kde
   - Co nejblíže místu, kde se kontrolovaný parametr vyrábí (z důvodu logistiky a rychlé reakce na zjištěnou nepřesnost)
4. Kdo
   - Běžné kontroly - dělník vyrábějící kontrolovaný parametr
   - Speciální kontroly (vyžadující kvalifikaci) – kontrolor kvality
5. Jak často
   - Pokud se vada vyskytuje a znak není vždy v tolerancích – 100% kontrola
   - Pokud se vada nevyskytuje a znak je v tolerancích – SPC[13] nebo kontrola daného počtu kusů za určitý čas

9.3 Příklad kontrolního plánu

Existuje několik variant, jak kontrolní plán vyplňovat. Ačkoliv je metodika kontrolního plánu dána normou, tak firmy mají značnou možnost zasahovat do způsobu vyplňování a celkově do zaznamenávaných informací dle svých potřeb. Na obrázku jsou uvedeny dvě varianty vyplnění, kdy první je vhodná pro produkty s menším počtem měřených parametrů a především pro prototypové kontrolní plány. U této varianty jsou v kontrolním plánu zaznamenány požadované naměřené hodnoty včetně tolerancí. Druhá varianta je vhodná především pro sériové kontrolní plány, kde je možnost odkázat na měřené parametry a jejich hodnoty s tolerancemi do speciálních dokumentů o jejich měření.

V ukázce jsou navíc některé informace. Například „Typ“ představuje označení, kde „V“ znamená kontrolu na produktu (např. rozměr) a „P“ by znamenalo kontrolu v procesu (např. teplota v peci).

[12] Terminologie podle Ing. Chaloupky. Obecně je kritickým znakem chápána vada, která může způsobit zranění (ohrožení bezpečnosti) zákazníka či obsluhy při výrobě, nebo není v souladu se zákonnými požadavky.
[13] SPC = Statická regulace procesu

Firma: Kovo-výroba	**KONTROLNÍ PLÁN**	Číslo: BP – KP - 001	Strana 1 z 1
Kontrolní plán: Sériový	Zpracoval: Novák Jan	Datum vydání: 1. 7. 2009	Datum revize: 20. 1. 2011
Díl: **POUZDRO**	Ověřil: Novotný Václav	Schválení zákazníkem: 3. 7. 2009	
Výkres: BP – KP - 1	Schválil: Šťastný Adam	Další:	Kopie č.: 1

Kontrolní operace	Pracoviště / Stroj	Kontrolované charakteristiky			Metody kontroly				Kontroluje	Reakce při neshodě	Záznam
		Číslo	Popis	Typ	Specifikace / Tolerance (mm)	Měřicí technika	Frekvence	Metoda			
KDE		CO				ČÍM	JAK ČASTO		KDO		
Kontrola po opracování	NC 400	21	Vnější průměr	V	$135 \pm 1{,}2$	Posuvné měřítko	100%	Měření	Operátor	Postup dle: KP-007	Rozměrový protokol: RP-103
		22	Vnitřní průměr	V	$100 \pm 0{,}3$	Dutinoměr	100%	Měření	Operátor		
		23	Vnitřní průměr	V	$100 \pm 0{,}3$	Dutinoměr	5 ks/hod	Měření	Kontrolor		
		24	Kruhovitost vnitřního otvoru	V	0,4	Číselníkový úchylkoměr	100%	Měření	Operátor		
		25	Odjehlení hran	V	Bez otřepů	Vizuálně	100%	Vizuální kontrola	Operátor		

Tabulka 8 - Kontrolní plán - Varianta 1 (22)

Kontrola po opracování	NC 400	21	Kontrola rozměrů po opracování	V	Dle výkresu	Posuvka, dutinoměr, úchylkoměr	100%	Měření	Operátor	Postup dle: KP-007	Rozměrový protokol: RP-103
		22	Vnitřní průměr	V	$100 \pm 0{,}3$	Dutinoměr	5 ks/hod	Měření	Kontrolor		
		23	Odjehlení hran	V	Bez otřepů	Vizuálně	100%	Vizuální kontrola	Operátor		

Tabulka 9 - Kontrolní plán - Varianta 2 (22)

10 Vzorkování (26) (25)

Vzorkováním se rozumí proces uvolňování dílu do sériové výroby, jehož účelem je ověřit, že dodavatel rozumí všem požadavkům zákazníka na konstrukční dokumentaci a na specifikaci produktu. Dále ověřuje, jestli je možné kapacitně zajistit výrobu v požadované kvalitě produktu. Vzorkování se aktivně účastní zákazník a dodavatel, kdy úkolem zákazníka je vyjádření specifických požadavků na kvalitu a na úroveň a typ vzorkování. Později ještě vyjádření (ideálně schválení) vzorkování. Dodavatel dokládá splnění všech požadavků na součást a proces ve stanovené míře vzorkování zákazníkem, dále rychle reaguje na případné nedostatky, kvůli nimž zákazník vzorkování neschválil.

Hodnocení vzorkování zákazníkem (bez vyjádření zákazníka nelze díl uvolnit do výroby):

1. Vzorkování schváleno – díl uvolněn do sériové výroby
   - Veškeré požadavky (na díl, proces i vzorkování) jsou splněny
   - Předložená dokumentace dodavatelem je v dostatečném rozsahu
   - Zákazník nemá připomínky
2. Vzorkování zamítnuto – díl není uvolněn do sériové výroby
   - Nejsou splněny veškeré požadavky
   - Na titulním listě vzorkování se uvedou nesplněné požadavky, které zákazník požaduje napravit
3. Vzorkování zamítnuto – díl je podmíněně uvolněn do sériové výroby
   - Nebo také „Podmíněné uvolnění“
   - Lze nahradit dokumentem „Schválení odchylky“
   - Nejsou splněny veškeré požadavky zákazníka
   - Díl je uvolněn s omezením – časovým nebo množstevním (omezen počet vyrobených kusů)
   - Nesplněné požadavky je nutné dodavatelem napravit

Rozlišují se dva hlavní typy vzorkování (zákazník určuje, kterou variantu požaduje):

1. Vzorkování podle PPAP
   - „Proces schvalování dílů do sériové výroby“
   - Příručka podle firmy Ford
   - Převážně pro neněmecké zákazníky
2. Vzorkování podle VDA 2
   - „Zajišťování kvality dodávek“
   - Převážně pro německé zákazníky

Jednotlivé typy se odlišují především rozsahem zpracovávaných dokumentů potřebných pro vzorkování, dále vizuální podobou (odlišný formulář). Jelikož již metoda FMEA byla založena na metodice firmy Ford, tak i pro vzorkování bude popsán postup dle firmy Ford (neboli typ PPAP).

10.1 Vzorkování podle PPAP

Vzorkování podle PPAP je určeno pro:

- nové výrobky
- díly, u nichž dříve nebylo schváleno vzorkování
- změněné výrobky (změna dokumentace, specifikace, materiálu)
- výrobky s inovativní technologií (poprvé použita pro příslušný druh produktu)[14]

10.1.1 Úrovně podle PPAP

Úroveň vzorkování je vždy stanovena zákazníkem. PPAP rozlišuje právě 5 úrovní, u každé úrovně jsou vypsány potřebné předkládané dokumenty.

1. úroveň
   - titulní list vzorkování a protokol o schválení vzhledu
2. úroveň
   - tzv. omezená dokumentace, obsahující titulní list, konstrukční dokumentaci, měrový a materiálový protokol, dokumentaci kvalifikované laboratoře, protokol o schválení vzhledu a vzorek dílu
3. úroveň
   - kompletní dokumentace (bude vysvětleno níže)
4. úroveň
   - titulní list a dokumentace stanovená zákazníkem
5. úroveň
   - bez předkládání dokumentace (ta je zkontrolována zákazníkem přímo u dodavatele)
   - titulní list a vzorek výrobku

10.1.2 Kompletní dokumentace podle PPAP

Kompletní dokumentace stanovená 3. úrovní podle PPAP obsahuje 18 požadovaných položek:

1. Konstrukční dokumentace
2. Dokumenty o technických změnách
3. Technické schválení zákazníkem
4. FMEA návrhu
5. Vývojový diagram procesu výroby (označováno také „flowchart“)
6. FMEA procesu
7. Kontrolní plán
8. Analýza systému měření (MSA)
9. Rozměrové protokoly (potvrzení znaků jakosti)
10. Výsledky zkoušek materiálu (materiálový protokol)
11. Počáteční studie způsobilosti procesu
12. Dokumentace o kvalifikaci laboratoře (zahrnuje certifikace apod.)

[14] Platí například pro lepidla, textilie, maziva, chemikálie

13. Schválení vzhledu (tzv. protokol AAR)
14. Vzorek produktu
15. Referenční vzorek (schválen zákazníkem jako atributové měřidlo)
16. Seznam kontrolních prostředků
17. Prohlášení o shodě se specifickými požadavky zákazníka
18. Průvodka předložení dílu (titulní list)

Dále se vyskytují tzv. specifické požadavky zákazníka (typicky se odkazují na Ford, GM – General Motors, DC – DaimlerChrysler). Ty stanovují doplňující požadavky na vzorkování, které v obecném PPAP nebo VDA 2 nejsou zahrnuty. Například se může jednat o požadavek souladu FMEA návrhu s příručkou „FMEA handbook“ vydanou firmou Ford; o provedení fázovaného vzorkování[15]; o doplnění IMDS = soupis použitých materiálu s uvedením váhy; o způsobilých akreditacích laboratoře;…

[15] Fáze: Ověření kvality, ověření výroby a ověření kapacity

Případová studie:

11 WITTE Automotive (27)

Obrázek 19 - Logo WITTE Automotive (27)

Obrázek 19 - Logo VAST Automotive Group (27)

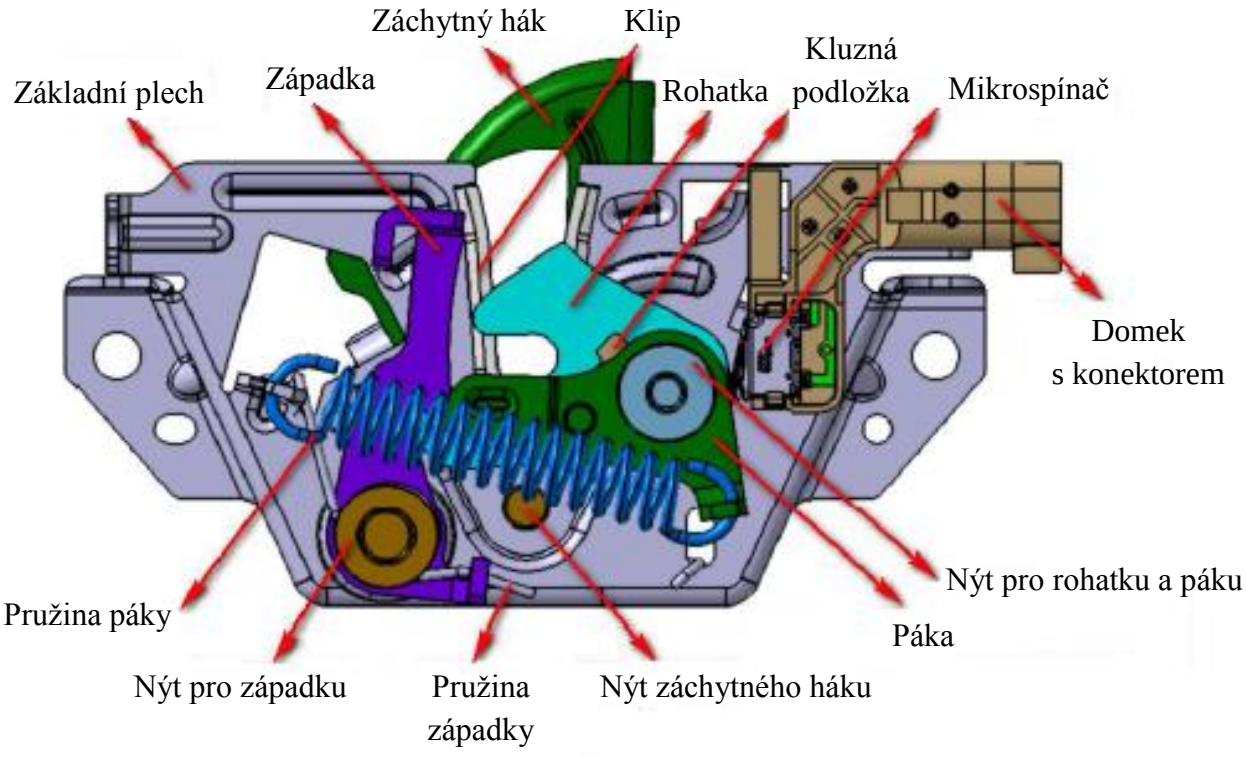
Firma, dříve specializovaná na výrobu zámků pro kufry, byla založena v roce 1899 Ewaldem Wittem ve Velbertu. V České republice se první závod společnosti WITTE otevřel roku 1992 v Nejdku. O rok později uzavřela firma alianci s americkými společnostmi (Strattec Security Corporation, ADAC Automotive), která nese jméno VAST Automotive Group. Před několika lety se v České republice vybudoval závod WITTE v Ostrově, kde je nejmodernější linka na vnější lakované kliky. V dnešní době se společnost specializuje, ve spolupráci se všemi předními výrobci automobilů, na vývoj a výrobu zamykacích systémů pro přední a zadní kapoty, zamykacích systémů dveří či bezpečnostních systémů sedadel.

12 Kapotový zámek (28)

12.1 Seznámení s kapotovým zámkem

Kapotový zámek patří mezi části vozidla, které se bezpodmínečně podílejí na pasivní bezpečnosti – platí pro něj tedy zákonná nařízení. Musí se jednat o bezúdržbové zařízení se zajištěnou životností. Hlavní funkcí kapotového zámku je udržet kapotu zavřenou i přes působící síly (velikost je závislá na požadavcích zákazníka).

Pro účely této práce je zapotřebí seznámení s částmi standartního předního centrálního kapotového zámku. V praxi se některá označení nepřekládají, proto jsou zde uvedena i obvyklá označení vycházející z anglického jazyka – rohatka (claw), západka (pawl), zamykací čep (striker), záchytný hák (safety hook).



Obrázek 20 - Kapotový zámek (28)

V rámci bakalářské práce bude kapotový zámek sloužit jako příklad, na němž budou demonstrovány praktické poznatky a některé metody analýzy rizik.

12.2 Konstrukční FMEA kapotového zámku

Jak již bylo uvedeno v teoretické části práce, FMEA je založena na spolupráci týmu odborníků, kteří se společně zabývají otázkou potenciálních vad, příčin vad a jejich následků. Vady jsou hodnoceny podle významu, výskytu a odhalitelnosti. Součinem zmíněných hodnot kritérií se získá tzv. rizikové číslo (RPZ), podle nějž se rozhoduje o míře rizika spojeného s vadou a případně o zavedení opatření, sloužících ke snížení takového rizika.

Zde uvedená konstrukční FMEA je publikována se souhlasem společnosti WITTE Nejdek spol. s. r. o. Původní podklad je doplněn o komentáře, ukazující na aplikaci teoretických poznatků v praxi.

Analýza FMEA - Kapotový zámek

Název systému					Projekt		
Kapotový zámek					Bakalářská práce		
Předmět	Označení	Moderátor	Datum pořízení	Překontroloval	Datum změn	Typ	Status
System10	P.0	Votápek Vladimír	24.11.2017	Votápek Vladimír	12.12.2017	Konstrukce	uvolněno
Odpovědná osoba		Odpovědné oddělení		Oddělení		Atributy	
-		-		-			
Členové týmu							
.; +; PostaR; OEM; Vodičková; Poštár; Krejcíř; Ritterwald							
Poznámka							
24.11.2017 Ritterwald, Vodičková, Novák, Poštár. D FMEA pro kapotový zámek založena							

Standartní hlavička dokumentu – součást, data, účastníci

E.1 FMEA - Kapotový zámek

B - Význam

A - Výskyt

E - Odhalitelnost

RPZ – Rizikové číslo

Číslo	Funkce	Potenciální chyba	Potenciální následek	B	Třída (selhání)	Příčina	A	Aktuální opatření	E	RPZ	Doporučené opatření	Datum & Dohížel	Výsledky opatření					
													Provedená opatření	B	A	E	RPZ	Stav [%]
I.	HLAVNÍ FUNKCE			-	-		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F1	Držet zamykací čep v horní poloze proti tlačné síle. < 1. Držet zamykací čep v horní poloze / Kapota musí zůstat otevřená. Zamykací čep musí zůstat ve zvýšené poloze (+30mm) proti tlačné síle max. 100N. Související části: 2 / 5 / 6 / 8 / 10 - >	Kapotový zamykací čep není držen (zvednut) v horní poloze (+25mm) kvůli nedostatečné síle F<100N	Funkce otevření kapoty byla ztracena. (8) Těžké otevírání kapoty. (5)	8	-	Špatný návrh. Pružina páky je příliš slabá.	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný materiál. Pružina páky je příliš slabá. 5	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný návrh. Pružina páky porušená. Tvar a rozměry. 5	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný materiál. Pružina páky porušena. 5	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný návrh. Upevnění páky na západku slabé/zlomené . 2 / 5	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný materiál. Upevnění páky na základní plech slabé/zlomené . 2 / 5	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný návrh. Upevnění páky na západku poškozené kvůli ostrým hranám v místě uchycení. 2 / 5	3	P: Funkční oblast pro pružinu při kreslení (bez otřepů a ostrých hran) D: DV + PV: Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný návrh. Upevnění páky slabé/zlomené . 5 / 10	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
						Špatný materiál. Upevnění páky slabé/zlomené . 5 / 10	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-

RPZ = B*A*E = 8*3*3 = 72

Pokud více pot. následků, tak hodnocení vždy podle vyššího.

(5) – dílčí hodnocení významu

P: preventivní opatření
D: detekční opatření

Odkaz na ovlivněné součásti (např.: 1 – západka; 4 – rohatka; 5 – pružina páky;…)

Obvyklé firemní označení zkoušek

2/5 – odkaz na ovlivněné součásti

Aktuální opatření již na výkrese.

					Špatný návrh. Upevnění páky na základní plech a/nebo páka se uvolňuje kvůli vibracím. 2 / 5 / 10	3	P: zkušenosti z projektu P.123.12 D: test podle zákazníka - vibrace	6	144	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Páka je tvarově nedostatečná. 10	3	P: Analýza funkce C04 D: DV + PV Test funkce D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh umístění rohatky a páky (špatná poloha drážky). Páka je posunuta pod polohou podél drážky. 4 / 10	3	P: Porovnání 3D dat. D: DV + PV Test funkčnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Páka deformována/ zlomena. 10	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Páka poškozena / zlomena. 10	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Nýt rohatky zlomen, není připevněn k základnímu plechu a/nebo ke krycí desce. 2 / 6 / 8	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Nýt rohatky zlomen, není připevněn k základnímu plechu a/nebo ke krycí desce. 2 / 6 / 8	2	P: FEM analýza D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kapota ne vždy drží v horní poloze.	Funkce otevírání kapoty se postupně ztrácí. (7) Otevírání kapoty je těžké. (5)	7	-	Změna síly pružiny v průběhu času kvůli závislosti na teplotě. 5	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Test životnosti	3	63	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Opotřebení tvaru páky v průběhu času, včetně změn zamykacího čepu. 10	3	P: Zkušenosti z C346 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Test životnosti	3	63	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Opotřebení tvaru páky v průběhu času, včetně změn zamykacího čepu. 10	3	P: Zkušenosti z C346 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Test životnosti	3	63	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Deformace tvaru páky v průběhu času kvůli změnám zamykacího čepu. 10	3	P: Zkušenosti z C346 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Test životnosti	3	63	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Deformace tvaru páky v průběhu času kvůli změnám zamykacího čepu. 10	3	P: Zkušenosti z C346 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Test životnosti	3	63	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pružina páky se v průběhu rozpadá.	Funkce otevírání kapoty je ztracena. (8)	8	-	Špatný návrh. Návrh pružiny - rozměry a tvar. 5	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-

Preventivní opatření ve formě 3D dat.

Následek: vlivem času ztracená funkce (degradovaná)

Opatření může vycházet i ze zkušeností z předešlých projektů.

Protože se nejedná o život ohrožující funkci ani o (zákazníkem) upřednostněnou funkci, tak není definována třída selhání (YC ani YS).

						Špatný výběr materiálu. 5	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Páka je poškozená/ deformuje se v průběhu.	Funkce otevírání kapoty ztracena. (8) Otevírání kapoty je obtížné (8)	8	-	Nevhodná volba materiálu páky - 6	3	P: zkušenosti z předchozích projektů - výběr materiálu D: DV + PV Test životnosti	2	48	-	-	-	-	-	-	-	-	
						Profil a velikost kontaktního povrchu mezi pákou a zamykacím čepem. 6	3	P: 3D hodnocení v datech D: DV + PV Test životnosti	2	48	-	-	-	-	-	-	-	-	
						Silná pružinová páka 5	2	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test životnosti	2	32	-	-	-	-	-	-	-	-	
F2	Držet kapotový zamykací čep v plně uzavřené pozici (tažná síla) < 2. Držet zamykací čep v plně zavřené pozici / Kapota musí zůstat zavřená. Zamykací čep musí být držen v plně zavřené pozici i při tažné síle max 5000N. Související části: 1 / 2 / 4 / 6 / 8 / 9 / 11 ->	Při síle 5000N, zamykací čep nedrží v plně zavřené pozici.	Ztracena plně zavřená pozice (8)	8	YS	Špatný návrh. Západka se deformuje / se zlomí. 1	2	P: FEM analýza D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0	
						Špatný materiál. Západka se deformuje / se zlomí. 1	2	P: FEM analýza D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0	
						Špatný návrh. Západkové nýty zlomeny. 9	2	P: FEM analýza P: bez ostrých hran na funkčních plochách - výkres západky/rohatky P: poloměry na nýtech min. 0,3 D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0	
						Špatný materiál. Západkové nýty zlomeny. 9	2	P: FEM analýza P: bez ostrých hran na funkčních plochách - výkres západky/rohatky P: poloměry na nýtech min. 0,3 D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0	
						Špatný návrh. Západka nezajistí rohatku v plně zavřené pozici (západka uvízne v otevřené pozici) 1 / 4	1	P: konstrukční řešení, opatření proti uvíznutí západky D: DV + PV Test funkčnosti	3	24	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0	
						Špatný návrh. Slabá pružina západky. Západka nedrží rohatku v plně uzavřené pozici. 1 / 4 / 11	1	P: konstrukční řešení, opatření proti pohybu západky (uvolnění rohatky) P: Opačný obrys mezi západkou a rohatkou. D: DV + PV Test funkčnosti	3	24	11/24/2017						*48	0 0	
						Špatný materiál. Slabá pružina západky. Západka nedrží rohatku v plně uzavřené pozici.	1	P: konstrukční řešení, opatření proti pohybu západky (uvolnění rohatky) P: Opačný obrys mezi západkou a rohatkou. D: DV + PV Test funkčnosti	3	24	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0	
						Špatný návrh, rozměry, tvar, výběr materiálu. Západka zlomena. 11	2	P: Výpočet pružiny TBD D: DV - TR test 1 Test životnosti D: PV - TR test 1 Test životnosti	3	48	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0	

Zákazníkem stanovená významná funkce – třída selhání YS.

YS – potenciální významný znak (často pro význam 5 – 8)

Ačkoliv RPZ<125, tak vlivem YS je nutné provést dodatečné opatření.

V rámci funkce je nutné definovat specifikaci (v tomto případě max. síla 5000N)

Opatření nemusí nutně vést ke snížení RPZ, pokud určitě postačují aktuální opatření.

Přezkoumání znaku zjistilo, že výskyt je vyšší než se tým domníval (proto RPZ 24 zvýšeno na 48).
- není to však obvyklé

					Špatný materiál, rozměry, tvar, výběr materiálu. Západka zlomena. 11	2	P: Výpočet pružiny TBD D: DV - TR test 1 Test životnosti D: DV - TR test 1 Test životnosti	3	48	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0
					Špatný návrh. Pružina zlomena. Ostré hrany.	5	P: Výkres pružiny (bez otřepů) D: DV + PV Test životnosti	3	120	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0
					Špatný návrh, fixace západky. Západková pružina zničena kvůli vibracím. 1 / 8 / 11	3	P: zkušenosti převzaté z Volvo D: test podle zákazníka - vibrace	6	144	11/24/2017 P: prezkoumani znaku	12/24/2017 : Poštár	-	8	2	3	*48	0 0
					Špatný návrh. Špatné překrytí mezi rohatkou a západkou. Špatné tolerance. 1 / 4 / 6 / 9	2	P: 3D simulace P: FEM analýza A01 P: Výpočet tolerancí T01 D: DV + PV Test funkčnosti	3	48	11/24/2017 D: Kontrola charakteristiky	10/1/2017 : Poštár	D: charakteristika nebyla potvrzena - výsledky testů OK, Protokol číslo TBD.	8	2	3	48	Uzavřeno Uzavřeno
	Zamykací čep nedrží v plně zavřené pozici.	Ztracena plně zavřená pozice (8)	8	-	Špatný návrh. Rohatka se deformuje / se zlomí. 4	2	P: FEM analýza D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Rohatka se deformuje / se zlomí. 4	2	P: FEM analýza D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Nýt rohatky se zlomí. 6	2	P: FEM analýza P: bez ostrých hran na funkčních plochách - výkres rohatky / západky P: poloměry nýtů min. 0,3 D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Nýt rohatky se zlomí. 6	2	P: FEM analýza P: bez ostrých hran na funkčních plochách - výkres rohatky / západky P: poloměry nýtů min. 0,3 D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zamykací čep nedrží v plně zavřené pozici. Smíšené seskupení.	Ztracena plně zavřená pozice (8)	8	-	Špatný návrh. Základní plech se deformuje. 2 / 8	2	P: FEM analýza D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Základní plech se deformuje. 2 / 8	2	P: FEM analýza D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Chybí společný tvarový profil mezi západkou a rohatkou.	2	P: Analýza funkčnosti C04 D: DV + PV Test funkčnosti D: DV + PV Zkouška pevnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-
					Pružina páky je příliš silná. 5	3	P: Výpočet pružiny C03 D: DV + PV Test funkčnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zamykací čep ne vždy drží v plně zavřené pozici.	Ztracena plně zavřená pozice (8)	8	-	Špatný návrh. Síla rohatky / západky / nýtu se mění v průběhu času kvůli teplotě. 6 / 9	3	P: Zkušenosti z předchozích projektů - výběr materiálu. D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Síla rohatky / západky / nýtu se mění v průběhu času kvůli teplotě. 6 / 9	3	P: Zkušenosti z předchozích projektů - výběr materiálu. D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-

Následek: ztráta funkce

Opatření podle zákazníka.

Riziko výskytu chyby nepotvrzeno, proto lze uzavřít.

Zkušenosti napomáhají i k odhadnutí odhalitelnosti vad u součásti.

					Špatný návrh. Síla rohatky / západky / nýtu se mění v průběhu času kvůli korozi. 6 / 9	3	P: zkušenosti z předchozích projektů - výběr materiálu, povrchové úpravy D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Síla rohatky / západky / nýtu se mění v průběhu času kvůli korozi. 6 / 9	3	P: zkušenosti z předchozích projektů - výběr materiálu, povrchové úpravy D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Síla rohatky / západky / nýtu se mění v průběhu času kvůli opotřebení. 6 / 9	3	P: zkušenosti z předchozích projektů - výběr materiálu, povrchové úpravy D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiálu. Síla rohatky / západky / nýtu se mění v průběhu času kvůli opotřebení. 6 / 9	3	P: zkušenosti z předchozích projektů - výběr materiálu, povrchové úpravy D: DV + PV Test životnosti	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Síla páky se zhoršuje kvůli korozi.	3	P: Zkušenosti z C346 D: DV + PV Test koroze	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Síla páky se zhoršuje kvůli korozi.	3	P: Zkušenosti z C346 D: DV + PV Test koroze	3	72	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný návrh. Překrytí mezi rohatkou a západkou se v průběhu času zhoršuje kvůli opotřebení.	2	P: Výpočet tolerance T01 D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
					Špatný materiál. Překrytí mezi rohatkou a západkou se v průběhu času zhoršuje kvůli opotřebení.	2	P: Výpočet tolerance T01 D: DV + PV Test životnosti	3	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Zamykací čep je neúmyslně porušen.	Ztracena plně zavřená pozice (10)	10	YC	Návrh není dostatečně tuhý vzhledem k vibracím.	3	P: Zkušenosti z předchozích projektů. D: OEM Test vibrací	6	180	12.12.2017								0
										D: Kontrola charakteristiky	OEM	-	10	2	3	*60	0	
					Zrychlení (v různých osách)	3	P: Zkušenosti z předchozích projektů. D: OEM Test vibrací	6	180	12.12.2017								0
										D: Kontrola charakteristiky	Poštár	-	10	2	3	*60	0	

Příčina je hledána především u člověka. Ta však může podpořit přírodní jevy ovlivňující funkci (např. koroze).

Ohled je třeba brát i na přirozený jev, jako je opotřebení.

YC – potenciální kritický znak

Požadovaný stav (snížení RPZ ze 180 na 60).

Vada bezprostředně ohrožující bezpečnost – nutno definovat třídu selhání YC.

FMEA se netýká pouze fáze provozu, ale je aplikována na všechny fáze životního cyklu – včetně přepravy, montáže, likvidace,…

2.18	Označení	Chybí datum výroby	Ztráta sledovatelnosti (6)	6	-	bez specifikace na výkrese	3	D: studie proveditelnosti P: kontrola výkresu	2	36	-	-	-	-	-	-	-		
						více ve FMEA procesu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		chybí země původu, logo, kód	ztráta sledovatelnosti (6)	6	-	bez specifikace na výkrese	3	D: studie proveditelnosti P: kontrola výkresu	2	36	-	-	-	-	-	-	-		
		označení není možno změnit	není možno použít pro jiné série automobilů (6)	6	-	více ve FMEA procesu	0	P: zadna D: kontrola checklistem	0	0	1/17/2016 P: zadna	-	-	6	0	0	*0	0 0	
		chybí kód materiálu pro plasty	není možná recyklace (10)	10	YC	bez specifikace na výkrese	2	P: kontrola výkresu D: studie proveditelnosti	2	40	10/22/2015 P: prezkoumani znaku	11/30/2015 : TarasovM	-	10	2	2	40	Uzavřeno Uzavřeno	
2.19	transport Přepravní požadavky - bez poškození	změna pozice (z otevřené do zavřené)	deformace během montáže (8)	8	-	balení	2	P: balicí předpis P: kontrola výkresu D: transportni zkouska	2	32	-	-	-	-	-	-	-		
		mikrospínač vypadne z pouzdra	nerozpoznatelná pozice (10)	10	-	špatný návrh. Slabá/zlomená fixace.	2	P: Ezkušenosti z C346 D: DV + PV Transportní test	3	60	-	-	-	-	-	-	-		
		poškození povrchové úpravy	menší korozní odolnost (7)	7	-	balení	2	P: balicí předpis D: transportni zkouska	2	28	-	-	-	-	-	-	-		
		poškrábán povrch	Menší pocit kvality (4)	4	-	balení	2	P: balici předpis D: transportni zkouska	2	16	-	-	-	-	-	-	-		
2.20	Montáž u zákazníka	Upevňovací otvory neumožňují upevnění do vozidla	montáž u zákazníka není možná (7)	7	-	Malý otvor pro nýty	2	P: požadavek zákazníka P: výpočet tolerance T14 D: DV + PV Montážní test	3	42	-	-	-	-	-	-	-		
						vzájemná poloha na desce	2	P: výpočet tolerance T14 P: požadavek zákazníka D: DV + PV Montážní test	3	42	-	-	-	-	-	-	-		
		Otočná síla je větší než je specifikováno.	Montáž u zákazníka je složitá. (5)	5	-	špatný návrh	2	P: FEM analýza A03 P: výpočet tolerance T13 D: DV + PV Montážní test	3	30	-	-	-	-	-	-	-		
		Otočná síla je menší než je specifikováno.	Možnost ztráty funkce. (8)	8	-	špatný návrh	2	P: FEM analýza A03 P: výpočet tolerance T13 D: DV + PV Montážní test	3	48	-	-	-	-	-	-	-		
		Není možná instalace.	viz rozhraní prvků (8)	8	-	špatný návrh	2	P: zkušenosti z Ford C 346 P: 3D data D: DV + PV test funkce podle zákazníka	3	48	-	-	-	-	-	-	-		
2.21	Montáž ve Witte	vyřešeno v Prokon	-	0	-	-	0	P: zadna D: kontrola checklistem	0	0	-	-	-	-	-	-	-		
		ostré hrany /přetečení	Riziko úrazu (10)	10	YC	bez specifikace na výkrese	2	P: ostré hrany podle WN D: Vizuální kontrola D: uvolnění součásti	2	40	-	-	-	-	-	-	-		
2.22	Enviromentální aspekty < IMDS / RSMS / Bezolovnatá pájka Nepoužívat silikon.	použití nepovolených látek (seznam zakázaných látek VCS	Právní požadavky nejsou splněny (10)	10	YC	výběr materiálu není v souladu	2	D: IMDS schválený zákazníkem P: Vyber materialu z CIM databaze	2	40	10/22/2015 P: prezkoumani znaku	TarasovM	-	10	2	2	*40	Hodnocen 0	
		Separace materiálů není možná	Právní požadavky nejsou splněny (10)	10	YC	Špatná recyklace.	2	P: koncept recyklace D: IMDS schválený zákazníkem	2	40	10/22/2015 P: prezkoumani znaku	PostaR	-	10	2	2	*40	Hodnocen 0	
2.23	Servis / demontáž Chybí specifikace doby demontáže.	Není možné demontovat ve stanoveném čase.	Nižší účinnost (4)			chybí specifikace	3	P: zkušenosti z Scania Cab lock D: DP + PV test demontáže	3	36	-	-	-	-	-	-	-		

Jsou zavedeny balicí předpisy a zkoušky transportu k odhalení problémů s přepravou.

Hodnotí se vady spojené s montáží u zákazníka, následně s montáží ve WITTE.

Potenciální nedodržení zákonných požadavků.

Obrázek 21 - Konstrukční FMEA pro kapotový zámek

12.3 FTA kapotového zámku

Pro aplikaci teoretických znalostí o metodě FTA do praktické ukázky, je zvolena FTA kapotového zámku. Jako vrcholová událost (nechtěný stav) je brán nežádoucí hluk[16] (dále jen „hluk“), který by mohl být způsoben. Pro hluk bude stanovena pravděpodobnost, jakou k němu může dojít. Jelikož metoda FTA často navazuje na metodu FMEA, tak pro tento příklad je čerpáno z FMEA společnosti WITTE Automotive.

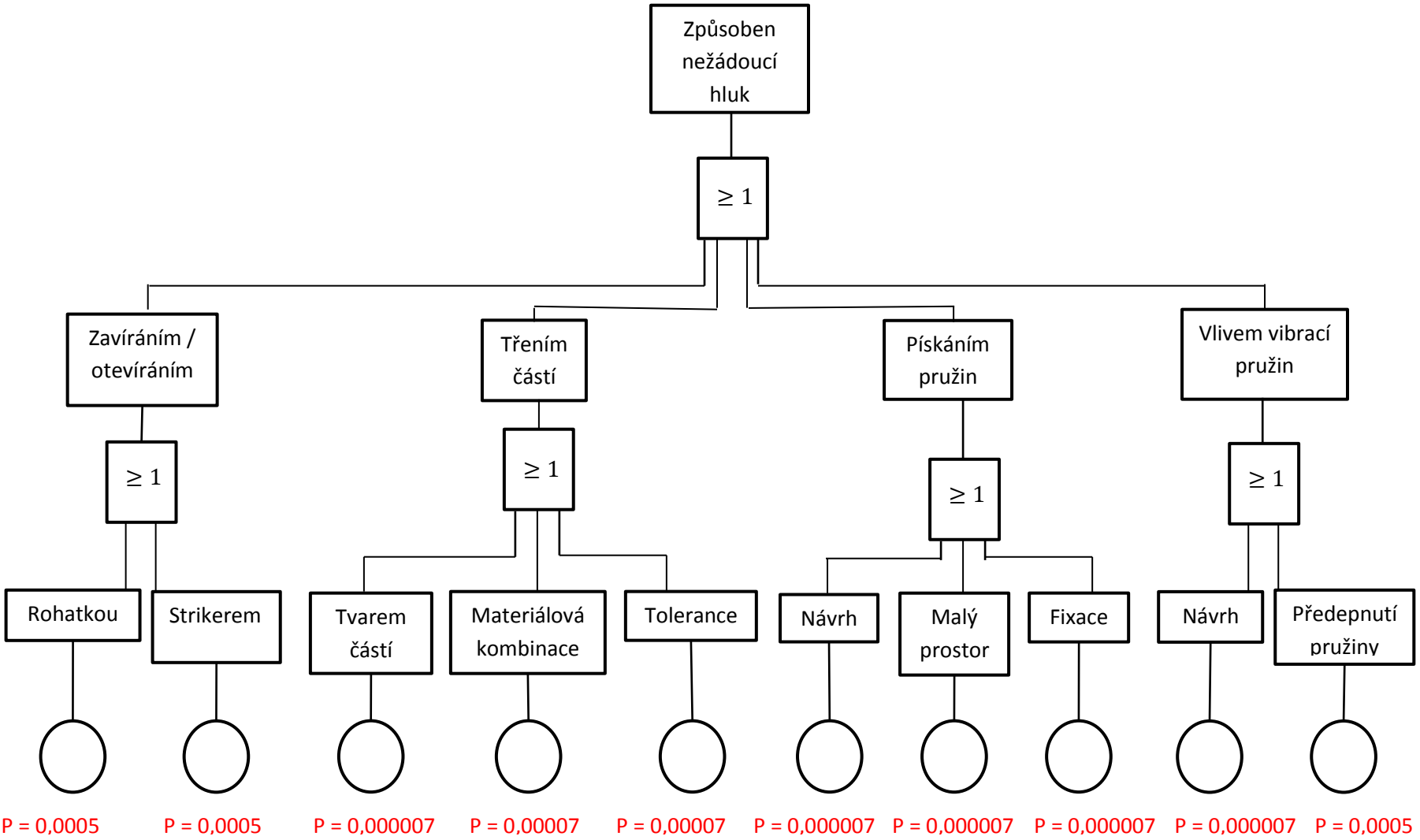
Jako první je nutné si uvědomit, čím mohl být hluk způsoben. Pro kapotový zámek to může být:

- Pískáním vlivem tření rohatky x západky x nýtů x základního plechu x krycí desky
    - Výběrem materiálové kombinace pohyblivých částí
    - Tolerancemi mezi částmi
    - Tvarem západky x rohatky
- Hlukem vyvolaným zavíráním nebo otevíráním
    - Rohatkou, která zasáhne koncový doraz
    - Zamykacím čepem (striker), který zasáhne rohatku či páku při zavírání
- Pískáním pružin
    - Návrhem pružin – povrchovými úpravami, kontaktem částí
    - Malým prostorem pro pružiny – kontakt s okolními částmi
    - Fixace pružin – příliš volné
- Hlukem způsobeným vibracemi pružiny
    - Návrhem pružin – povrchovými úpravami
    - Předepnutím pružiny

Všechny zmíněné faktory mají k hluku vztah logického součtu (stačí jeden z nich a hluk je vyvolán).

Dále je potřeba odhadnout pravděpodobnost vzniku elementárních událostí. I k této informaci lze využít předem provedenou metodu FMEA. Pravděpodobnosti jsou uvedeny u stromu poruchových stavů.

[16] Hluk nelze plně vyeliminovat (zamykací čep naráží do rohatky/záchytného háku; součástí po sobě kloužou; pružiny se chvějí;…) Nežádoucím hlukem je myšlen zvuk překračující stanovenou intenzitu nebo zvuk o nepříjemné frekvenci.



Obrázek 22 - Strom poruchových stavů pro kapotový zámek

Obecný výpočet bran NEBO:

$$P_{výstupní\ událost\ z\ brány\ NEBO} = 1 - \left(1 - P_{vstupní\ událost\ 1}\right) \cdot \ldots \cdot \left(1 - P_{vstupní\ událost\ n}\right)$$

Aplikováno:

$$P_{zavírání/otevírání} = 1 - (1 - P_{rohatkou}) \cdot (1 - P_{strikerem}) = 1 - (1 - 0{,}0005) \cdot (1 - 0{,}0005) = 0{,}0010$$

$$P_{tření\ částí} = 1 - (1 - P_{tvarem}) \cdot (1 - P_{kombinací}) \cdot (1 - P_{tolerance}) = 1 - (1 - 0{,}000007) \cdot (1 - 0{,}00007) \cdot (1 - 0{,}00007) = 0{,}00015$$

$$P_{pískání\ pružin} = 1 - (1 - P_{návrh}) \cdot \left(1 - P_{prostor}\right) \cdot \left(1 - P_{fixace}\right) = 1 - (1 - 0{,}000007) \cdot (1 - 0{,}000007) \cdot (1 - 0{,}000007) = 0{,}000021$$

$$P_{vibrace\ pružin} = 1 - (1 - P_{návrh}) \cdot \left(1 - P_{předepnutí}\right) = 1 - (1 - 0{,}000007) \cdot (1 - 0{,}0005) = 0{,}00051$$

$$P_{způsobení\ hluku} = 1 - \left(1 - P_{zavírání/otevírání}\right) \cdot (1 - P_{tření\ částí}) \cdot \left(1 - P_{pískání\ pružin}\right) \cdot \left(1 - P_{vibrace\ pružin}\right) = 1 - (1 - 0{,}0010) \cdot (1 - 0{,}00015) \cdot (1 - 0{,}000021) \cdot (1 - 0{,}00051) = 0{,}0017$$

Na základě výpočtů bylo odhadnuto (jelikož výskyt elementárních událostí je odhad), že se nežádoucí hluk vyskytne s pravděpodobností 0,17%.

Pokud by výsledek 0,17% nesplňoval požadavky zákazníka, tak by bylo nutné provést opatření vedoucí ke snížení četnosti výskytu. Snazší by v případě problematiky hluku kapotového zámku bylo snížení elementárních pravděpodobností, než přidání brány A do stromu poruchových stavů.

12.4 QFD kapotového zámku

Pro zjištění prioritních parametrů (nejvíce ovlivňují požadavky) kapotového zámku je vhodné aplikovat metodu QFD, neboli Dům kvality. Praktická aplikace je rozepsána do jednotlivých kroků:

12.4.1 Zjištění požadavků

a. Zákonné požadavky (vycházejí z harmonizovaných norem)
   - po nárazu (crash test) se kapota nesmí plně otevřít
   - tzv. safety pozice (jistící pozice při plně zavřené kapotě)
   - recyklovatelnost (s tím souvisí označení plastů IMDS – databáze materiálů pro automotive)

b. Zákaznické požadavky
   - počet zámků v systému (jeden nebo dva)
   - orientace zámku vůči zástavbě (podélně nebo příčně)
   - směr uchycení zámku vůči zástavbě
   - zástavbové rozměry
   - ochrana chodců (ne; ano – pasivní/aktivní)
   - pevnost v definovaném směru
   - životnost (počet cyklů za definovaných podmínek)
   - korozní odolnost
   - chemická odolnost (vůči definovaným látkám)
   - ovládací síly (otevírací, zavírací – pro všechny polohy zámku)
   - odskočení kapoty po otevření - tzv. pop-up (ano; ne)
   - možnost elektrického ovládání zámku (ano; ne)

Kapota se plně neotevře při nárazu (crash test)
Safety pozice, ochrana chodců, pop-up, elektrické ovládání, počet zámků
Recyklovatelnost
Zástavbové rozměry
Životnost
Odolný (v prostředí)
Pevnost v definovaném směru
Ovládací síly
Bezúdržbovost

Tabulka 10 - Požadavky na kapotový zámek

Pro přehlednost příkladu budou do domu jakosti zaznamenány požadavky ze souhrnného rámečku.

12.4.2 Přiřazení váhy k jednotlivým požadavkům

Váha (1 až 10) je stanovena podle metody párového srovnání (1 – důležitější).

	Neotevření kapoty	Přidané funkce	Recyklace	Rozměry	Životnost	Odolnost	Pevnost	Ovládací síly	Bez údržby	Součet	**Váha**
Neotevření kapoty	x	1	1	1	1	1	1	1	1	8	**10**
Přidané funkce	0	x	1	1	1	1	0	1	1	6	**8**
Recyklace	0	0	x	1	1	1	0	1	1	5	**7**
Rozměry	0	0	0	x	0	0	0	0	1	1	**3**
Životnost	0	0	0	1	x	1	0	1	1	4	**6**
Odolnost	0	0	0	1	0	x	0	0	1	2	**4**
Pevnost	0	1	1	1	1	1	x	1	1	7	**9**
Ovládací síly	0	0	0	1	0	1	0	x	1	3	**5**
Bez údržby	0	0	0	0	0	0	0	0	x	0	**2**

Tabulka 11 - Hodnocení požadavků metodou párového srovnání

12.4.3 Porovnání schopnosti plnit požadavky s konkurencí

Protože minimálně v České republice je předním výrobcem kapotových zámků WITTE Automotive, jejichž výrobek je uvažován, tak nebude v rámci této práce provedeno srovnání s konkurencí, ačkoliv firma by jistě konkurenci vyhledávala a porovnávala jednotlivé výrobky.

12.4.4 Zjištění (měřitelných) znaků jakosti výrobku (charakteristiky, technické parametry, specifikace,…)

Technické parametry kapotového zámku převážně kopírují zákazníkovi požadavky. V tomto kroku je však potřeba vyhledat především měřitelné znaky. V praxi by to znamenalo definovat do znaků jakosti veškeré dílčí parametry jednotlivých komponent. To však pro tuto práci není předmětem, a proto budou parametry uvažovány velmi obecně (příklad slouží pro ukázku) – v souhrnném rámečku jsou uvedeny použité parametry do domu jakosti.

Použité materiály
Povrchové úpravy
Použité mazivo
Tuhosti pružin
Navržené funkce
Uchycení zámku

Tabulka 12 - Jednoduché znaky kapotového zámku

12.4.5 Analýza závislosti požadavků na znacích

Stupnice, kdy 0 nebo prázdné místo značí žádnou závislost, zatímco 5 znamená absolutní závislost požadavku na parametru.

	Použité materiály	Povrchové úpravy	Použité mazivo	Tuhosti pružin	Navržené funkce	Uchycení zámku
Kapota se plně neotevře při nárazu (crash test)	2			5		4
Safety pozice, ochrana chodců, pop-up, elektrické ovládání, počet zámků					5	
Recyklovatelnost	5	2	1			
Zástavbové rozměry					3	3
Životnost	5	3	3	5	4	2
Odolný (v prostředí)	4	5	4			
Pevnost v definovaném směru	5	2		5		3
Ovládací síly	3			3	4	2
Bezúdržbovost	3	1	5		2	

Tabulka 13 - Závislost požadavků na znacích kapotového zámku

12.4.6 Porovnání schopnosti dosahování znaků s konkurencí

Stejně jako v kroku 3, bude i tento bod přeskočen.

12.4.7 Analýza závislostí znaků na znacích

Jedná se o vyplnění „střechy“. Symbol „+“ značí pozitivní vztah, „-“ představuje negativní vztah, kdy zlepšení jednoho znaku vyvolá zhoršení druhého znaku.

Vlivem velmi obecně pojatých znaků jsou vzájemné závislosti téměř eliminovány. Vztah je pouze mezi použitým materiálem pružin a jejich tuhostmi.

12.4.8 Návrh cílových hodnot znaků

Nejprve je důležité stanovit prioritní znaky (podle součtu s ohledem na váhu), poté se stanoví cílové hodnoty parametrů. Pro prioritní znaky se volí užší pásmo hodnot než pro ostatní.

Výpočet součtu s ohledem na váhu:

- Použité materiály:

10*2 + 7*5 + 6*5 + 4*4 + 9*5 + 5*3 + 2*3 = 167

- Povrchové úpravy:

7*2 + 6*3 + 4*5 + 9*2 + 2*1 = 72

- Použité mazivo:

7*1 + 6*3 + 4*4 + 2*5 = 51

- Tuhosti pružin:

10*5 + 6*5 + 9*5 + 5*3 = 140

- Navržené funkce:

8*5 + 3*3 + 6*4 + 5*4 + 2*2 = 97

- Uchycení zámku:

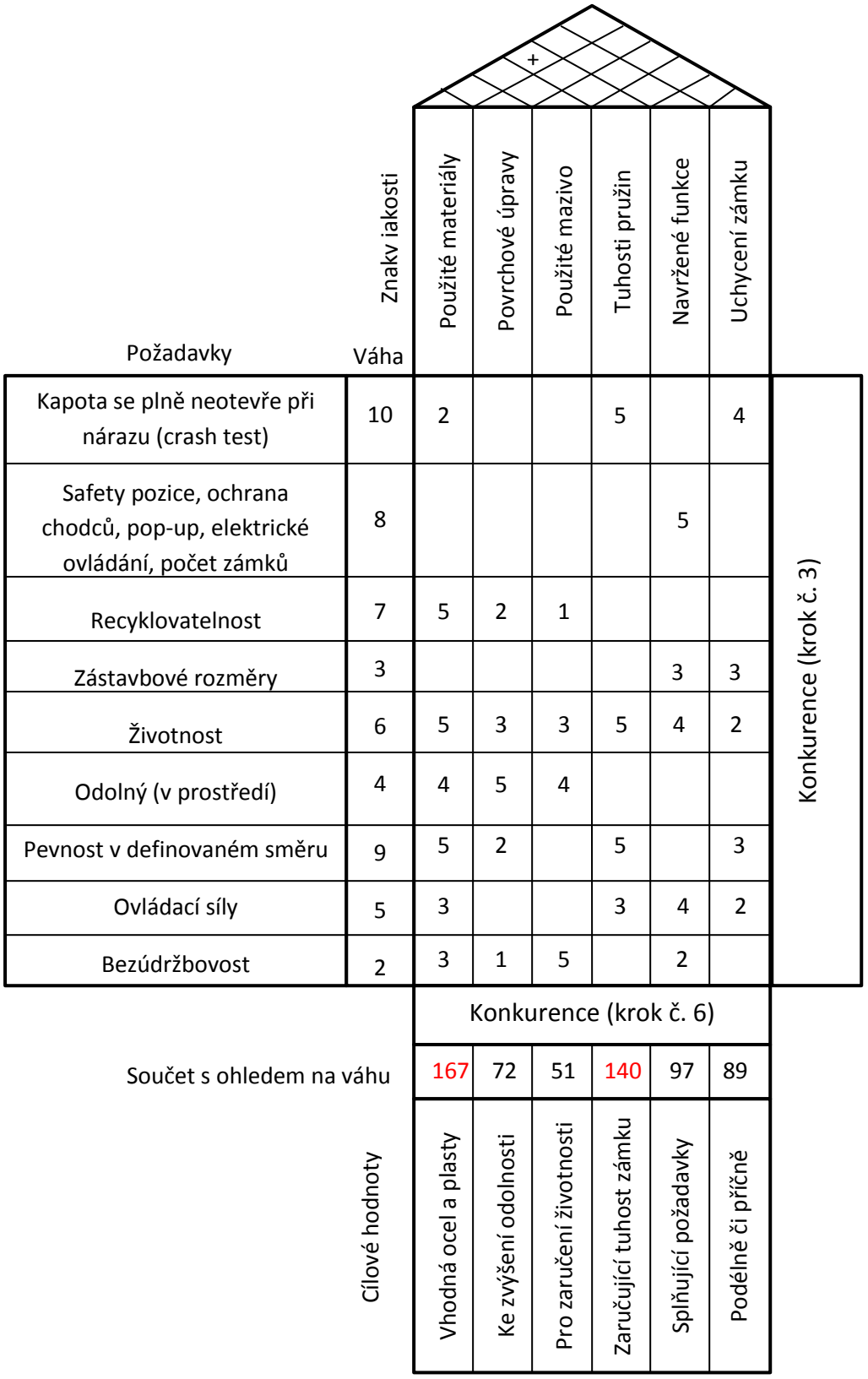
10*4 + 3*3 + 6*2 + 9*3 + 5*2 = 89

	Použité materiály	Povrchové úpravy	Použité mazivo	Tuhosti pružin	Navržené funkce	Uchycení zámku
10	2			5		4
8					5	
7	5	2	1			
3					3	3
6	5	3	3	5	4	2
4	4	5	4			
9	5	2		5		3
5	3			3	4	2
2	3	1	5		2	
	167	72	51	140	97	89
	Vhodná ocel a plasty	Ke zvýšení odolnosti	Pro zaručení životnosti	Zaručující tuhost zámku	Splňující požadavky	Podélně či příčně

Tabulka 14 - QFD kroky 7 a 8 pro kapotový zámek

Nejvíce podmiňující znaky jsou použité materiály a tuhosti pružin. U těchto parametrů je vhodné mít zvýšené cílové hodnoty. Pro navržení cílových hodnot je zapotřebí podrobného rozboru parametrů, pro zvolené obecné pojetí je krok 8 obtížný – zde navržené cílové hodnoty pouze ukazují princip jakým se ubírat, ale určitě by v praxi takto definované být nemohly.

12.4.9 Výsledný dům jakosti kapotového zámku



Požadavky	Váha	Znaky jakosti: Použité materiály	Povrchové úpravy	Použité mazivo	Tuhosti pružin	Navržené funkce	Uchycení zámku	Konkurence (krok č. 3)
Kapota se plně neotevře při nárazu (crash test)	10	2			5		4	
Safety pozice, ochrana chodců, pop-up, elektrické ovládání, počet zámků	8					5		
Recyklovatelnost	7	5	2	1				
Zástavbové rozměry	3					3	3	
Životnost	6	5	3	3	5	4	2	
Odolný (v prostředí)	4	4	5	4				
Pevnost v definovaném směru	9	5	2		5		3	
Ovládací síly	5	3			3	4	2	
Bezúdržbovost	2	3	1	5		2		
		Konkurence (krok č. 6)						
Součet s ohledem na váhu		167	72	51	140	97	89	
Cílové hodnoty		Vhodná ocel a plasty	Ke zvýšení odolnosti	Pro zaručení životnosti	Zaručující tuhost zámku	Splňující požadavky	Podélně či příčně	

Tabulka 15 - Dům kvality kapotového zámku

13 Závěr

V bakalářské práci „Eliminace chyb v konstrukčním procesu“ byly souhrnně popsány různé metody analýzy rizik – konkrétně nástroje pro plánování jakosti. Z práce vyplývá, že jednotlivé metody lze použít pro různé situace, či komplexně jako celý soubor snižování rizik. Například:

- Při vývoji nového výrobku je vhodná aplikace FMEA, která poskytne souhrnné informace o „všech“ potenciálních vadách, které by mohly být v průběhu celého životního cyklu s výrobkem spojeny
- Hledá-li se pravděpodobnost, s jakou nastane právě jedna konkrétní vada, je vhodné využít metodu FTA
- Pokud je potřeba rozlišit nejvýznamnější parametry produktu od méně ovlivňujících znaků, hodí se sestavit Dům jakosti (QFD), který podle stupně naplnění požadavků ohodnotí a tím i rozliší technické parametry
- Pro snižování chyb slouží i kontrolní plán, který zaznamenává informace spojené s měřením a kontrolou vyrobených kusů. Není totiž reálně možné měřit 100% parametrů na všech vyrobených kusech.
- Komplexní skupinou analýzy rizik je tzv. vzorkování, které přesně určuje, co je (podle zákazníka) potřeba provést před počátkem sériové výroby určitého dílu (obzvlášť pro automobilový průmysl)
- atd.

Jelikož práce byla zadána ve spolupráci s WITTE Automotive Nejdek, tak v části případové studie byly metodiky představeny na výrobku „kapotový zámek“. Analýza možností vzniku vad a jejich následků zobrazila vybraný úsek FMEA společnosti WITTE, který byl dodatečně okomentován, a tím bylo poukázáno na teoretické poznatky uplatněné v praxi. V prakticky provedené Analýze stavu poruchových stavů (FTA) se zaměřilo na riziko vzniku nežádoucího hluku (vůči specifikaci). Na základě výpočtů bylo odhadnuto, že taková situace se vyskytne s pravděpodobností 0,17%. V QFD byly zachyceny zákonné a zákazníkovi požadavky na kapotový zámek, dále pak jeho zjednodušené měřitelné parametry. Z těchto údajů byl sestaven Dům kvality, následně proběhla analýza závislosti požadavků na znacích a nakonec se vyhodnotily nejvíce ovlivňující parametry zámku – těmi byly určeny použité materiály a tuhosti pružin.

Dále je do práce zahrnuto několik příloh, které s problematikou souvisí nebo ji zpřehledňují či rozšiřují.

Nástroje pro plánování jakosti jsou bezesporu velmi užitečnou a výhodnou investicí, protože jednak snižují náklady spojené s pozdní opravou vzniklých vad, dále proto, že zvyšují spokojenost zákazníka (menší zmetkovitost, vyšší kvalita, větší důvěryhodnost,…), ale hlavně jsou prevencí proti ohrožení bezpečnosti.

I tak je ale zapotřebí si uvědomit, že analýza rizik není jedinou věcí, kterou lze snížit výskyt vad. Protože, obzvlášť pro konstruktéra, vše začíná již „na papíře“. Je tedy hlavně jeho úkolem a zodpovědností, aby jím vytvořené výkresy byly jasné, srozumitelné, přehledné

a rozumně kótované. Tím je myšleno, že kótování neměřitelných znaků, zbytečně malé délkové tolerance, náhodně volené geometrické tolerance, apod. to vše způsobuje zvýšené riziko vzniku vad.

Na závěr bych proto chtěla říci, že podle mého názoru by metody popsané v průběhu práce měly být prováděny především osobami zodpovědnými za prevenci rizik, ale samotní konstruktéři by o nástrojích měli mít dostatečné informace, aby s nimi (třeba i jen podvědomě) pracovali a uvědomovali si, jaké množství vad jsou schopni vyeliminovat, bude-li konstrukční dokumentace dobře provedená.

14 Citovaná literatura

1. **Mazínová, Ivana.** Zvyšování tržní úspěšnosti výrobku. *Podklad k přednáškám ZUV.* Plzeň : ZČU, 2018.

2. Životní cyklus produktu. [Online] [Citace: 17. Únor 2018.] https://fim2.uhk.cz/wikicr/web/index.php/home/7-marketing/234-2015-12-22-20-52-28.

3. Životní cyklus výrobku nebo služby. [Online] [Citace: 17. Únor 2018.] https://managementmania.com/cs/zivotni-cyklus-vyrobku-sluzby.

4. **Hosnedl, Stanislav.** Design for X. *Podklady k přednáškám DFX.* Plzeň : ZČU, 2018.

5. **Ladislav Pěšíčka, Jaroslav Skopal.** Legislativa v oblasti technické normalizace a úloha konstruktéra při zvyšování tržní úspěšnosti výrobku.

6. CE. *Google obrázky.* [Online] [Citace: 3. květen 2018.] https://www.google.cz/search?hl=cs&tbm=isch&source=hp&biw=1366&bih=662&ei=XL7qWpmvBcrGkwWnrYagDw&q=CE&oq=CE&gs_l=img.3..0l10.1045.1213.0.1552.3.3.0.0.0.0.101.190.1j1.2.0....0...1ac.1.64.img..1.2.189.0..35i39k1.0.IGm63rcWAiI#imgrc=FBd7UBHs6ZuWMM:.

7. **Čermák, Miroslav.** Analýza rizik: Jemný úvod do analýzy rizik. *cleverandsmart.* [Online] 20. květen 2010. [Citace: 6. květen 2018.] https://www.cleverandsmart.cz/analyza-rizik-jemny-uvod-do-analyzy-rizik/.

8. Řízení rizik (Risk Management). *managementmania.* [Online] [Citace: 6. květen 2018.] https://managementmania.com/cs/rizeni-rizik.

9. **Plura, J.** *Plánování a neustále zlepšování jakosti.* Praha : Computer press, 2001.

10. **Ford, Desgin Institute.** *Failure Mode and Effect Analysis - FMEA Handbook.* místo neznámé : Ford Motor Company, 2004.

11. Fault Tree Analysis. *Wikipedia.* [Online] [Citace: 10. Březen 2018.] https://en.wikipedia.org/wiki/Fault_tree_analysis.

12. Quality function deployment. [Online] Wikipedia. [Citace: 20. Březen 2018.] https://cs.wikipedia.org/wiki/Quality_function_deployment.

13. **Chaloupka, Jiří.** QFD. *Chaloupka-kvalita.* [Online] [Citace: 20. Březen 2018.] http://www.chaloupka-kvalita.cz/qfd.

14. Metoda QFD. *Animace QFD.* [Online] [Citace: 20. Březne 2018.] www.elearn.vsb.cz/archivcd/FMMI/MJ/Animace/Animace%2009%20-%20QFD.pps.

15. **BOSH.** DoE. *Podklad k přednášce.* 2009.

16. **Netolický, Petr.** DoE - Navrhování experimentů. *Podklad k přednášce.*

17. Design of experiment. *Wikipedia.* [Online] [Citace: 31. březen 2018.] https://en.wikipedia.org/wiki/Design_of_experiments.

18. **Chaloupka, Jiří.** DoE. *Chaloupka-kvalita.* [Online] [Citace: 31. březen 2018.] http://www.chaloupka-kvalita.cz/doe.

19. Analysis of variance. *Wikipedia.* [Online] [Citace: 31. březen 2018.] https://en.wikipedia.org/wiki/Analysis_of_variance.

20. Taguchi methods. *Wikipedia.* [Online] [Citace: 31. březen 2018.] https://en.wikipedia.org/wiki/Taguchi_methods.

21. Experiment. *Wikisofia.* [Online] [Citace: 31. březen 2018.] https://wikisofia.cz/wiki/Experiment.

22. **Eichler, Tomáš.** Kontrolní plán (Control Plan). *Kvalita jednoduše.* [Online] [Citace: 29. března 2018.] http://kvalita-jednoduse.cz/wp-content/uploads/2015/12/KPpouzdro.pdf.

23. —. Kontrolní plán (Control Plan). *Kvalita jednoduše.* [Online] [Citace: 29. březen 2018.] http://kvalita-jednoduse.cz/kontrolni-plan/.

24. **Chaloupka, Jiří.** Kontrolní plán. *Chaloupka kvalita.* [Online] [Citace: 29. březen 2018.] http://www.chaloupka-kvalita.cz/kontrolni-plan.

25. **Dudek, Martin.** Proces schvalování dílů k sériové výrobě (PPAP). *Kvalita jednoduše.* [Online] [Citace: 29. březen 2018.] http://kvalita-jednoduse.cz/ppap/.

26. **DC Corporation, Ford Motor Company, GM Corporation.** *Proces schvalování dílů do sériové výroby (PPAP) - 4. vydání.* Praha : Česká společnost pro jakost, 2006. ISBN 80-02-01833-8.

27. WITTE Automotive - více než 111 let pokroku! *WITTE Automotive.* [Online] [Citace: 4. květen 2018.] https://www.witte-automotive.cz/live/Historie/historie.aspx.

28. **Cibulka, Vojtěch.** *Diplomová práce - Přední kapotový zámek.* Plzeň : -, 2015.

29. **Dieter, G., E., Schmidt, L., C.** *Engineering Design (Fourth Edition).* New York : McGraw-Hill, 2008.

30. **Giesecke, F., E., a kol.** *Technical Drawing* . Upper Saddle River : Pearson Prentice Hall, 2009.

31. Analýza a nápravné opatření. *SMTcentrum.* [Online] [Citace: 31. březen 2018.] http://www.smtcentrum.cz/system-rizeni-vyroby/analyza-a-napravne-opatreni/.

Přílohy:

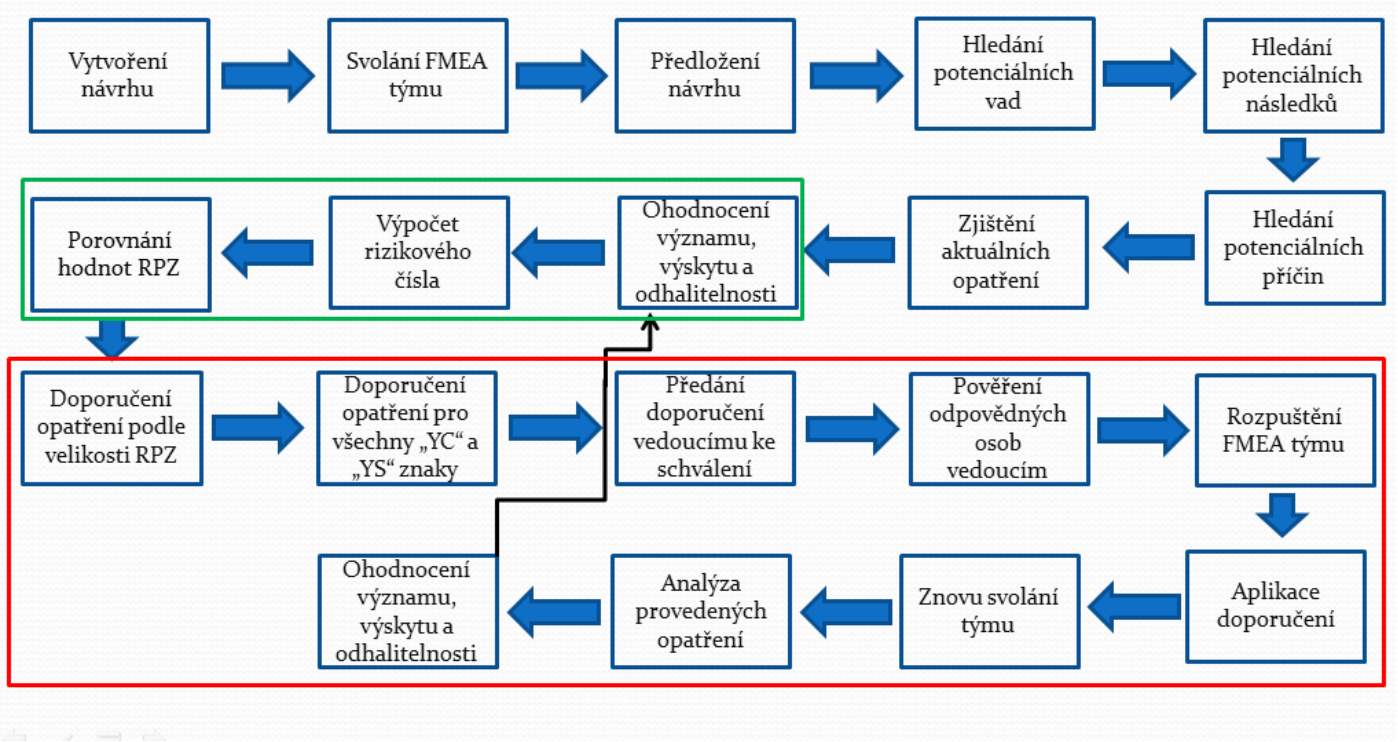
PŘÍLOHA č. 1

Schématický postup metody FMEA

Autor: Tomáš Bláha a Pavlína Vodičková

(příprava na hodinu – Zvyšování tržní úspěšnosti výrobku)

Schématické znázornění níže popisuje posloupnost jednotlivých kroků k vypracování FMEA. V ideálním případě, kdy žádná vada (její rizikovost) nepřesáhne kritickou hodnotu, je analýza zakončena postupem v zeleném rámečku. Pokud však nějaká vada přesáhne riziko nebo je označena symboly YC či YS, je nutné projít i červeným rámečkem. V něm se uzavírá smyčka (znázorněna černou šipkou), která vede opět do zelené oblasti. Počet opakování je závislý na účinnosti a efektivnosti navržených opatření.



PŘÍLOHA č. 2

Procesní FMEA – proces stříhání plechu

Autor: Vlastimil Lácha a Karel Ritter

(příprava na hodinu – Zvyšování tržní úspěšnosti výrobku)

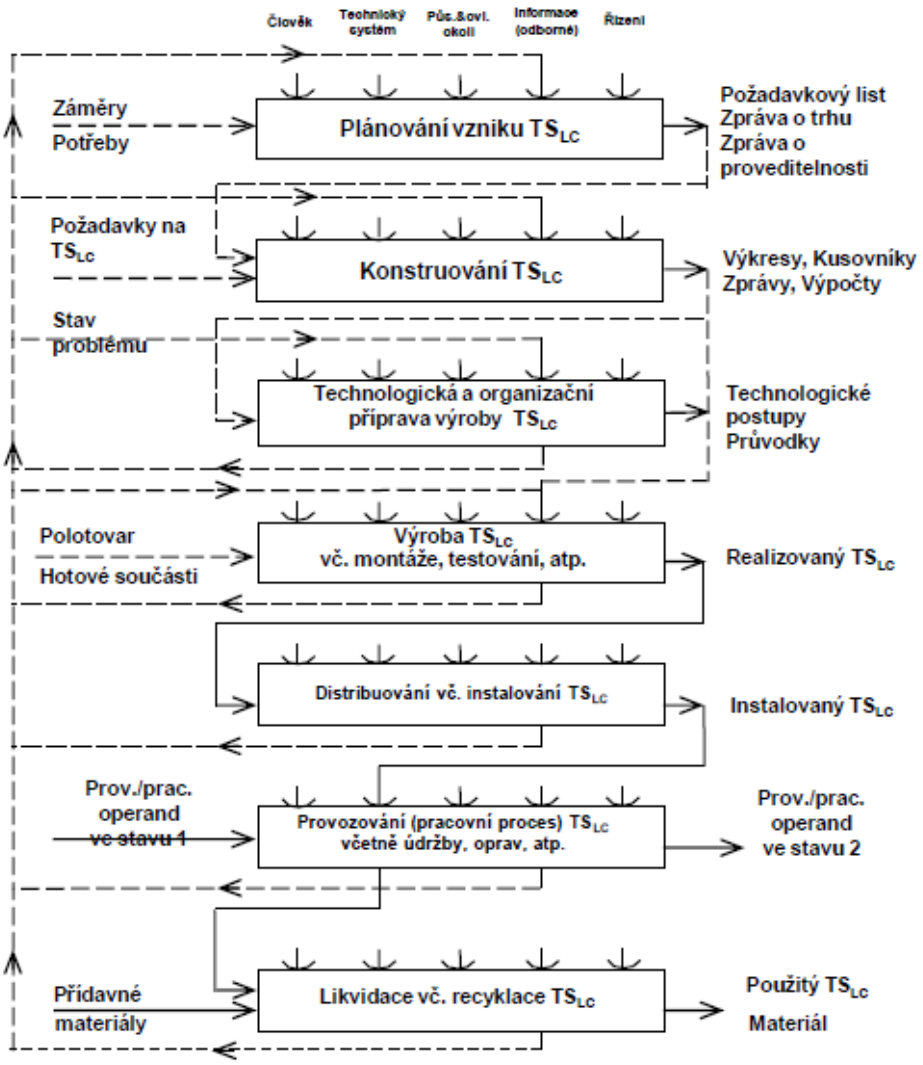
FMEA PROCESU STŘIHÁNÍ PLECHU

Prvek/ funkce	Možná vada	Možné následky vady	Význam	kritičnost	Možné příčiny vady	Výskyt	Stávající opatření pro prevenci	Stávající opatření řízení procesu	Odhalitelnost	Rizikové číslo	doporučená opatření	Odpovědnost/ termín realizace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	Rizikové číslo
Stříhání plechu	Deformace	Nejde smontovat	7		Špatné nastavení střižného nástroje	4	Žádné	Kontrola na počátku směny	5	**140**	Používání dorazů	Lácha 6. 6. 2018	Zavedení používání dorazů	7	4	2	**56**
		Špatný vzhled			Otupení střižného nástroje	5	Broušení střižného nástroje jednou týdně	Vizuální kontrola výstřižku	3	**105**	Žádné	-	-	-	-	-	-
	Špatný rozměr	Nelze použít	9		Špatné nastavení střižného nástroje	4	Žádné	Kontrola na počátku směny	5	**180**	Používání dorazů	Ritter 6. 6. 2018	Zavedení používání dorazů	9	4	2	**72**
		Nelze smontovat			Chybné měření	2	Žádné	Kontrola rozměrů 1x za hodinu	6	**108**	Žádné	-	-	-	-	-	-
	Otřepy	Špatný vzhled	9		Otupení střižného nástroje	5	Broušení střižného nástroje jednou týdně	Vizuální kontrola výstřižku	3	**135**	Žádné	-	-	-	-	-	-
		Poranění obsluhy		YC	Otupení střižného nástroje	3	Broušení střižného nástroje jednou týdně	Vizuální kontrola výstřižku	3	**81**	Přebroušení	Ritter 6. 6. 2018	Zavedeno broušení	8	1	3	24

PŘÍLOHA č. 3

Životní cyklus výrobku

Autor: Stanislav Hosnedl (1) (4)


Člověk
Technický systém
Půs.&ovl. okolí
Informace (odborné)
Řízení
Záměry
Potřeby
Plánování vzniku TSLC
Požadavkový list
Zpráva o trhu
Zpráva o proveditelnosti
Požadavky na TSLC
Konstruování TSLC
Výkresy, Kusovníky
Zprávy, Výpočty
Stav problému
Technologická a organizační příprava výroby TSLC
Technologické postupy
Průvodky
Polotovar
Hotové součásti
Výroba TSLC vč. montáže, testování, atp.
Realizovaný TSLC
Distribuování vč. instalování TSLC
Instalovaný TSLC
Prov./prac. operand ve stavu 1
Provozování (pracovní proces) TSLC včetně údržby, oprav, atp.
Prov./prac. operand ve stavu 2
Přídavné materiály
Likvidace vč. recyklace TSLC
Použitý TSLC
Materiál

PŘÍLOHA č. 4

Riziko výskytu a významu

Autor: Jiří Chaloupka (1)

Problematika zobrazená na obrázku lze označit jako zjednodušená podoba hodnocení FMEA. Vady jsou hledány pro výrobek: Šroub se šestihrannou hlavou. Matice zobrazuje hodnocení významu a výskytu. Tučná křivka odděluje část vad, které je nutno řešit (hledat nápravná opatření), a která jsou „v pořádku“ – čím více v pravém horním rohu, tím důležitější je vadu odstranit.

Takováto tabulka tedy zjednodušuje problematiku s hodnocením odhalitelnosti a zároveň u ní není potřeba počítat rizikové číslo (RPZ).

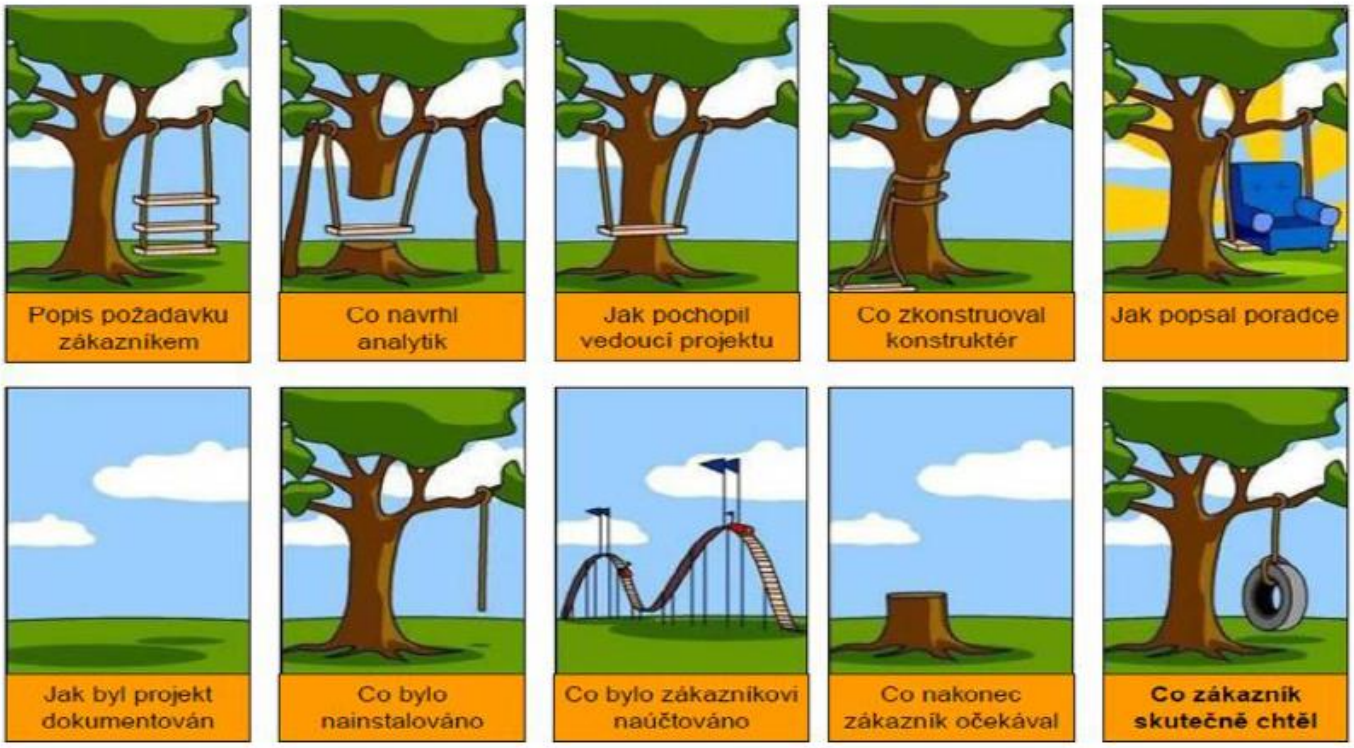
9 –10 ohrožení bezpečnosti		koroze	prasklina pod hlavou		
7 – 8 nefunkčnost			prasklina v závitu, nedováleovaný závit, potrhaný		
4 – 6 zákazníkovi vadí, obtěžuje		potlučená hlava, poškrábaná hlava	poškrábaný závit	potlučený závit	
3 – 4 zákazník zaregistruje, nevadí		špinavý		mastný	
1 – 2 zákazník nezaregistruje					otisky prstů
	1 – 2 nikdy	3 – 4 zřídka	4 – 6 přichází v úvahu	7 – 8 často	9 – 10 jistě

PŘÍLOHA č. 5

Problematika porozumění požadavkům

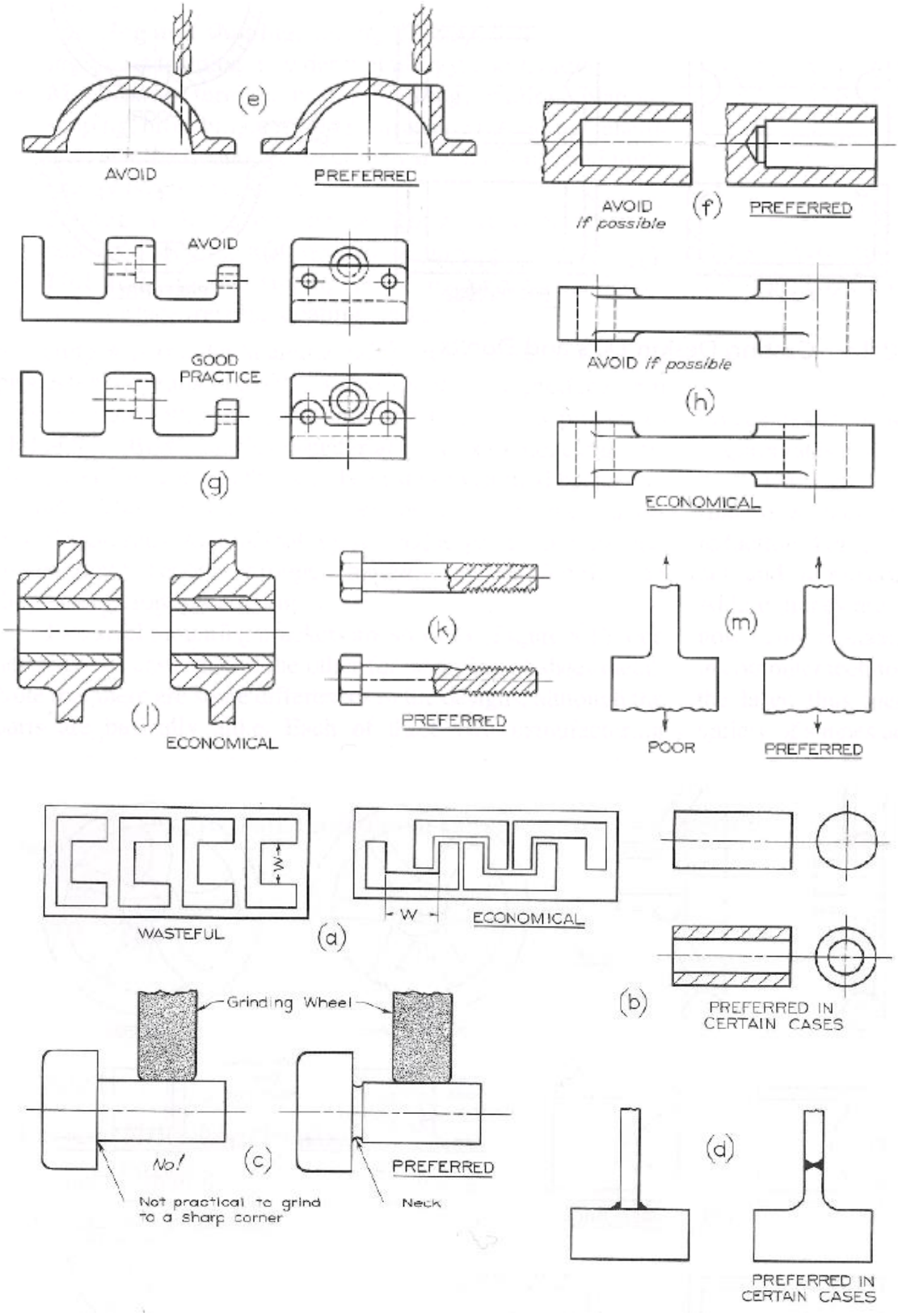
Autor: (1) (29)

Obrázek níže zobrazuje problematiku nestejnorodosti představ o požadavcích. Tématika souvisí s metodou QFD, kde je zvýšený ohled na zákazníkovy požadavky. Obrázek vede k uvědomění, že je zapotřebí se dostatečně ujistit, že zákazníkovým požadavkům dobře rozumíme a že si zákazník sám umí představit, co vlastně požaduje podle svého popisu.



PŘÍLOHA č. 6

Eliminace vad „na papíře“ – na výkrese

Autor: (30)

Obrázky níže jsou vyňaty z uvedeného zdroje. Jsou nositeli myšlenky, že konstruktér by se měl zamyslet, jestli navrhovaná součást nelze zjednodušit pro výrobu a přitom zachovat její funkčnost. Je-li takové tvarové přizpůsobení možné, je velmi vhodné ho provést. Dále je zapotřebí rozumné kótování výkresu (viz závěr) – podrobným rozborem této problematiky se zabývají normy GPS – Geometrická specifikace produktu.