ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Alexeeva Elena

ŘÍZENÍ KVALITY A OPTIMALIZACE ŘEŠENÍ KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ AUTOMOBILU

Diplomová práce

Studijní program: Technika a technologie v dopravě a spojích (Praha)
Studijní obor: Dopravní systémy a technika

Vedoucí práce: doc. Ing. Jaroslav Machan, CSc.
Prof. Ing. Jiří Dunovský, CSc., IWE.

2017

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

FAKULTY OF TRANSPORTATION

Bc. Alexeeva Elena

VEHICULAR AIR CONDITIONING QUALITY MANAGEMENT AND OPTIMIZATION

Diploma thesis

Study programme: Technology and Technics of Transport and Communications
Branch od study: Transport Systems and Technics

Thesis advisor: doc. Ing. Jaroslav Machan, CSc.
Prof. Ing. Jiří Dunovský, CSc., IWE.

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K616.....Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Elena Alexeeva

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Řízení kvality a optimalizace řešení klimatizačního zařízení automobilu**

Název tématu (anglicky): Vehicular air conditioning quality management and optimization

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Metody kvality používané ve fázi vývoje výrobku
- Projekt iHVAC a jeho současné výstupy
- Porovnávací analýza funkčního prototypu a testovací verze systému HVAC pomocí metod kvality
- Analýza pravděpodobných budoucích problémů spojených s využitím systému HVAC prostřednictvím FMEA
- Diskuze výsledků

ČVUT FD

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Machan J., Tobiška J., Bakošová D.,Baumruk P. Metody kvality uživané ve fázi vývoje výrobku - aplikace v automobilovém průmyslu. II. přepraované a rozšířené vydání. Mladá Boleslav, 2012. 117 stran.

ISBN: 978-80-87042-50-2

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Jaroslav Machan, CSc.**
prof. Ing. Jiří Dunovský, CSc., IWE.

Datum zadání diplomové práce: **15. července 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. května 2017**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE Fakulta dopravní L. S.

doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků

prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Elena Alexeeva
jméno a podpis studenta

V Praze dne 15. července 2016

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat svému školiteli doc. Ing. Jaroslavovi Machanovi, CSc. za odborné vedení a pomoc při zpracování diplomové práce. Děkuji kolektivu řešitelů projektu iHVAC z ČVUT, VUT v Brně a zaměstnancům společnosti Škoda Auto za cenné rady, konzultace a ochotu, které významně pomohly ve zpracování této práce. V neposlední řádě chci poděkovat své ruské a španělské rodině a osobně Ing. Benjaminu Lafargovi a Natalii Buldakove za morální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

PROHLÁŠENÍ

Překládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě Dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 30. května 2017 ……

podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

ŘÍZENÍ KVALITY A OPTIMALIZACE ŘEŠENÍ KLIMATIZAČNÍHO ZAŘÍZENÍ AUTOMOBILU

Diplomová práce

Květen 2017

Elena Alexeeva

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce "Řízení kvality a optimalizace řešení klimatizačního zařízení automobilu" je analýza jednotlivých módů grafického uživatelského rozhraní systému iHVAC pomocí metod kvality používaných ve fázi vývoje. Na základě výsledků dané analýzy byl navržen optimální ovládací mód a následně provedeno posouzení rizik spojených s jeho implementací a užitím.

Klíčová slova

Metody kvality, QFD, FMEA, iHVAC, grafické uživatelské rozhrání.

CZECH TECHNICAL UNIVERSITY IN PRAGUE

Faculty of transportation

VEHICULAR AIR CONDITIONING QUALITY MANAGEMENT AND OPTIMIZATION

Diploma thesis

May 2017

Elena Alexeeva

ABSTRAKT

The goal of the diploma thesis "Vehicular Air Conditioning Quality Management and Optimization" is the analysis of the particular graphical user interface modes of the iHVAC system carried out by applying the quality improvement methods used during the phase of the product development. Based on the results of above mentioned analysis had been designed the new optimal GUI mode and were evaluated the risks connected to its implementation and use.

Key words

Quality improvement methods, FMEA, QFD, iHVAC, graphical user interface.

OBSAH

Seznam použitých zkratek....7

Úvod....9

1. Metody kvality....10

1.1. Klasifikace metod kvality používaných ve fázi vývoje produktu**.....**....10

1.2. Metody pro zjišťování požadavků zákazníků....11

1.2.1 Dotazníkové šetření....11

1.2.2 Skupinová diskuze....12

1.2.3 Hlasité myšlení....12

1.2.4 Klinická studie....13

1.2.5 ConceptLab....14

1.2.6 QFD....15

1.3. Metody k zajištění úspory nákladů....20

1.3.1 DFM....20

1.3.2 DFA....21

1.3.3 DFS....21

1.3.4 DFE....21

1.4. Metody směřující k eliminaci chyb....21

1.4.1 Typy FMEA....22

1.4.2 Zpracování FMEA....23

1.5. Podpůrné metody....26

2. Projekt iHVAC a jeho současné výstupy....27

2.1. Systém HVAC....27

2.2. Systém iHVAC v automobilovém průmyslu....28

2.3. Popis uživatelského rozhranísystému iHVAC 29
3. Analýza QFD grafického rozhraní iHVAC 36
3.1. Vstupní data 36
3.2. QFD analýza stávajících módů funkčního prototypu uživatelského rozhrání 37
3.3. Návrh testovací verze (optimálního módu) uživatelského rozhranía jeho vyhodnocení prostřednictvím QFD analýzy 41
4. FMEA 46
4.1. Přípravná fáze FMEA 46
4.1.1 FMEA jako skupinová analýza 46
4.1.2 Zajištění dostatku času pro FMEA jednání 47
4.1.3 Správný výběr moderátora jednání FMEA 47
4.1.4 Seznámení expertního týmu se základními postupy FMEA ..48
4.1.5 Definice systému koeficientů pro vyhodnocení závažnosti, četnosti a odhalitelnosti chyby 48
4.1.6 Příprava vyhodnocovacího systému koeficientů pro vyhodnocení závažnosti, četnosti a odhalitelnosti chyby před zahájením jednání 49
4.1.7 Vyvarování proti zaměření FMEA na příliš rozsáhlé téma 50
4.1.8 Použití FMEA pro zlepšování procesů a produktu 50
4.2. FMEA pro mód A 50
5. Diskuze výsledků 53
6. Doporučení dalšího směru výzkumu 55
6.1. Skupinová diskuze 55
6.2. Testování módu A 55
6.3. FMEA 56

7. Závěr 57
8. Bibliografie 58
9. Seznam obrázků 61
10. Seznam tabulek 62
11. Seznam příloh 62

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

HVAC	-	angl. *Heating, Ventilation and Air Conditioning* – víceúčelové zařízení umožňující ovládání klimatu v uzavřeném objektu
iHVAC	-	angl. *Innovative Heating, Ventilation and Air Conditioning* - inovativní řízení HVAC systému
FMEA	-	angl. *Failure Mode and Effects Analysis* - metodická analýza potenciálních rizik a problémů navrhovaného řešení
TAČR	-	Technologická agentura České republiky
QFD	-	angl. *Quality Function Deployment* – metoda pro zákaznicky orientované plánování produktu
UI	-	angl. *User Interface* – uživatelské rozhrání
SUI	-	angl. *Solid User Interface* – uživatelské rozhraní tvořené fyzickými prvky
GUI	-	angl. *Graphic User Interface* – grafické uživatelské rozhraní
HMI	-	angl. *Human-Machine Interface* – rozhraní mezi člověkem a strojem
ČVUT	-	České Vysoké Učení Technické v Praze
VUT	-	Vysoké Učení Technické v Brně
DFM	-	angl. *Design for Manufacturing* – metoda, jejíž cílem je úspora nákladu při výrobě dílů.
DFA	-	angl. *Design for Assembly* – metoda, jejíž cílem je úspora nákladů ve fázi montáže
DFS	-	angl. *Design for Services* – metoda, jejíž cílem je úspora nákladu v průběhu oprav a výměn jednotlivých dílů.
DFE	-	angl. *Design for Environment* – metoda, jejíž cílem je úspora nákladů ve fázi recyklace dílů.

VoC	-	angl. *Voice of Customer* – Metody pro zjišťování požadavků zákazníků
DFMAS	-	angl. *Design For Manufacture, Assembly and Services* – souhrn metod, základním cílem jejichž aplikace je usnadnit a zefektivnit výrobu, montáž a obsluhu produktu.
K-FMEA	-	Konstrukční FMEA
P-FMEA	-	Procesní FMEA
S-FMEA	-	Systémová FMEA
RPN	-	angl. *Risk Priority Number* – koeficient, který určuje závažnost poruchy ve FMEA
TRIZ	-	Tvorba a Řešení Inovačních/Invenčních Zadání
SET	-	Skupina odborníků vybraná pro provedení FMEA
SUI	-	Solid User Interface, ovládání systému pomocí fyzických prvků

ÚVOD

Současná doba je vyznamenána velmi rychlým technickým pokrokem a uplatněním inovačních řešení ve všech oblastech našeho každodenního života. Jednou z odvětví, jejichž úspěch nejvíce závisí na rychlosti rozvoje technologií a implementaci technických novinek je automobilový průmysl. Auto dávno přestalo být jen dopravním prostředkem, teď je to počítač, který musí odhadnout přáni svého uživatele a co nejlépe je realizovat.

Společnost ŠKODA Auto je největším českým výrobcem automobilů, který je celosvětově znám díky implementaci nestandardních designových a technických řešení a kvalitě svých výrobků. Tato vize se promítla i do výzkumné činnosti společnosti, která dlouhodobě spolupracuje s nejlepšími technickými univerzitami pro podporu inovací.

Avšak řešení, které nabídnou techničtí specialisté, neznamená ukončení výzkumu. Je to většinou jenom začátek procesu, v jehož průběhu toto řešení bude prezentováno a následně i upraveno zákazníkem. Nejúčinnějšími nástroji pro daný výzkum jsou metody kvality. Oni zajišťují propojení lidských subjektivních pocitů a technických detailů výrobku a zajištují úspěch produktu na trhu.

Táto diplomová práce je věnována aplikaci metod kvality užívaných ve fází vývoje výrobku za účelem přizpůsobení návrhu grafického uživatelského rozhraní systému iHVAC požadavkům potenciálních zákazníků a snížení rozptýlení řídíce. Nově navržené rozhraní musí docílit vetší intuitivnosti při ovládaní systému, což bude mít pozitivní vliv na bezpečnost silničního provozu. Diplomová práce je zpracována za podpory a ve spolupráci se společností ŠKODA Auto.

1. Metody kvality

Kvalita je definovaná jako souhrn všech konstrukčních a výrobně technických charakteristik, které určují úroveň, jakou produkt naplní očekávání zákazníka (1). Metody kvality lze definovat jako nástroje, sloužící pro neustálé zlepšení kvality výrobních procesů, zvyšování jejich produktivity a následné snižování ceny konečného výrobku. Metody kvality nejsou úzce orientovanými nástroji a mohou být aplikované na velice širokém spektru firemních procesů.

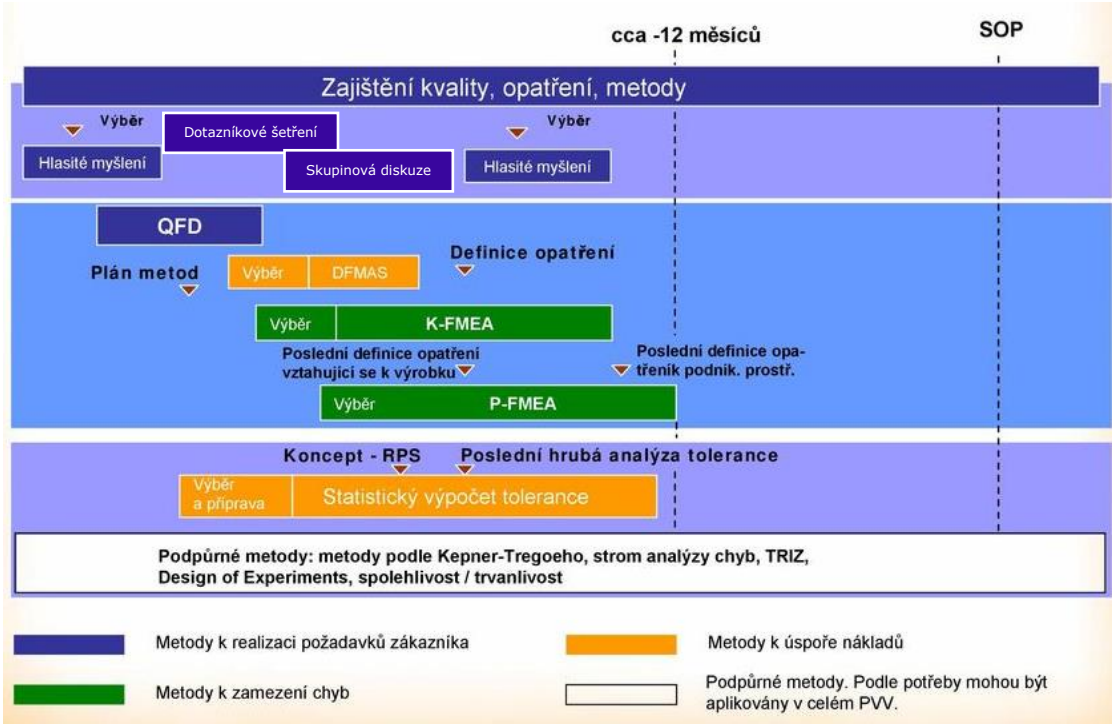
V souvislosti s danou problematikou je potřeba jasně rozlišit dvě skupiny metod kvality a jakosti. Jedná se o metody, které se uplatňují v průběhu vývoje produktu a jsou schopny odhalit potenciální poruchy výrobků, lépe je přizpůsobit požadavkům zákazníka, energeticky zefektivnit a následně i zlevnit, a dalších, co se uplatňují až v průběhu výroby a odhaluji nedokonalosti konečných výrobků bez jakékoliv možnosti změny. Daná práce bude zaměřená na aplikaci první skupiny metod.

1.1. Klasifikace metod kvality používaných ve fází vývoje produktu

Metody využívané ve fází vývoje produktu podporují dosažení cílů kvality a jsou tříděny do čtyř hlavních skupin:

- Metody pro zjišťování požadavků zákazníků a jejich implementace do projektu připravovaného výrobku;
- Metody k zajištění úspory nákladů, zvýšení produktivity a celkově ke zlepšení ekonomických ukazatelů projektů;
- Metody směřující k eliminaci chyb;
- Podpůrné metody (2).

Příklady metod spadajících do jednotlivých vyše vyjmenovaných skupin a moment jejich implementace v návaznosti na proces vývoje produktu je uveden na následujícím obrázku (Obrázek 1).



Obrázek 1 Přehled metod kvality využívaných ve fázi vývoje výrobku

Zdroj: (2)

1.2. Metody pro zjišťování požadavků zákazníků

Daná kapitola bude věnovaná metodám kvality, které se nejčastěji používají za účelem zjištění požadavků zákazníků ve společnost Škoda Auto s.r.o., s níž v těsné spolupráci byla připravena tato diplomová práce. Obecně v mezinárodní literatuře se této metody sjednocují pod anglickým názvem Voice of Customer – VoC.

1.2.1 Dotazníkové šetření

Dotazníkové šetření – nejčastěji používaná metoda v marketingových průzkumech metoda. Výsledek aplikace metody je velmi závislý na kvalitě přípravy, správném sestavení dotazníku a určení cílové skupiny zákazníků. Často výsledky dotazníkového šetření jsou využívané jako vstupní data pro následující analýzy pomoci jiných metod kvality.

1.2.2 Skupinová diskuze

Skupinová diskuze - angl. *Focus Group* – spadá do skupiny kvalitativních metod. Kvalitativní metody jakosti jsou charakterizované zejména tím, že snaží získat maximálně detailní informace od menšího počtu respondentů. Skupinová diskuze má za cíl odhalit základní požadavky a trendy určité skupiny spotřebitelů. Diskuze je moderovaná odborníkem z oblasti výzkumu, který má na starosti její usměrňování za účelem dosažení požadovaných výsledků. Obvykle skupinová diskuze trvá 2 hodiny, v určitých případech i déle. Optimální počet respondentů činí 8 až 10 osob, z nich reprezentantů cílové skupiny je 50-75 %. Pořizování videozáznamu v průběhu diskuze není nezbytně nutné, avšak je to jedním ze základních doporučení. Existence videozáznamu významně usnadňuji proces vyhodnocení.

Obrázek 2 Pozorování procesu skupinové diskuze přes jednocestné zrcadlo

Zdroj: (12)

1.2.3 Hlasité myšlení

Hlasité myšlení – něm. *Lautes Denken* – je komplexnější kvalitativní metoda, která spojuje dotazníkové šetření, metodu rozhovoru a skupinovou diskuzi. Základním cílem dané metody je ověření koncepce

projektu a odhalení zákaznických požadavků a názorů ve vztahu k projektu. Nejtěžším úkolem metody je za relativně krátký čas nalézt událostí, které by za praktického využití objektů byly odhaleny v průběhu cca 100 hodin. Pro aplikaci dané metody je nezbytně nutné mít funkční prototyp nového výrobků anebo reálný sériový výrobek, jehož chtějí modernizovat. Nejoptimálnější počet účastníků procesu hlasitého myšlení je 12, tento počet byl stanoven empiricky a je postačující pro to, aby ke zkoumanému objektů poskytl minimálně 2000 poznámek. Se snižujícím se počtem respondentů/probandů počet vyjmenovaných požadavků neustále klesá, navíc ztrácejí na kompletnosti a jsou ve větší míře personalizované, nikoliv obecné pro zájmovou věkovou skupinu. Větší proband pool poskytne více poznámek, avšak snižuje efektivitu aplikace metody, jelikož se zvýší i počet duplicit.

První etapou hlasitého myšlení je dvouhodinový moderovaný rozhovor s respondentem, v jehož průběhu dotazovaný různě zkoumá objekt zájmu, v případě auta sedá do něj na různá místa, otevírá dveře a úložní prostory, zapíná systémy aj. V průběhu dané fáze se pořizuje videozáznam celého procesu hlasitého myšlení.

Po vyhodnocení výsledku první fáze jsou vybraní respondenti jsou zváni na skupinovou diskuzi. Obvykle v rámci vyhodnocení jednoho objektu/konceptu se pořizuje jedna skupinová diskuze.

1.2.4 Klinická studie

je kombinací kvalitativních a kvantitativních metod. Skládá se z kvalitativní skupinové diskuze a kvantitativního dotazování, v jehož průběhu se provádí sběr základních informací od velké skupiny respondentů. Základním cílem klinické studie je zjistit zákaznický pohled na koncept nového produktu a získat vyhodnocení designu, technického řešení a dalších. Obvykle informace zjištěné v průběhu klinické studie slouží jako podklad pro rozhodování o pokračování vývoje produktu anebo pro určování směru marketingové politiky pro daný produkt.

Respondenti pro dotazování v rámci klinické studie musí být z různých zemí. Počet probandů je určen požadavkem zákazníka studie, avšak obvykle pohybuje mezi 100-150 pro každý stát. Dotazování respondenta probíhá metodou face-to-face. Po ukončení kompletního procesu dotazování se postupuje do fáze skupinových diskuzí, přičemž se provádí 6 diskuzí pro jednotlivou zemi. Hlavními rozdíly metod hlasitého myšlení a klinické studie je měřítko výzkumu a také to, že v prvním případě se skupinová diskuze provádí mezi již dotazovanými respondenty, ale v případě klinické studie – s novými probandy, tj. těmi, co nezúčastnili první fáze výzkumu.

K cílům klinické studie mimo jiné patří:

- Posouzení designu produktu
- Charakteristika produktu
- Umístění produktu v konkurenčním poli
- Určení profilu potenciálního zákazníka
- Cenový test (ještě nazýván jako Conjoint test, je používán k určení preferencí zákazníky proměnných charakteristik produktu a jejich nejvhodnějších kombinací)
- Důvody ke koupi produktu
- Test potenciálních jmen
- Optimalizační potenciál produktu (z technologického a designového hlediska) (2)

1.2.5 ConceptLab

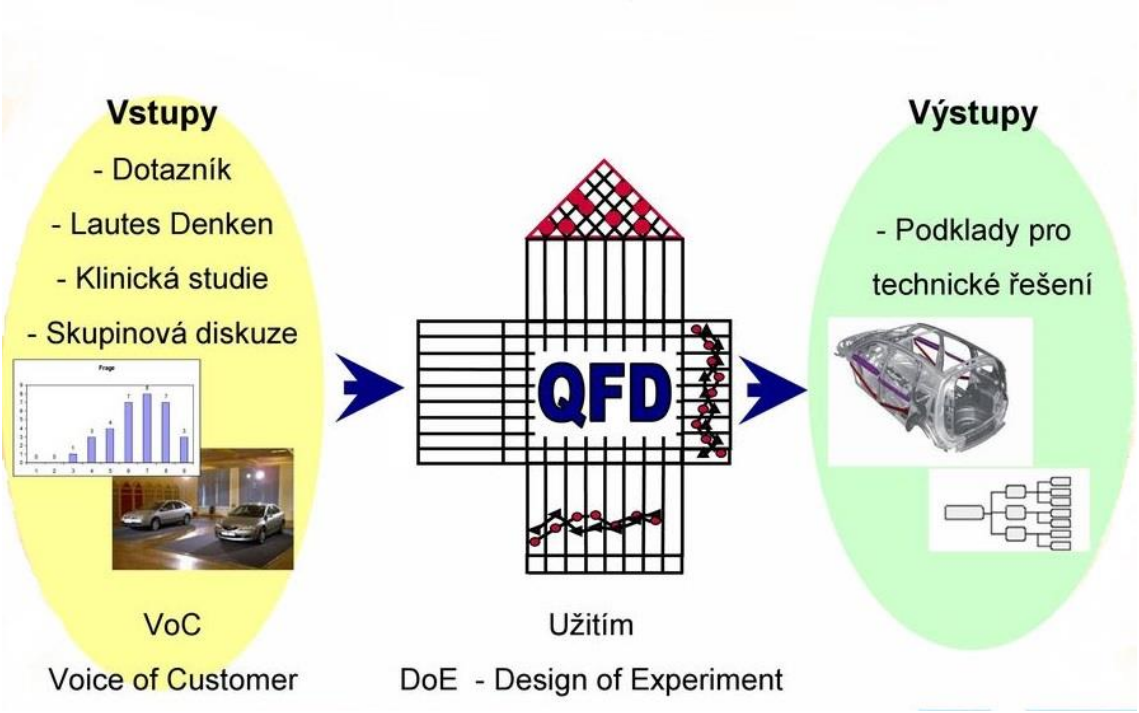
ConceptLab je kvalitativní metodou jakosti, která je obvykle aplikována na začátku procesu vývoje produktu. Její hlavním cílem je stanovit hlavní požadavky a očekávání zákazníků od designu budoucího produktu. ConseptLab se provádí formou skupinových diskuzí se specifickou skupinou respondentů, které byli vybrány na základě určitých kritérií (v případě společnosti Škoda Auto, například, to mohou být lide, co vlastní auto třídy Premium a chystají si koupit nový vůz stejné třídy). Celá

skupinová diskuze v daném případě se soustřeďuje na předchozích zkušenostech respondentů – jakou roli ve výběru současně vlastněného produktu hrál design, jak produkt měl vypadat pro zvýšení jeho atraktivity, aj. V podstatě, ConseptLab hodnotí design stávajících prvků a produktu za účelem stanovení současných problémů a jejich opravy v budoucím návrhu.

1.2.6 QFD

Další často používanou metodou kvality ke stanovení a realizaci požadavků zákazníků je metoda QFD, anebo Quality Function Deployment. Je to metoda, která pochází z japonské školy kvality, popsal ji a vymyslel Dr. Yoji Akao v roce 1966 (3). Metoda QFD v podstatě působí jako interface mezi požadavky zákazníků a stanovením technických parametrů budoucího produktu.

Obrázek 3 znázorňuje, že vstupem do metody QFD jsou výsledky výzkumu pomocí metod VoC – Voice of Customer, anebo metod pro zjišťování požadavků zákazníků. Výsledkem jsou požadované technické charakteristiky produktu.



Obrázek 3 Metody QFD jako interface mezi požadavky zákazníků a technickým řešením produktu

Zdroj: (2)

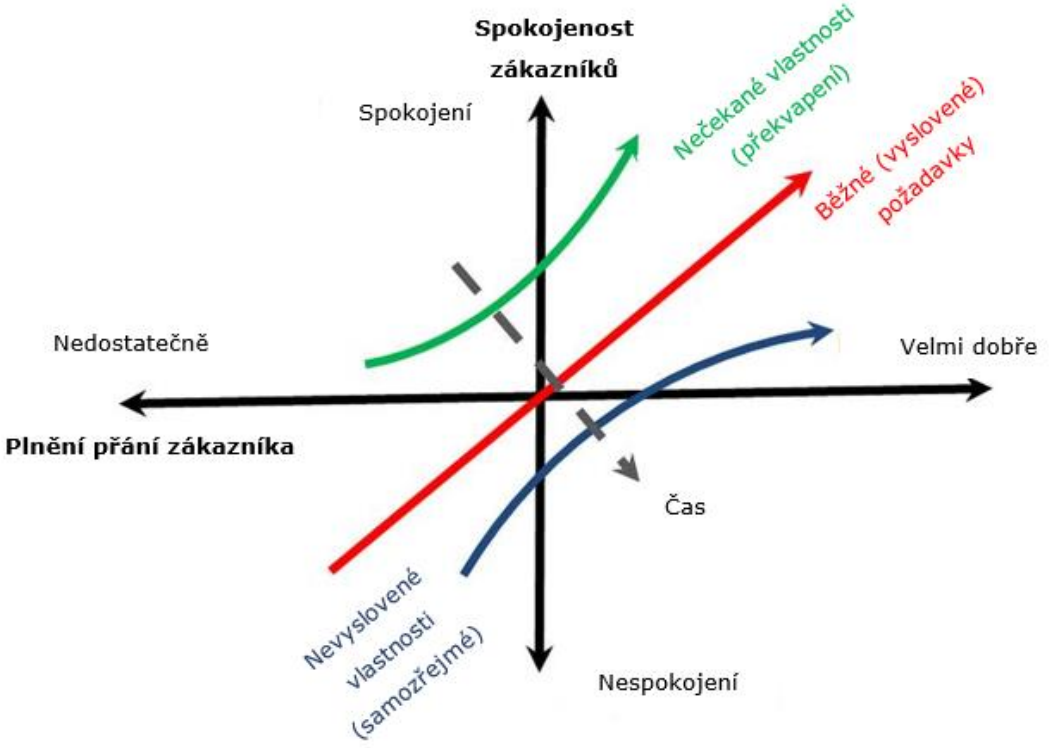
QFD se používá k vyřešení následujících problémů a úkolů:

- Splnění očekávání zákazníků;
- Přímé zohlednění požadavků zákazníků;
- Pochopení potřeb zákazníků, vývojářů, výrobců a prodejců produktu;
- Získaní konkurenční výhody;
- Vyhodnocení vztahu požadavků a řešení;
- Zajištění interakce jednotlivých vývojových oddělení, která pracuje na vývoji produktu (4).

Metoda QFD se uplatňuje při:

- Vývoji nového produktu nebo komponent;
- Zlepšování stávajícího produktu nebo komponent;
- Optimalizaci procesu nebo produkce;
- Plánování procesu nebo produkce;

— Administraci;
— Práci s názory zákazníků (5).



Obrázek 4 Kano model

Zdroj: vlastní

V souladu s modelem Kano (**Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**) p ožadavky zákazníků jsou řazeny do 3 základních skupin:

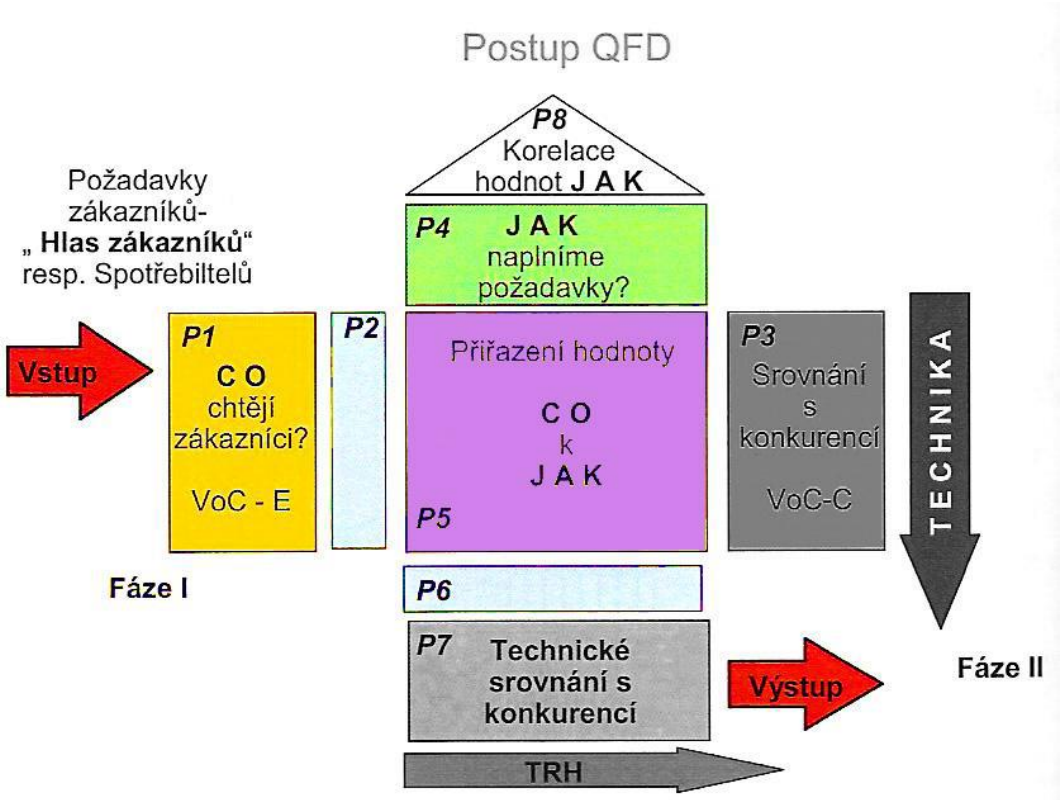
1. Nečekané vlastnosti – takové vlastnosti produktu, které zákazník obvykle neočekává a v případě, že produkt je má, je pozitivně překvapen. Tím, že obvykle zákazník nepředpokládá, že výrobek dané vlastnosti může mít, nedokáže je při dotazovaní vyjmenovat.
2. Běžné vlastnosti – takové, které zákazník bude schopen při dotazování vyjmenovat, jelikož předpokládá, že kvalita produktu vychází z těchto vlastností.

3. Nevyslovené vlastnosti jsou takové vlastnosti produktu, které zákazník považuje za samozřejmé a nevěnuje jim pozornost až do té doby, kdy přestanou správně fungovat.

Je zřejmé, že naplnění požadavků zákazníka je komplikovaná úloha, jelikož produkt musí nejenom odpovídat očekávaním, ale i překvapit uživatele svou funkčností.

Metoda QFD využívá maticového zápisu, který je znázorněn na následujícím obrázku (Obrázek 5).

Plnění přání zákazníka



Obrázek 5 Struktura QFD

Zdroj: (2)

Tabulka 1 obsahuje popis jednotlivých polí maticové struktury QFD.

Tabulka 1 Popis maticové struktury QFD

Pole	Obsah
P1	Požadavky zákazníků, které jsou výstupem jedné z metod VoC, případně mohou být vyjmenované zadavatelem.
P2	Priority požadavků, které mohou být určeny zákazníky v průběhu metody VoC anebo zadavatelem. Priority nabývají hodnot 1 až 9, přičemž 1 je nejnižší hodnota.
P3	Srovnání s konkurenci. Jedno z volitelných polí, zde se uvádí hodnoty srovnání konkurenčních výrobků s výrobky referenčními podle uvedených požadavků/vlastností. Srovnávací koeficienty mohou nabývat hodnot o1 až 9, přičemž 1 reprezentuje nejhorší plnění požadavku. Tato klasifikace se stanovuje zákazníky v průběhu aplikace metod VoC. Srovnávací škála však může být stanovená zcela jinak, například ve společnosti Škoda Auto se používá škála od -3 do +3, kde hodnota -3 znamená, že posuzovaný výrobek je mnohem horší než referenční.
P4	Technické parametry, které se používají pro splnění požadavků zákazníků.
P5	Korelační matice. Jednotlivé hodnoty uvádí, jak technické parametry ovlivňuje zákaznické požadavky. Pro popis míry korelace se používají jen 4 hodnoty: 0 znamená žádný vztah, 1 – reprezentuje nízké ovlivnění, 3 – průměrné ovlivnění, 9 – velké ovlivnění.

P6	Důležitost jednotlivých technických parametrů. Hodnoty se vypočítají jako součet součinu korelační hodnoty (P5) a hodnoty priority požadavku (P2). Na základě tohoto výpočtu se stanoví priority technických parametrů. Největší priority budou přiřazeny parametrům, které nejvíce ovlivňují zákaznická očekávání a hodnota jejich důležitosti bude nejvyšší.
Pole	**Obsah**
P7	Technické srovnání s konkurencí. Volitelné pole. Hodnoty se stanovují zákazníky v průběhu výzkumu metodami VoC, tvořícími vstup do QFD.
P8	Vzájemná korelace technických parametrů. Volitelné pole. Jednotlivé hodnoty uvádí stupeň vzájemného ovlivnění technických parametrů. Existuje několik typů označování tohoto parametrů, Škoda Auto používá následující: 0 – žádné ovlivnění, 1 – nízké, 3 – střední, 9 – úplné.

Zdroj: Vlastní

1.3. Metody k zajištění úspory nákladů

K metodám pro zajištění úspory nákladů v první řadě patří metody skupiny DFMAS. Této metody jsou zaměřeny na optimalizaci konstrukčního řešení produktu: snížení počtu dílčích součástí, zjednodušení montáže a demontáže. Skupinu metod kvality DFMAS tvoří následující metody:

1.3.1 DFM

DFM – Design for Manufacturing – Úspora nákladu při výrobě dílů. Metoda se zabývá problematikou vyrobitelnosti dílů, má za úkol zjednodušení daného procesu.

1.3.2 DFA

DFA – Design for Assembly – Úspora nákladů ve fázi montáže. Metoda slouží pro ověření jednoduchosti a robustnosti montážního procesu.

1.3.3 DFS

DFS – Design for Services – Úspora nákladu v průběhu oprav a výměn jednotlivých dílů. Metoda je zaměřena na optimalizaci servisních úkonů z pohledu časové a finanční náročnosti výměny dílů.

1.3.4 DFE

DFE – Design for Environment – Úspora nákladů ve fázi recyklace dílů. Metoda se soustřeďuje na zajištění snadné, rychlé a účinné recyklace již nevyužívaného dílu.

Obecně pro všechny výše pojmenované metody platí, že optimalizace konstrukce navržená v průběhu jejich aplikace nesmí způsobit omezení funkcionality výsledného produktu.

1.4. Metody směřující k eliminaci chyb

Nejčastěji používanou metodou kvality zaměřené na eliminaci chyb je FMEA – od anglického Failure Mode and Effect Analysis, v němčině – Fehler Möglichkeits und Einfluss-Analyse. V české terminologii je tato metoda oficiálně známá pod názvem „Metoda zjišťování možných chyb a jejich důsledků", avšak zkratka z českého názvu se ve vědecké literatuře nepoužívá.

FMEA je systematicky uspořádaným racionalizačním prostředkem, který umožňuje ještě před realizací provést systematický rozbor slabých míst (systému, konstrukce nebo procesu) a tím se včas vyvarovat neočekávaných potíží při realizaci. Zásadou FMEA je, že je lépe zabraňovat vzniku vad včas, než je následně odhalovat a odstraňovat, resp. hradit náklady následků vad. Nejekonomičtější forma redukce nákladů je prevence (6).

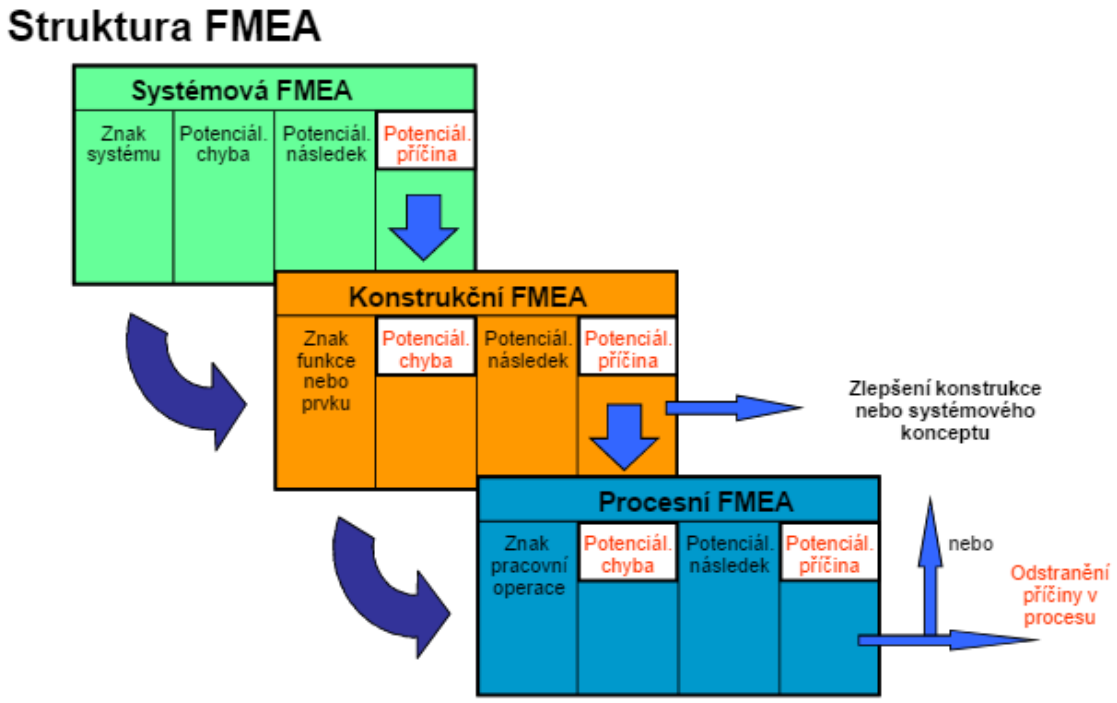
Tato metoda byla poprvé prakticky využita americkou společností NASA v 60. letech 20. století, přičemž její základní principy byly definovány mnohem dříve, v interním dokumentu Ministerstva Obrany USA v roce 1949 (7). FMEA byla aplikována na projektech Apollo, Viking, Voyager, Magellan, Galileo and Skylab. Dále její využití se postupně rozšiřovalo i na civilní sektor, zejména na oblasti civilního letectví, automobilový a jaderný průmysl. V současné době FMEA je velmi populární a účinnou metodou, používanou ve mnoha odvětvích průmyslové výroby a služeb. V automobilovém průmyslu aplikace metody FMEA je povinná ze zákona.

1.4.1 Typy FMEA

Standardně rozlišují 3 následující typy FMEA:

- konstrukční, anebo **K-FMEA**. Jedná se o FMEA návrhu výrobku, v průběhu analýzy se posuzují jednotlivé části a prvky výrobku se snahou minimalizovat risky způsobené samotnou konstrukcí výrobku za použití.
- **Procesní FMEA**, anebo **P-FMEA**. V daném případě se jedná o analýzu procesů, v nichž vznikají výrobky nebo služby (2)
- **Systémová FMEA**, anebo **S-FMEA**. Daná metoda je komplexnější než obě výše pojmenované metody. Při její aplikaci se uplatňuje systémový princip, což znamená, že zkoumaný produkt je vnímán jako systém složený z jednotlivých prvků v jednotlivých vrstvách. V průběhu S-FMEA se analyzují funkce těchto prvků a za chybu je považováno selhání jednotlivých funkcí.

Vzájemná závislost jednotlivých druhů FMEA je uvedena na následujícím obrázku (Obrázek 6).



Obrázek 6 Souvislost jednotlivých druhů FMEA.

Zdroj: (6)

1.4.2 Zpracování FMEA

Příprava

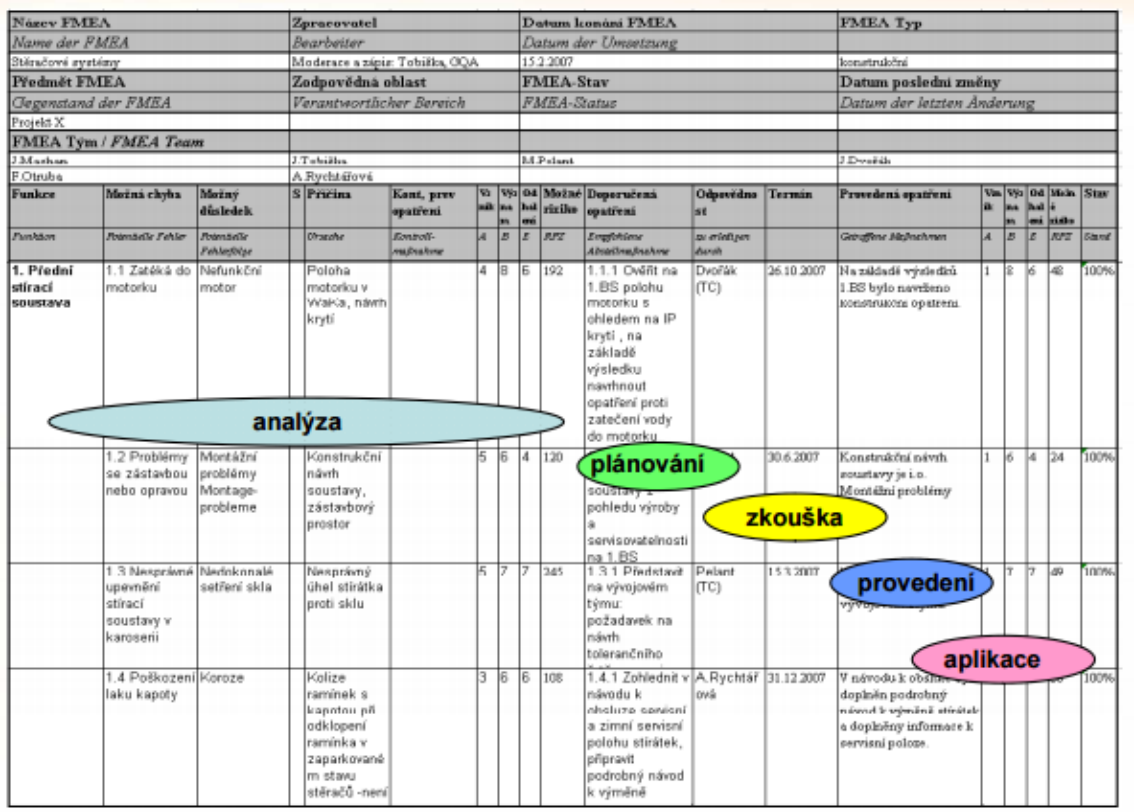
První nepostradatelnou fází FMEA je přípravná fáze. V průběhu této fáze se stanovuje SET – tým účastníků jednání včetně odborníků v oblasti zkoumaného výrobku/procesu, určuje se přesný termín jednání FMEA. V průběhu přípravy každý účastník SETu musí být seznámen s tématem, které bude probíráno. Za přípravnou fázi ve stejné míře zodpovídají vedoucí SETu a pracovník kvality.

Jednání FMEA

V průběhu samotného jednání FMEA se vedoucí SETu stává zodpovědným za účinnost jednání. Celý proces výzkumu je moderován zkušeným

pracovníkem oddělení kvality, který má na starosti vyplnění protokolu FMEA.

Vzorový protokol je uveden na následujícím obrázku (Obrázek 7). Protokol se skládá z dalších dílčích součástí: první jeho oddíl je věnován analýze možných chyb, druhý – plánování následujícího postupu po zjištění zatížených chybou procesů, třetí – zkouškám jednotlivých problémových součástí a procesů, čtvrtý – provedení změn prvků výrobku/procesů a poslední – aplikaci navrženého řešení a jeho vyhodnocení.



Obrázek 7 Vzorový protokol FMEA

Zdroj: (6)

PROTOKOL: Analytická část

V analytické části FMEA se identifikují jednotlivé funkce systému/výrobku, popisují se jejich možné chyby a následky. Dále se určují možné příčiny chyb a preventivní opatření, které by byly schopné zabránit vzniku vady.

Dále se určuje závažnost poruchy prostřednictvím určení koeficientu RPN – Risk Priority Number. Tento vypočet se provádí dle následujícího vzorce:

$$RPN = A \times B \times C,$$

kde A – četnost výskytu potenciální chyby v intervalu <1;10>;

B – závažnost potenciální chyby v intervalu <1;10>;

C – odhalitelnost potenciální chyby v intervalu <1;10> (2).

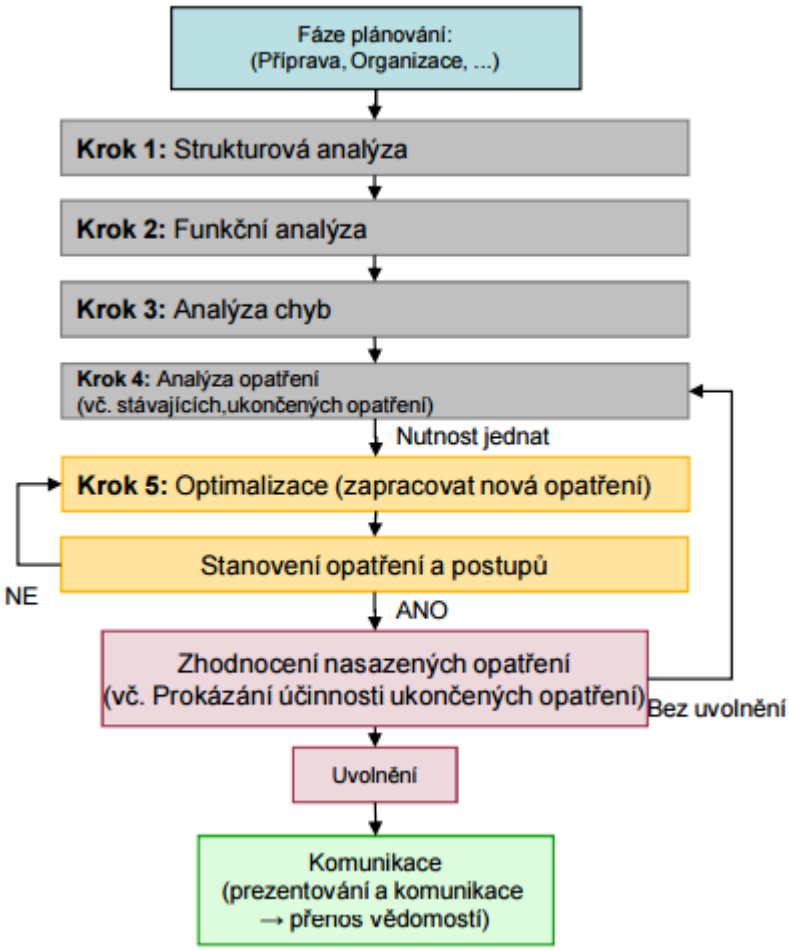
Porucha s vyšší hodnotou RPN se považuje za zásadnější a je upřednostněná před ostatními.

PROTOKOL: Plánovací a zkušební část

V dané části se navrhují a plánují aktivity, zaměřené na vyšetření problémových míst výrobku/procesu a hledání možných řešení. Příkladem může sloužit ověření technického řešení v laboratoři, představení problematiky vývojovému týmu, zohlednění požadavků na obsluhu prvků systému v návodu pro servisní obsluhu aj. Pro každou jednotlivou navrženou aktivitu se určuje odpovědná osoba a termín splnění (provedení zkoušky).

PROTOKOL: Část provedení a aplikace

V této části se popisují konkrétní výsledky předchozí části a jednotlivé navržené opatření. Následovně za předpokladu implementace daných opatření se opakovaně vyhodnocuje potenciální porucha, a to stanovením koeficientu RPN a probíhá porovnání s původní situací.



Obrázek 8 Postup FMEA

Zdroj: (2)

Po kompletním ukončení FMEA probíhá prezentace jejích výsledků a následný přenos vědomostí.

1.5. Podpůrné metody

Do skupiny podpůrných metod spadá velké množství metod, mezi které patří metody podle Kepner-Tregoeho, strom analýzy chyb, TRIZ, Gantt chart, Pareto analysis, Design of Experiment a další.

2. Projekt iHVAC a jeho současné výstupy

Projekt TAČR TA04031094 „Inovativní řízení HVAC systému kabiny automobilu jako součást asistenčního systému řidiče" byl zahájen 01.07.2014 a věnuje se zvýšení bezpečnosti a snížení nehodovosti dopravních prostředků.

Hlavním cílem projektu je vyvinout systém, který by pomohl zabránit vzniku nebezpečných situací, do kterých se řidič dostává z důvodů zejména tepelné nepohody v kabině (tj. vysoká nebo nízká teplota na jednotlivých segmentech povrchu těla) a následné často složité manipulace s ovládacími prvky vytápěcího/chladicího systému, jako je směrová manipulace s větracími vyústkami, přepínání poloh systému a výkon ventilátoru (8). Projekt je primárně veden Vysokým Učením Technickým v Brně, zastoupeným prof. Ing. M. Jíchou, CSc. a Ing. J. Fišerem Ph.D. a společností Škoda Auto a.s. v zastoupení doc. Ing. J. Machana, CSc. Na projektu iHVAC spolupracují studenti Fakulty strojního inženýrství VUT, kteří se zabývají zejména vývojem samotného systému a jeho grafického rozhrání, a studenti dopravní fakulty ČVUT, kteří se zaměřují na optimalizace systému prostřednictvím aplikace metod kvality a testování jeho grafického rozhraní.

2.1. Systém HVAC

Samotný název systému HVAC je zkratkou od anglického *Heating, Ventilation and Air Conditioning.* Jedná se o multifunkční systém, jehož hlavním cílem je zajistit tepelný komfort v uzavřeném objektu. Tři základní funkce tohoto systému – vytápění, ventilace a klimatizace – jsou pro dosažení daného cíle navzájem těsně provázané. V současné době systémy HVAC nacházejí své široké uplatnění v dopravě, strojírenství a stavebnictví při výstavbě inteligentních budov. Aplikace HVAC dovolují snížit spotřebu energie za účelem dosažení teplotního komfortu uvnitř uzavřeného objektu a následně zvýšit jeho celkovou energetickou účinnost.

2.2. Systém iHVAC v automobilovém průmyslu

V automobilovém průmyslu tepelný komfort uvnitř kabiny automobilu je nezbytnou podmínkou pro dlouhodobé udržení koncentrace řidičem. Proto teplotní komfort je jedním z prvků aktivní bezpečnosti.

Podle statistiky je velká část nehod, často se smrtelnými následky způsobena snížením tzv. kognitivních schopností řidiče jako výsledek právě tepelné nepohody v kabině (8). Přitom negativní efekt na řidiče mají jak příliš nízké, tak i příliš vysoké teploty.

Počet dopravních nehod objektivně závisí na velkém počtu různých faktorů – stavu dopravní infrastruktury, typu komunikace, chování jednotlivých řidičů, variacích dopravy a dalších. Avšak na základě statistických údajů o nehodovosti, sbíraných Policií České republiky se dají vypozorovat určité zákonitosti, spojené se změnami venkovních teplot.

Tabulka 2 obsahuje údaje o průměrných denních teplotách na území České republiky za období 2010-2016. K největší změně hodnot teplot a zároveň k jejich přechodu mezi intervaly pod +10 °C a nad +10 °C [1] dochází na jaře mezi dubnem a květnem a na podzim mezi zářím a říjnem.

Tabulka 3 obsahuje údaje o nehodovosti v těchto měsících. Hodnoty nemají homogenní charakter, jelikož jsou silně závislé na situaci v jednotlivých letech. Avšak při porovnání let se stejnými změnami teplot, například na jaře 2010 a 2016 anebo na podzim 2012 a 2015, je zřejmé, že počet nehod se liší jenom o 10 %, což svědčí o jistém vlivu změny teploty na chování řidičů a následně i na dopravní bezpečnost. Stejné změny teplot byly zaznamenány také i na podzim 2010 a 2016, avšak hodnoty počtů nehod pro daná období se výrazně liší. Navíc rok 2010 je jako jediný vzhledem k podzimním statistikám vyznamenán poklesem nehodovosti. Je to způsobeno zejména finanční krizí v České republice a

[1] Při průměrných denních teplotách nad +10 °C teplotní komfort řidiče v autě je výrazně ovlivněn povětrnostními podmínkami. Při poklesu denních teplot pod zmíněnou mez vliv venkovních teplot přestává být podstatným.

následným poklesem dopravních výkonů na všech dopravních komunikacích (9).

Tabulka 2 Průměrné denní teploty na území České republiky ve vybraných měsících období 2010-2016

Teploty v ČR							
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Duben	7,7	10,5	8,4	8,1	9,8	7,8	7,7
Květen	13,4	13,3	14,4	12	12,1	12,4	13,4
Změna teploty	**5,7**	**2,8**	**6**	**3,9**	**2,3**	**4,6**	**5,7**
Září	15,8	14,6	13,3	11,8	14,1	13,1	15,8
Říjen	7,4	7,8	7,4	9	10	7,9	7,4
Změna teploty	**-8,4**	**-6,8**	**-5,9**	**-2,8**	**-4,1**	**-5,2**	**-8,4**

Zdroj: (10)

Tabulka 3 Statistiky nehodovosti ve vybraných měsících v období 2010-2016

Statistiky nehodovosti							
	2010	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**	**2016**
Duben	5630	5812	6226	6250	6715	7506	7974
Květen	6512	6516	7028	7414	7587	7868	8788
Nárůst počtu nehod	**882**	**704**	**802**	**1164**	**872**	**362**	**814**
Září	6586	6757	6879	7418	7769	7918	8686
Říjen	6379	7117	7694	8076	8014	8818	9286
Nárůst počtu nehod	**-207**	**360**	**815**	**658**	**245**	**900**	**600**

Zdroj: (11)

2.3. Popis uživatelského rozhraní systému iHVAC

V průběhu vývoje systému iHVAC řešitelé projektu věnovali velkou pozornost tvorbě jeho grafického uživatelského rozhraní – GUI. Důraz byl kladen zejména na intuitivnost a inovativnost řešení.

Poslední verze iHVAC v1.0.26 je současně ovládána na dotykovém displeji s uhlopříčkou 10,1".

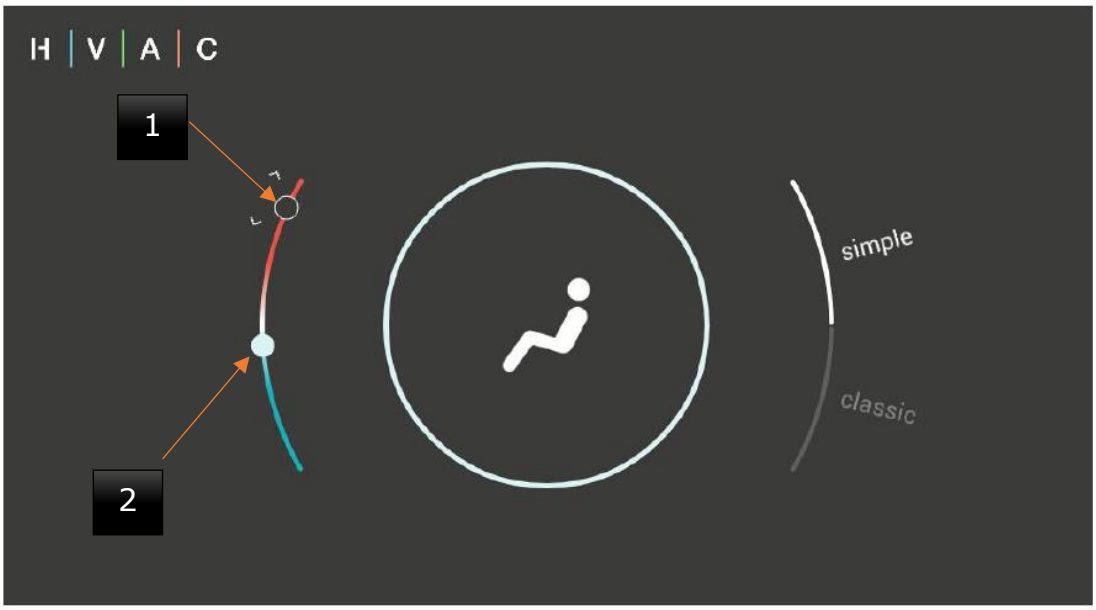
Grafické uživatelské rozhraní je současně reprezentováno 3 základní ovládacími módy: Classic, Simple a Advanced. Na následujícím obrázku

(Obrázek 9) je znázorněn bázový mód Classic, který emituje standardní uspořádání přístrojového panelu automobilu.

Obrázek 9 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód Classic

Zdroj: vlastní

Na následujícím obrázku (Obrázek 10) je ilustrován mód Simple. V levé části obrazovky na škále teploty je zobrazována bezrozměrná veličina teplotního komfortu v kabině. Řidič prostřednictvím posuvníku (číslice 1 na obrázku) zadá svůj požadavek do systému.



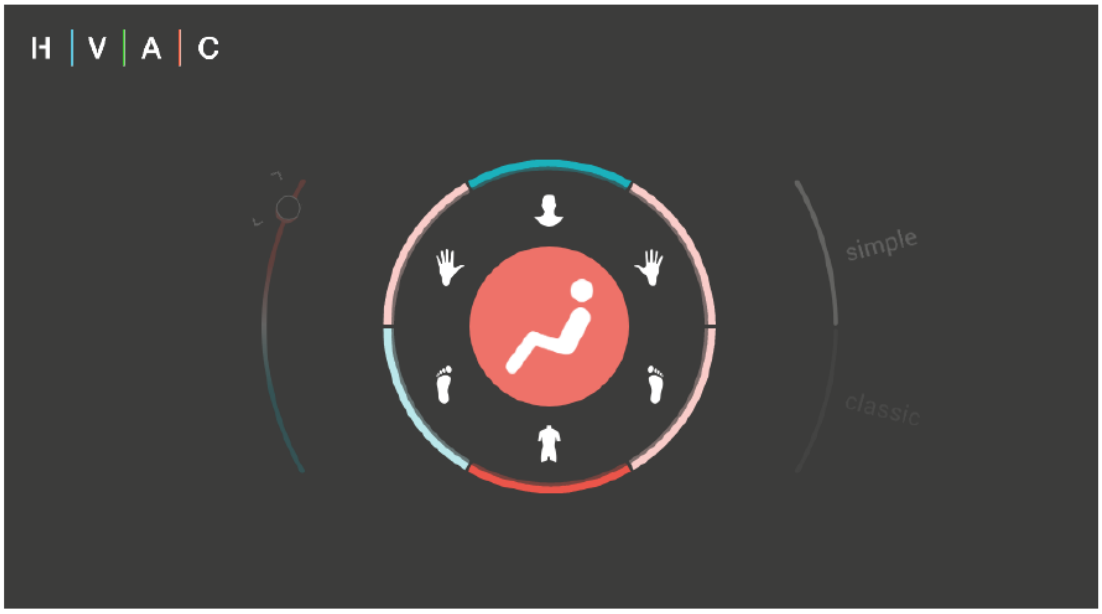
Obrázek 10 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód Simple

Poznámka k obrázku 10: posuvník označený číslicí 1 slouží k zadání pokynu ke změně teplotního komfortu, indikátor označený číslicí 2 poskytuje informace o průběžném plnění požadavku.

Zdroj: vlastní

Indikátor teplotního komfortu (číslo 2 na obrázku) poté bude poskytovat vizuální informace o průběhu zpracování pokynu uživatele. V okamžiku, kdy požadavek bude splněn, posuvník a indikátor splynou. Daný mód je vyznačen velice snadným ovládáním, avšak řeší otázku teplotního komfortu v autě globálně.

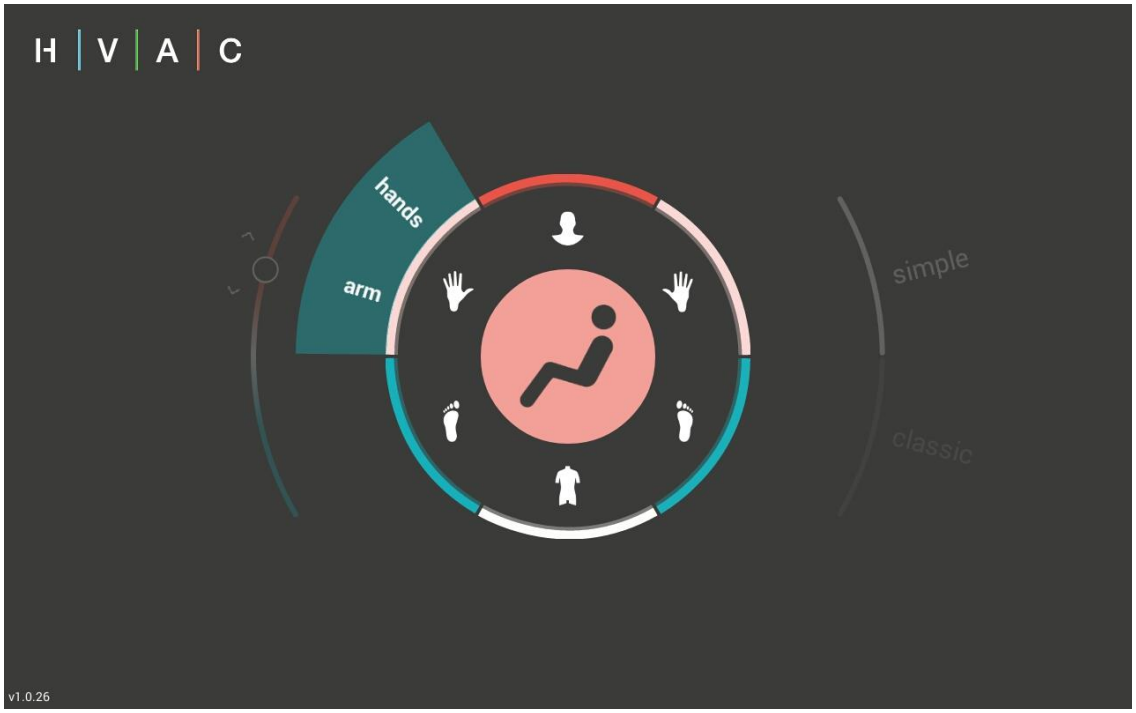
Více specifikované požadavky mohou být splněny prostřednictvím ovládání módu Advanced (Obrázek 11).



Obrázek 11 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód Advanced

Zdroj: vlastní

Tento mód dovoluje nastavit teplotu pro jednotlivé části těla. V případě horních končetin systém dovoluje nastavit různé teploty pro paže a ruce.

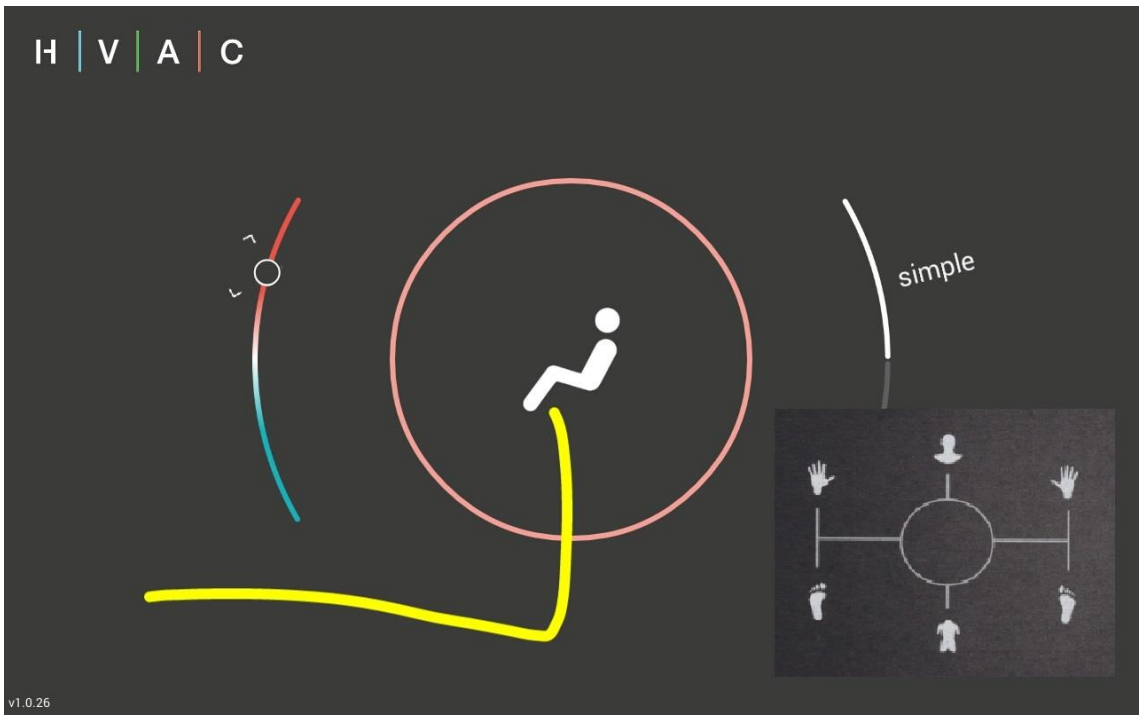


Obrázek 12 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód Advanced –detailizace nastavení

Zdroj: vlastní

V módu Advanced se už nepracuje s veličinou teplotního komfortu, pro kvantifikaci požadavků na ohřev/ochlazení se využívají stupně Celsia (°C).

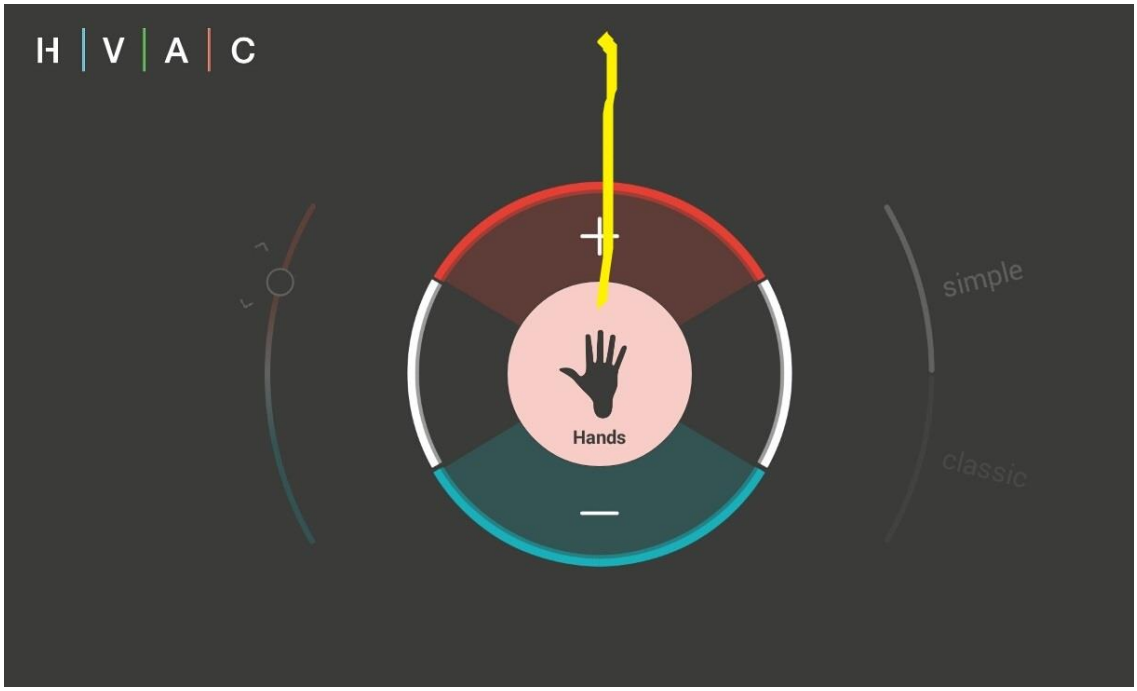
Daný mód může být ovládán nejenom dotykově, ale i pomocí gest. Tento typ ovládání je navržen za účelem snížení rozptýlení řidiče využitím iHVAC, jelikož nevyžaduje vizuální kontrolu, a je velice intuitivní. Gestové ovládání však stále je celkem nestandardním řešením ovládacího interfacu a v současné době se jenom začíná využívat, proto jeho úspěšné využití vyžaduje nácvik.



Obrázek 13 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód Advanced – ukázka ovládání gesty, úroveň základního menu

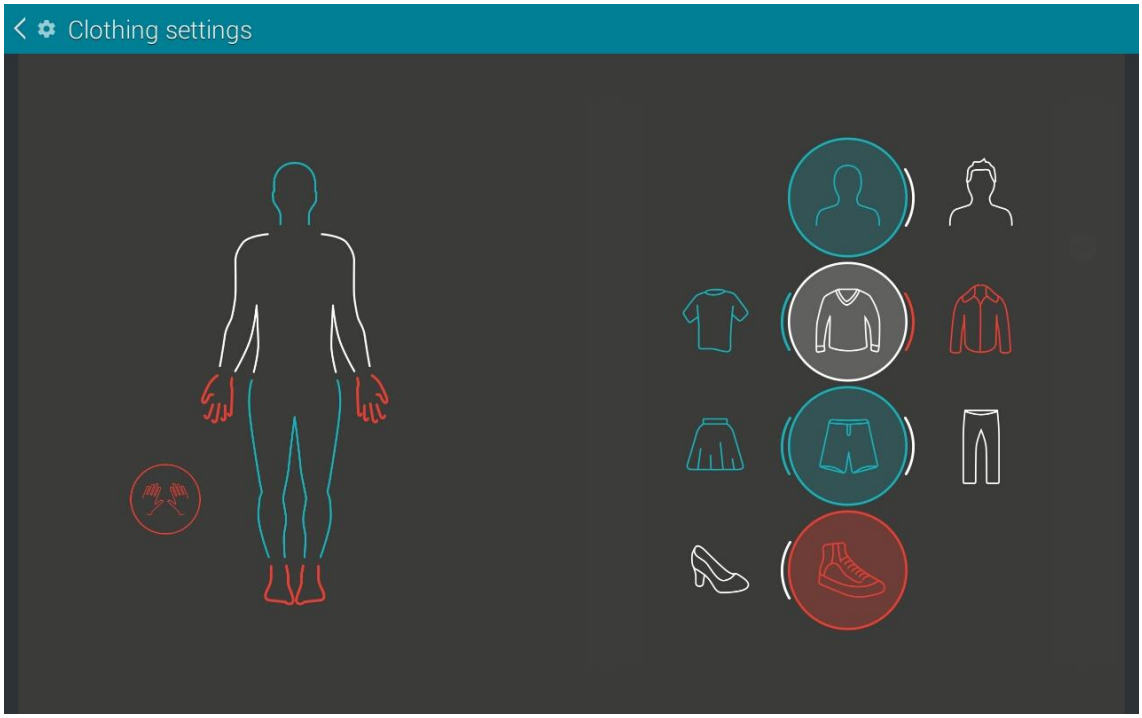
Zdroj: vlastní

Poznámka k obrázku 13: v dolním pravém rohu je ukázkově uvedeno schéma základního gestového ovládání, které není součástí interfacu. Návrh základních gest byl inspirován schématem přepínání rychlostí.



Obrázek 14 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód Advanced – ukázka ovládání gesty, zadání pokynu změny teploty v menu pro konkrétně vybranou část těla

Zdroj: vlastní



Obrázek 15 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód Advanced – ukázka virtuálního šatníku

Zdroj: vlastní

Systém iHVAC je vybaven teplotními čidly, jimiž poskytované informace dovolují systému odhadem stanovit oblečení, které má na sobě řidič a následně automaticky upravit teplotní stav v kabině. Uživatel systému má možnost upravit tento odhad pomoci funkce virtuálního šatníku.

3. Analýza QFD grafického rozhraní iHVAC

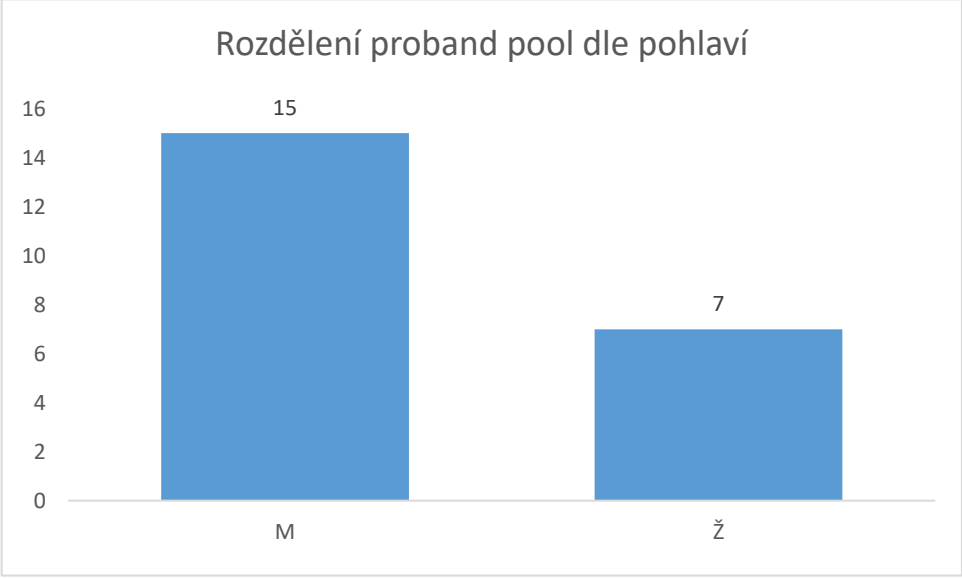
Táto kapitola je věnovaná analýze QFD, která byla zaměřená na porovnání existujících módů uživatelského rozhraní iHVAC, detekci jejich slabých a silných stránek a následný návrh nového optimálního módu interfacu.

3.1. Vstupní data

Je obecně požadováno, aby do analýzy QFD vstupovala data z metod VoC – dotazníkových šetření, skupinových diskuzí a dalších. V daném konkrétním případě byla použitá data, získaná v průběhu dvou setů měření na simulátoru auta v prostorách Fakulty Dopravní ČVUT v akademickém roce 2016-2017.

Prvního setu měření se zúčastnilo 12 probandů, VoC informace byly čerpané ze závěrečných dotazníků a protokolů měření.

Druhého setu měření se k 14.05.2017 zúčastnilo 10 probandů, VoC informace byly čerpané ze závěrečných dotazníků, protokolů měření a videozáznamů, pořízených v průběhu zkoušky.

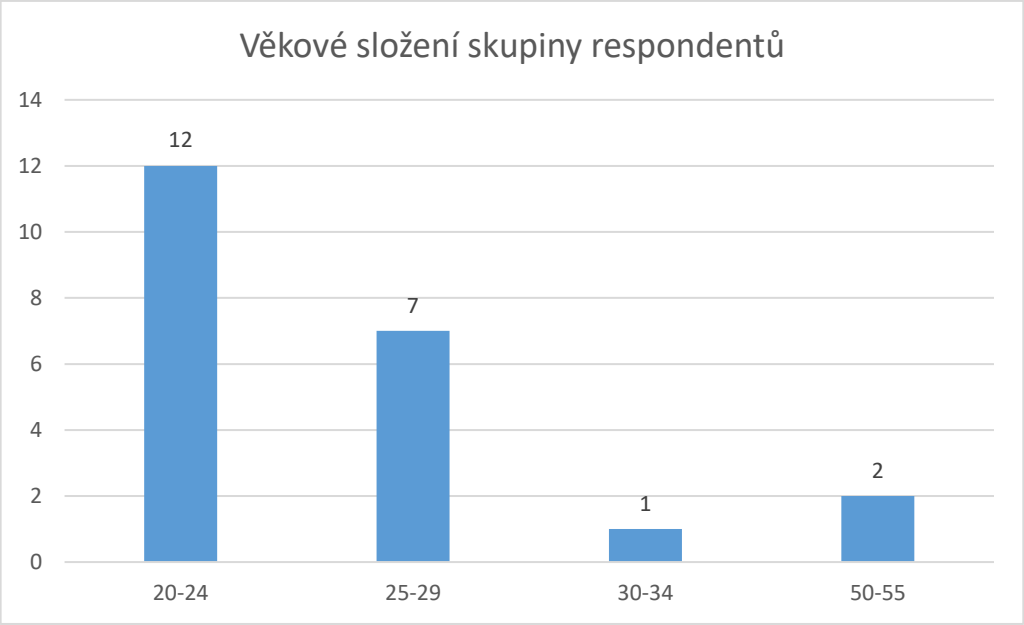


Obrázek 16 Rozdělení respondentů dle pohlaví

Zdroj: vlastní

Obrázek 16 uvádí rozdělení respondentů dle pohlaví. Z celkového proband pool 68 % jsou muže, 32 % - ženy.

Obrázek 17 obsahuje data popisující věkové složení skupiny respondentů. 54 % probandů spadali do skupiny 20-24 let, 31 % - do skupiny 25-29 let, 10% - do skupiny 50-55 let. Jenom 1 proband (5 % proband poolu) byl ve věku 30-34 let. Vzhledem k možnostem organizátorů měření se toto věkové složení jeví logické. Změna věkové distribuce probandů může být zapříčiněná změnou podmínek účastí, například zavedením finanční odměny nebo možností účastnit se měření o víkendu.



Obrázek 17 Věkové složení proband pool

Zdroj: vlastní

3.2. QFD analýza stávajících módů funkčního prototypu uživatelského rozhraní

Prvním krokem analýzy QFD je identifikace významu korelačních hodnot, které budou následovně použity v matici QFD, v souladu s potřebami dané konkrétní analýzy. Tabulka 4 obsahuje tyto informace pro QFD analýzu grafických uživatelských rozhraní funkčního prototypu iHVAC.

Tabulka 4 Význam hodnot korelační matice pro QFD analýzu grafického uživatelského rozhraní iHVAC

Hodnota	Význam
0	Mód nesplňuje konkrétní požadavek
1	Mód splňuje konkrétní požadavek v minimálním rozsahu
3	Mód částečně splňuje konkrétní požadavek
9	Mód splňuje daný konkrétní požadavek v plném rozsahu

Zdroj: Vlastní

Tabulka 5 uvádí výslednou matici QFD zaměřenou na porovnání různých módů GUI iHVAC. V průběhu analýzy mód Advanced byl vyhodnocen zvlášť pro případ jeho dotykového a gestového ovládání.

Tabulka 5 QFD analýza grafického uživatelského rozhraní iHVAC

Požadavky zákazníků	Priority	Maximum	Mód Classic	Mód Simple	Mód Advanced	Mód Advanced
					Dotykové ovládání	Gestové ovládání
Rychlé zadání pokynu na změnu teploty v kabině	9	9	9	9	1	1
Rychlé zadání pokynu na změnu teploty na jednotlivých částech těla	7	9	1	0	9	9
Multifunkčnost	7	9	9	0	9	9
Jednoduchost ovládání	8	9	9	9	9	3
Snadná změna intenzity větrání	6	9	9	0	0	0
Odezva na přijetí požadavku	7	9	0	0	0	0

Požadavky zákazníků	Priority	Maximum	Mód Classic	Mód Simple	Mód Advanced	Mód Advanced
					Dotykové ovládání	Gestové ovládání
Informace o splnění požadavků uživatele	3	9	0	9	0	0
Snadné zapínání ohřevu sedadel	5	9	9	0	0	0
Snadné zapínání recirkulaci vzduchu	5	9	9	0	0	0
Snadné zapínání ohřevu předního/zadního skla	5	9	9	0	0	0
Automatizace nastavení	8	9	0	3	3	3
Přehlednost	9	9	1	9	3	3
Intuitivnost ovládání	8	9	3	9	3	9
Minimalizace chybně zadaných pokynů	8	9	1	9	3	9
Minimalizace rozptýlení při ovládání	9	9	1	3	3	9
Inovativnost řešení	9	9	1	3	3	9
		1053	**481**	**522**	**486**	**522**
		100%	46%	50%	46%	50%

Zdroj: vlastní

V souladu se zvolenou škálou korelačních hodnot nejlepší výsledek identifikuje mód, který nejkomplexněji splňuje požadavky zákazníků – v daném případě se jedná o 2 módy: mód Simple a mód Advanced ovládaný gesty. Tyto módy dosáhly 50 % maximálního ohodnocení s 522 body. Následoval mód Advanced ovládaný dotykem s výsledkem 46 % (486 bodů). Také 46 % maximálního možného hodnocení nebo 481 bod získal mód Classic.

Mód Simple získal velmi pozitivní hodnocení zejména vzhledem k tomu, že je velmi přehledný, intuitivní při ovládaní a nerozptyluje řidiče za jízdy. Navíc jako jediný poskytuje zpětnou vazbu o splnění požadavků, co bylo zákazníky velmi pozitivně hodnoceno. Avšak tento mód je soustředěn na ovládaní jenom jednoho parametru – teplotního komfortu v kabině auta – a neposkytuje možnost detailizace požadavků. V případě potřeby ovládání dalších prvků (zapnutí recirkulace vzduchu, ohřevu skel aj.) je potřeba přepnout ovládací mód, což vyžaduje větší pozornost a přispívá ke vzniku nebezpečných situací.

Vhodné řešení některých problémů módu Simple poskytuje mód Advanced s gestovým ovládáním, který nabízí možnost ovládaní více funkcí, detailizace požadavků a snížení rozptýlení operátora systému prostřednictvím použití gest. I tento mód má nedostatky z pohledu zákazníků, jelikož neposkytuje možnost ovládaní klasických funkcí recirkulace nebo ohřevu sedadel. Navíc tento mód ani neposkytuje zpětnou vazbu o splnění požadavku. Ovládaní pomocí gest je poměrně moderní a neobvyklá možnost pro většinu populace, s kterou často nemají zkušenosti ani lidé ve věku 18-30 let. Proto je mód Advanced s gestovým ovládáním hodnocen jako složitější na ovládaní zejména ve srovnání s módem Advanced ovládaným dotykově.

Mód Classic je v podstatě digitálním obrazem klasického ovládání klimatizačních systémů, jeho základními výhodami je multifunkčnost, jednoduchost, přesné definování funkcí. Avšak k nedostatkům tohoto typu

interfacu patří nepřehlednost, nedostatečná detailizace požadavků, chybějící zpětná vazba o splnění požadavků, nízká intuitivnost i jako výsledek větší rozptýlení řidiče.

Je nutné doplnit, že fyzický analog daného grafického rozhraní– SUI (angl. Solid User Interface, ovládání systému pomocí fyzických prvků – tlačítek) jak v průběhu analýz provedených jinými řešiteli projektu iHVAC (viz zdroj (12)), tak i v průběhu zkoušek na simulátoru auta získal nejlepší ocenění ve srovnání s interaktivními grafickými módy. Je to obzvlášť zapříčiněno rozšířenosti daného typu ovládání a následně i velkými zkušenostmi respondentů v manipulaci s ním.

Nicméně v současné době v automobilovém průmyslů se trendem stává multifunkčnost, která přispívá ke snížení počtu fyzických ovládacích prvků a jejich nahrazení vhodnými GUI ovládanými na dotykovém displeji. Jak je avšak patrné z matice QFD, mód Classic se ztrátou své fyzické podstaty výrazně ztrácí intuitivnost a přehlednost, čímž přispívá ke vzniku nebezpečných situací.

V porovnání s módem Classic ostatní typy GUI jsou soustředěné na menší rozsah funkcí. Avšak v souladu s výsledky QFD analýzy zákazníci chtějí zachovat některé možnosti klasického ovládaní – možnost snadného zapínaní recirkulace, ohřevu skel a sedaček.

3.3. Návrh testovací verze (optimálního módu) uživatelského rozhraní a jeho vyhodnocení prostřednictvím QFD analýzy

Na základě výsledků analýzy QFD stávajících GUI byla navržena nová testovací verze ovládání iHVAC – optimální mód, který je v rámci této práce nazýván mód A. Tabulka 6 obsahuje posouzení tohoto módu metodou QFD na základě kritérií používaných pro ostatní módy.

Tabulka 6 QFD analýza pro nově navržený optimální mód A

Požadavky zákazníků	Priority	Maximum	Mód A
Rychlé zadání pokynu na změnu teploty v kabině	9	9	9
Rychlé zadání pokynu na změnu teploty na jednotlivých částech těla	7	9	9
Multifunkčnost	7	9	9
Jednoduchost ovládání	8	9	9
Snadná změna intenzity větrání	6	9	9
Odezva na přijetí požadavku	7	9	9
Informace o splnění požadavků uživatele	3	9	9
Snadné zapínání ohřevu sedadel	5	9	0
Snadné zapínání recirkulaci vzduchu	5	9	9
Snadné zapínání ohřevu předního/zadního skla	5	9	9
Automatizace nastavení	8	9	9
Přehlednost	9	9	9
Intuitivnost ovládání	8	9	9

Požadavky zákazníků	Priority	Maximum	Mód A
Minimalizace chybně zadaných pokynů	8	9	9
Minimalizace rozptýlení při ovládání	9	9	9
		1053	**963**
		100%	91%

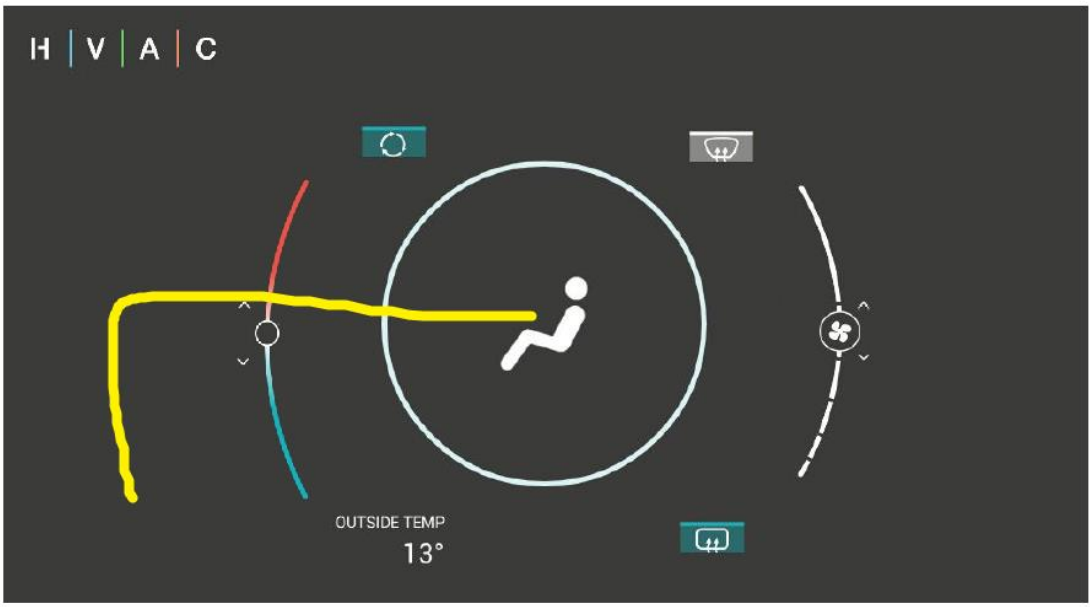
Zdroj: vlastní

Obrázek 18 reprezentuje grafickou podobu optimálního módu A. Tento mód vznikl na základě již existujících módů Simple a Advanced s gestovým ovládáním.

Obrázek 18 Grafické uživatelské rozhraní iHVAC, mód A

Poznámka k obrázku 16: číslicí 1 je označen prvek na ovládání intenzity větrání, číslicí 2 – prvek, poskytující zpětnou vazbu: po zadání pokynu pruh má žlutou barvu, která se v průběhu vykonání požadavků postupně přeměňuje v zelenou. Kompletní zabarvení pruhu do zelena symbolizuje úspěšné splnění požadavku. Tato signalizace se z důvodu úspory energie zobrazuje jen po určitou dobu (například, 2 minuty).

Zdroj: vlastní



Obrázek 19 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód A, ovládání gesty

Zdroj: vlastní

Mód A dovoluje pomocí posuvníků regulovat teplotní komfort v kabině automobilu a intenzitu větrání, poskytuje možnost dotykově ovládat ohřev předního a zadního skel a recirkulace vzduchu. Následně mód A umožňuje gestové ovládání (viz Obrázek 19) nastavení teploty pro jednotlivé časti těla. Tento proces odpovídá nastavení teploty při gestovém ovládání módu Advanced. Z důvodu přehlednosti bylo rozhodnuto nezahrnovat do optimálního grafického uživatelského rozhraní funkce zapínání ohřevu sedadel. Tuto funkce je doporučeno ovládat prostřednictvím prvků SUI, umístěných pod sedadly anebo na panelu mezi sedadly.

Mód A poskytuje uživateli informace o zadání požadavků prostřednictvím vibrace při jakékoliv manipulaci s ovládacími prvky GUI systému. Při finálním zadání požadavku, čímž může být chápáno například přemístění posuvníku teplotního komfortu, dotknutí se tlačítka recirkulaci anebo změna teploty na určitý počet stupňů v menu pro konkrétně vybranou část těla se pomocí gest (úroveň viz Obrázek 14) v pravé části obrazovky objeví svislý pruh vyplněný žlutou barvou. Barva tohoto pruhu se bude

postupně přeměňovat na zelenou v závislosti na rychlosti vykonávání pokynu. Po splnění požadavků zelený pruh zůstane zobrazen po dobu 2 minut.

Automatizace ve vztahu k ovládacímu rozhraní bude zajištěna prostřednictvím implementace funkcí uvedených v následující tabulce (Tabulka 7).

Tabulka 7 Funkce pro automatizace v rámci interface iHVAC, módu A

	Funkce	**Využití**
1	Propojení s internetem za účelem poskytování sytému informací o povětrnostních podmínkách	Odhad oblečení pro automatické nastavení teplotního komfortu
2	Propojení s videokamery uvnitř vozu	Odhad oblečení pro automatické nastavení teplotního komfortu
3	Instalace a propojení s termokamerou uvnitř vozu	Odhad teplotního stavu pro automatické nastavení teplotního komfortu
4	Funkce paměti nastavení systému v závislosti na stavu povětrnostních podmínek	V případě stejných povětrnostních podmínek systém automaticky vrátí zapamatovaná nastavení

Zdroj: vlastní

Výše uvedené funkce zvýší úroveň automatizace a následně minimalizují počet zásahu řidiče do systému, čímž zabraní ztrácení pozornosti a vzniku nebezpečných situací.

4. FMEA

Tato kapitola bude věnovaná přípravě, provedení a výsledkům systémové analýzy FMEA pro nově navržený optimální mód GUI.

4.1. Přípravná fáze FMEA

FMEA je velmi užitečným a funkčním nástrojem v případě, že je připravená a provedená správně. V průběhu přípravy jednání FMEA zvláštní pozornost byla věnovaná následujícím bodům – nejčastějším příčinám snížení efektivity dané analýzy stanoveným M. Silvermanem a J.R.Johnsonem v jejich článku „FMEA on FMEA" (viz zdroj (13)).

Je velmi důležité podoktnout, že provedená FMEA byla věnovaná zejména účelům akademického výzkumu a má pro společnost ŠKODA Auto charakter doporučení. Proto některé problematické etapy v rámci přípravy a provedení analýzy byly řešeny jinak, než by to bylo v případě uplatnění FMEA v praxi.

4.1.1 FMEA jako skupinová analýza

FMEA vyžaduje týmový přistup a musí být brainstormingovým procesem. Dle doporučení se expertní tým musí skládat z 5 až 10 různě profesně zaměřených lidí. Při implementaci je v praxi doporučeno zahrnout do týmu specialisty v oblasti vývoje, výroby a managementu.

Pro potřeby analýzy nově navrženého optimálního ovládacího módu iHVAC byl zvolán tým složený ze studentů, které si v letním semestru akademického roku 2016-2017 vybrali jako volitelný předmět 16Y2MK „Metody kvality v oblasti dopravních prostředků" vedený doc. Ing. Jaroslavem Machanem, CSc. a tím získali dostatek informací o metodách kvality a dostali přehled o společnosti ŠKODA Auto a její produktech.

Do týmu byli zařazeny:

- Bc. Ondřej Paprička, student katedry K616 FD ČVUT. Zaměření: Pasivní bezpečnost dopravních prostředků;

- Bc. Jan Novotný, student katedry K616 FD ČVUT. Zaměření: Pasivní bezpečnost dopravních prostředků;
- Bc. Marek Blaščík, student katedry K616 FD ČVUT. Zaměření: Výroba, opravy a provoz dopravních prostředků;
- Bc. David Strunz, student katedry K616 FD ČVUT. Zaměření: Dopravní obslužnost;
- Bc. Přemysl Toman, student katedry K616 FD ČVUT. Zaměření: Bezpečnost motocyklů;
- David Lehet, student katedry K616 FD ČVUT. Zaměření: Metody zajištění kvality výrobku v předvýrobní etapě.

4.1.2 Zajištění dostatku času pro FMEA jednání

V praxi se při provádění analýzy jednotlivých systémů doporučuje provádět několik 1 až 2 hodiny dlouhých jednání pro zajištění kontinuity brainstormingu a zabránění vzniku tzv. rush scénářů.

Jelikož v konkrétním případě byla analýza soustředěná na posouzení 1 módu GUI, což v měřítku FMEA je dostatečně malé a stručné téma, celkem byla uskutečněná dvě půlhodinová jednání FMEA: 29.3.2017 a 5.4.2017.

4.1.3 Správný výběr moderátora jednání FMEA

Za moderátora anebo facilitátora FMEA musí být zvolen expert v oblasti metod kvality, který má expertní zkušenosti v oblasti FMEA analýzy. Klasicky se doporučuje na tuto pozici volit manažéra, který je schopen na základě faktů a objektivních důkazů provést analytický tým všemi souvislostí a procesy, spojenými s posuzovanými systémy.

V daném případě byl hlavním moderátorem obou FMEA jednání byl doc. Ing. Jaroslav Machan, CSc., který je manažerem v oblasti kvality s velkou praxi v oblasti implementace FMEA a dalších metod. Funkci co-moderátora vykonávala autorka textu.

4.1.4 Seznámení expertního týmu se základními postupy FMEA

Další problematickou etapou je příprava týmu. V praxi se často stává, že jednotlivé členové týmu neprocházejí školením FMEA anebo absolvují různě zaměřená školení na stejné téma, což následně vede k nesprávnému porozumění cílům a metodám analýzy a výsledné ztrátě produktivity. Obecně je doporučováno provádět jednohodinové školení FMEA pro celý expertní tým.

Před provedením jednání FMEA o módu A grafického uživatelského rozhraní iHVAC celý analytický tým absolvoval úvodní školení o principech a cílech metody a byl seznámen s příklady její aplikace.

4.1.5 Definice systému koeficientů pro vyhodnocení závažnosti, četnosti a odhalitelnosti chyby

Systém koeficientů používaných pro vyhodnocení závažnosti chyb, jejich četnosti a odhalitelnosti musí být vždy přizpůsoben konkrétní úloze a zohledňovat specifika analyzovaného produktu.

Pro potřeby této analýzy FMEA byl využit scoring systém uvedený v následující tabulce (Tabulka 8).

Tabulka 8 Systém koeficientů pro vyhodnocení závažnosti, četnosti a odhalitelnosti chyb

Koeficient	Význam
Vznik chyby	
1	V ojedinělých případech, skoro nikdy
5	V polovině případů
10	Skoro vždy při ovládaní systému
Význam chyby	
1	Systém nadále splňuje své funkce, je schopen vyřešit problém automaticky
5	Systém nesplňuje své funkce, avšak po zásahu uživatele je schopen poskytnout teplotní komfort
10	Systém nesplňuje své funkce. I při zásahu uživatele, není schopen poskytnout teplotní komfort
Odhalitelnost chyby	
1	Snadná, na první pohled
5	Možná, situace musí být po určitou dobu pozorována
10	Skoro nemožná, nutná návštěva servisního centra

Zdroj: vlastní

4.1.6 Příprava vyhodnocovacího systému koeficientů pro vyhodnocení závažnosti, četnosti a odhalitelnosti chyby před zahájením jednání

Obecně je doporučováno připravovat vyhodnocovací systém koeficientu před samotným jednáním FMEA. Základní příčinou je úspora času a podpora brainstormingového procesu.

V případě, kdy z jakýchkoliv důvodu scoring systém nemůže být vyvinut předběžně, je doporučeno v průběhu jednání se soustředit jenom na detekci rizik a následně svolat tým pro určení systému koeficientů a vyhodnocení možných poruch.

V konkrétním případě scoring systém byl vyvinut před zahájením prvního jednání FMEA.

4.1.7 Vyvarování proti zaměření FMEA na příliš rozsáhlé téma

V případě aplikace FMEA na velké systémy a složitější i komplexnější produkty se doporučuje rozdělovat zkoumaný objekt anebo systém na obsahově menší sekce. Tím se zvyšuje přehlednost problematiky a usnadňuje se detekce rizikových procesů a prvků.

Provedená FMEA byla zaměřená jenom na jeden mód grafického rozhraní, a proto nevyžadovala detailizaci problematiky.

4.1.8 Použití FMEA pro zlepšování procesů a produktu

Je nezbytně nutné podotknout, že zpracování FMEA není cílem samo o sobě. Tato analýza musí sloužit vstupem pro zlepšování jednotlivých procesů a konečných produktů. Po jednání a detekci rizik musí následovat výzkumná fáze zaměřená na hledání technického řešení problémů, po níž musí nastat fáze implementace těchto řešení. V případě zanedbání jakékoliv z těchto etap FMEA ztrácí svůj význam a nesplňuje očekávané cíle.

V rámci dané konkrétní analýzy implementační a výzkumná budou reprezentovány jenom předpokládanými aktivitami, výzkumná fáze nebude obsahovat údaje o řešitelích jednotlivých úkolů a termínech dodání řešení jednotlivých problémů. V praxi této údaje v protokolu FMEA nesmí chybět.

4.2. FMEA pro mód A

Příloha 1 obsahuje kompletní protokol vypracovaný v průběhu jednání FMEA.

Před implementací doporučených na základě analýzy opatření hodnota koeficientu RPN pro mód A dosahovala výše 994 bodů. Nejzávažnější část – 45 % RPN (450 bodů) – byla tvořena riziky spojenými s poruchami

softwaru. Této problémy jsou velmi významné a těžce odhalitelné. V případě implementace doporučených opatření většinou se dá zvýšit spolehlivost softwarového řešení, tj. snížit koeficient výskytu chyby, ostatní hodnoticí koeficienty však zůstávají beze změny. Za předpokladu nalezení vhodného řešení softwarových problémů a jeho úspěšné implementace lze docílit snížení RPN koeficientu na 30 % původní hodnoty a dosáhnout výsledku 150 bodů.

Další významnou kategorií rizik jsou rizika spojená s jednou ze základních součástí systému – dotykovým displejem. Tato kategorie tvoří 24 % původní hodnoty RPN (240 bodů). Závažné poruchy obrazovky jsou pro systém velmi významné, jelikož mohou způsobit jeho kompletní nefunkčnost. Například při problémech s kalibraci displeje požadavek zadaný dotykově nebude rozpoznán, což způsobí, že systém stane pro operátora nepoužitelným. Takové poruchy se nevyskytují často a jsou snadně odhalitelné, avšak velmi významné.

Na rozdíl od softwarových poruch u hardwarových rizik občas lze snížit nejenom koeficient výskytu, ale i koeficient významu poruchy. Tak ve výše popsaném případě při problémech s kalibrací obrazovky bylo navrženo rozšířit menu nástrojů o možnost rekalibrace. Implementace daného opatření mění koeficient významu chyby z **10** („Systém nesplňuje své funkce. I při zásahu uživatele, není schopen poskytnout teplotní komfort" dle zvoleného scoring systému, tabulka 8) do **5** („Systém nesplňuje své funkce, avšak po zásahu uživatele je schopen poskytnout teplotní komfort", dle zvoleného scoring systému, tabulka 8).

Některá rizika odhalená v procesu FMEA jsou vzhledem ke zkoumanému systému nepodstatná a v případě poruchy nebudou mít velký vliv na funkčnost systému. Příkladem může být porucha anebo nedostatečná rychlost internetového spojení používaného v rámci iHVAC pro zjištění venkovní teploty, odhad oblečení operátora a zajištění vstupních dat pro funkce paměti. V takovém případě systém automatický začne získávat

potřebná data z video – a termokamer v kabině vozidla. Proto koeficient významu dané chyby je stanoven jako 1 v souladu se zvolenou klasifikací („Systém nadále splňuje své funkce, je schopen vyřešit problém automaticky“, dle zvoleného scoring systému, tabulka 8). Celkový RPN index tohoto rizika činí 30 bodů (3 % celkového RPN), proto v průběhu FMEA bylo usouzeno, že v rámci daného systému nalezení a implementace opatření pro zmírnění rizika nejsou nezbytně nutné.

Celkově v případě aplikace doporučených opatření lze snížit RPN index módu A grafického rozhraní iHVAC o 53 % a docílit hodnoty 466 bodů namísto původních 994 bodů. Tento výsledek reprezentuje účinnost analýzy FMEA jako nástroje pro detekce a eliminace chyb a znázorňuje nutnost její komplexní aplikace.

5. Diskuze výsledků

V rámci své diplomové práce jsem se soustředila na detailní aplikaci dvou metod kvality: metody QFD spadající do skupiny metod pro zjišťování požadavků zákazníků, a metody FMEA sloužící pro eliminaci chyb. Pomocí výše vyjmenovaných metod jsem posoudila účinnost jednotlivých módů grafického rozhraní systému iHVAC, navrhla optimální mód interfacu a vyhodnotila jeho potenciální rizika.

V rámci analýzy současných módů grafického uživatelského rozhraní iHVAC jsem dospěla k výsledku, že ani jeden z nich nesplňuje požadavky zákazníků více, než na 50 %, což svědčí o nutnosti návrhu nového optimálního módu, který by obsahoval pozitivně hodnocené funkce již existujících módů a zůstával přehledným, multifunkčním, inovativním a nezvyšoval rozptýlení řidiče za jízdy. Tímto módem se stal mód A, který odpovídal všem těmto požadavkům.

Mód A spojuje nové technologie v podobě gestového ovládaní s klasickými funkcemi, které byly vynechány v předchozích inovativních GUI. Mód dovoluje snadně ovládat recirkulace vzduchu, ohřev skel, intenzitu větrání a teplotní komfort na jedné obrazovce. Interface poskytuje zpětnou vazbu na manipulace se systémem prostřednictvím vibrace, což nahrazuje uživateli klasickou hmatnou zpětnou vazbu při manipulaci s fyzickými prvky SUI. Tento mód také informuje uživatele o stavu vykonání jeho požadavku prostřednictvím svislého barevného pruhu v pravé části obrazovky. Barva pruhu se mění z původní žluté při akceptaci požadavku na zelenou při splnění v závislosti na rychlosti jeho vykonávaní. Tato změna může být sledována periferním viděním a neodpoutává pozornost řidiče od sledování provozu.

Vzhledem k zachování přehlednosti a intuitivnosti rozhraní bylo rozhodnuto odstoupit od dotykové detailizace požadavků a zvolit systém řídicích gest. Táto metoda není v současnosti široce využívaná a je často kritizována zejména proto k tomu, že uživatele většinou nemají dostatek

zkušenosti s gestovým ovládáním. Však gesto, které v rámci ovládání systému iHVAC je definováno souvislou čarou na rozdíl od dotyku, který je definován bodem, lépe určuje prostor displeje a tím pomáhá uživateli vytvořit jeho přesnější obraz, v kterém následně lze ukotvit gestové řídicí pochyby. Proto uživatel je schopen rychle a přesně zadávat požadavky bez nutnosti vizuálního sledování displeje. Ilustrací může být technologie SWIPE pro psáni sms zprav jedním tahem.

Analýza potenciálních rizik FMEA pomohla identifikovat problematická místa a poruchové funkce v rámci nového grafického rozhrání. Bylo zjištěno, že větší riziko do systému přináší software, kterému od začátku vývoje musí být věnovaná velká pozornost. FMEA také dovolila odhalit, že rizikovost softwaru může být zmírněná jenom částečně. V průběhu analýzy byly upřesněny i některé požadavky na hardware, zejména na ovládací displej. Bylo doporučeno rozšířit uživatelský manuál o informace o systému, které nemohou být bezpečně a přehledně poskytnuty v průběhu ovládaní. Největším přínosem FMEA ale je to, že aplikace metody pomohla výrazně snížit výslednou rizikovost systému (pokles RPN o 53%). Taková účinnost metody svědčí o nezbytnosti její aplikací v každé etapě vývoje produktu.

6. Doporučení dalšího směru výzkumu

Závěry a návrhy, které byly představené v rámci mé diplomové práce mohou sloužit základem dalšího vývoje systému iHVAC, jehož základním cílem nasázení inovativního řešené a jeho přizpůsobení požadavkům zákazníků. Pro této účely bude nezbytně nutné vyvinout novou verzi programu iHVAC obsahující mód A.

6.1. Skupinová diskuze

Velmi užitečné v průběhu vývoje získat názory zákazníků na nové uživatelské rozhrání. Nejlepší volbou je v daném případě skupinová diskuze, která dovoluje získat předběžné ohodnocení systému. Tato metoda také poskytuje možnost živě pozorovat reakci a vývoj názorů respondentů.

6.2. Testování módu A

Další výzkum musí být soustředěn na testování nového rozhraní a získaní praktického ohodnocení zákazníků. Testování iHVAC musí být provedeno prostřednictvím zkoušek na simulátoru auta.

V průběhu zkoušek mód A musí být porovnáván s módem Classic a módem Advanced s gestovým ovládáním, přičemž musí se sledovat nejenom čas, který řidič věnuje ovládání systému, ale i správnost zadání požadavků.

Proband pool musí být rozšířen zejména ve vztahu k respondentům ve věku 30-60 let. V průběhu zkoušek část respondentů kromě standardní ukázky ovládaní interfacu musí absolvovat i cvičení s jinými systémy s gestovým ovládáním. Rozdíly v úspěšnosti těchto dvou skupin respondentů testování znázorní důležitost a následně i rychlost získávání potřebných zkušeností pro gestové ovládání rozhraní.

6.3. FMEA

Po získání dostatečného množství informací o požadavcích zákazníků je vhodné zhodnotit funkční rozsah systému a provést analýzu rizik pro zajištění funkčnosti nejdůležitějších podsystémů iHVAC.

Následně bych doporučovala provést porovnání výsledné FMEA pro mód A s již udělanou FMEA, která byla věnována eliminací chyb v rámci reálného HVAC systému.

7. Závěr

Svou diplomovou práci jsem věnovala metodám kvality a jejich použití v průběhu vývoje inovačního grafického uživatelského rozhraní klimatizačního systému iHVAC. Tento systém je inovačním projektem společnosti ŠKODA Auto, ČVUT v Praze a VUT v Brně. Jsem prozkoumala problematiku, kterou tento systém řeší, uvedla detailní popis funkcí iHVAC a 3 jeho základních ovládacích módů.

Jsem provedla základní popis nejčastěji používaných metod kvality ve fázi vývoje nových výrobků a produktu a následně se soustředila na aplikaci nejkomplexnějších z nich.

Metoda QFD – Quality Function Deployment – byla nejvíce účinná při porovnání již existujících grafických uživatelských rozhraní funkčního prototypu systému, detekci jejich silných a slabých stránek. Tato metoda také umožnila provést návrh nového testovacího rozhraní– optimálního módu A a srovnat ho s interfacy prototypu.

Metodu FMEA – Failure Mode and Effect Analysis – jsem použila pro odhalení rizik nového testovacího rozhrání, které mohou být spojené s jeho každodenním použitím a přímo ovlivňovat spokojenost zákazníků. Jsem provedla vyhodnocení závažnosti rizik a navrhla opatření ke zlepšení výrobku, čímž docílila snížení poruchovosti více než o polovinu.

Moje diplomová práce také obsahuje doporučení pro další výzkum v oblasti dané problematiky a já věřím, že po ukončení vývoje společnost ŠKODA Auto bude schopná uvést na trh nové inovativní přehledný i ve výsledku bezpečný systém, který nejenom nepřispěje vývoji nehodových situací, ale i pomůže zlepšit statistiky nehodovosti.

8. Bibliografie

1. **Feigenbaum, Armand Vallin.** *Total Quality Control: Engineering and Management.* New York : McGraw-Hill, 1951. ISBN 0070203520.

2. **Jaroslav Machan, Jaromír Tobiška, Dana Bakošková, Pavel Baumruk.** *Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku - aplikace v automobilovém průmyslu.* Mladá Boleslav : ČVUT v Praze, Fakulta strojní, 2012. ISBN 978-80-01-04094-2.

3. **Management Mania.** QFD (Quality Function Deployment). *Management Mania.* [Online] 2017. [Citace: 02. 05 2017.] https://managementmania.com/cs/quality-function-deployment. ISSN 2327-3658.

4. **qfd-id.de.** Qas ist QFD? *QFD-ID.* [Online] qfd-id.de, 2017. [Citace: 02. 05 2017.] http://www.qfd-id.de/index,php/was-ast-qfd.

5. **Bakošová, Dana.** *Metody řízení kvality ve fázi vývoje výrobku: sborník přednášek.* Praha : České Výsoké Účení Technické v Praze, Fakulta Dopravní, Ústav dopravních prostředků, 2008. ISBN 978-20-01-05099-6.

6. **Machan, Jaroslav.** FMEA. *Prezentace přednesená na předmětu 16PDP Principy návrhu dopravních prostředků.* Praha : ČVUT, Fakulta Dopravní, 2017.

7. **United States Department of Defense.** MIL-P-1629 - Procedures for performing a failure mode effect and critical analysis. *assistdocs.com.* [Online] 9. 10 1949. [Citace: 3. 5 2017.] http://www3.assistdocs.com/index.php?token=e11420850879c356d27a8a37d95ff541&schannel=000723&src=lrs&query=MIL-P-1629+-+Procedures+for+performing+a+failure+mode+effect+an&afdToken=CtMBChMIw9--tbze0wIVi6cbCh0wpwVxGAMgAFCyz6ABUPDQoAFQ1IzPCVC5qdAJUK6r0AlQhazQ. MIL-P-1629.

8. **VUT v Brně.** Inovativní řízení HVAC systému kabiny automobilu jako součást asistenčního systému řidiče. *Výsoké Učení Technické v Brně.* [Online] VUT v Brně, 15. 04 2017. [Citace: 16. 04 2017.] https://www.vutbr.cz/veda-a-vyzkum/resene-projekty/detail/24167?aid_redir=1#basic.

9. **Český Statistický Úřad.** Dopravní nehodovost a její důsledky v ČR v dlouhodobém pohledu. *Český Statistický Úřad.* [Online] 2017. [Citace: 05. 04 2017.] https://www.czso.cz/documents/10180/20534694/32025414a02.pdf/f4a53ddc-4f72-4a63-85ff-20075e0b2752?version=1.0.

10. **Český Hydrometeorologický Ústav.** Územní teploty. *Český Hydrometeorologický Ústav.* [Online] 2017. http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty.

11. **Policie České Republiky.** Statistika nehodovosti. *Policie České Republiky.* [Online] 2017. http://www.policie.cz/clanek/statistika-nehodovosti-900835.aspx.

12. **Fišer, Martin.** *Optimalizace ovládácích a zobrazovacích prvků kokpitu automobilu z hlediska HMI.* Praha : České Vysoké Učení Technické, Fakulta Dopravní, Ústav Dopravních Prostředků, 2015. Diplomová práce.

13. *FMEA on FMEA.* **Mike Silverman, James R. Johnson.** Orlando, Florida, USA : Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2013. ISBN 978-1-4673-4711-2.

14. *Advanced approaches to failure mode and effect analysis (FMEA) application.* **D.Vykyal, J. Plura, P. Halfarová, P. Klaput.** 54, Zagreb, Chorvatsko : Croatian Metallurgical Society, 2015. ISSN 1334-2576.

15. **G. Gassanelli, G. Mura, F. Fantini, MM. Vanzi, B. Plano.** Microelectronics. *ScienceDirect.* [Online] 2006. [Citace: 12. března 2017.] http://www.sciencedirect.com/. ISSN 0026-2714.

16. **Chen, Jih Kuang.** Prioritization of Corrective Actions from Utility Viewpoint in FMEA Application. *Willey Online Library, Quality and Reliability Engineering International.* [Online] 2016. [Citace: 24. února 2017.] http://onlinelibrary.wiley.com/.

17. **Machan, Jaroslav.** Metody ke zjištění zákaznických požadavků. *Prezentace přednesená na předmětu 16PDP Principy návrhu dopravních prostředků.* Praha : ČVUT, Fakulta Dopravní, 2017.

9. Seznam obrázků

Obrázek 1 Přehled metod kvality využívaných ve fázi vývoje výrobku .. 11

Obrázek 2 Pozorování procesu skupinové diskuze přes jednocestné zrcadlo 12

Obrázek 3 Metody QFD jako interface mezi požadavky zákazníků a technickým řešením produktu 16

Obrázek 4 Kano model 17

Obrázek 5 Struktura QFD 18

Obrázek 6 Souvislost jednotlivých druhů FMEA. 23

Obrázek 7 Vzorový protokol FMEA 24

Obrázek 8 Postup FMEA 26

Obrázek 9 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód Classic 30

Obrázek 10 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód Simple 31

Obrázek 11 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód Advanced 32

Obrázek 12 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód Advanced – detailizace nastavení 32

Obrázek 13 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód Advanced – ukázka ovládání gesty, úroveň základního menu 33

Obrázek 14 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód Advanced – ukázka ovládání gesty, zadání pokynu změny teploty v menu pro konkrétně vybranou část těla 34

Obrázek 15 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód Advanced – ukázka virtuálního šatníku 34

Obrázek 16 Rozdělení respondentů dle pohlaví 36

Obrázek 17 Věkové složení proband pool 37

Obrázek 18 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód A 43

Obrázek 19 Grafické uživatelské rozhraníiHVAC, mód A, ovládání gesty 44

10. Seznam tabulek

Tabulka 1 Popis maticové struktury QFD 19

Tabulka 2 Průměrné denní teploty na území České republiky ve vybraných měsících období 2010-2016 29

Tabulka 3 Statistiky nehodovosti ve vybraných měsících v období 2010-2016 29

Tabulka 4 Význam hodnot korelační matice pro QFD analýzu grafického uživatelského rozhraníiHVAC 38

Tabulka 5 QFD analýza grafického uživatelského rozhraníiHVAC 38

Tabulka 6 QFD analýza pro nově navržený optimální mód A 42

Tabulka 7 Funkce pro automatizace v rámci interface iHVAC, módu A..45

Tabulka 8 Systém koeficientů pro vyhodnocení závažnosti, četnosti a odhalitelnosti chyb 49

11. Seznam příloh

Příloha 1. Protokol FMEA**.....**63