

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
Fakulta strojního inženýrství
Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Ing. Petr Blecha

**VYUŽITÍ MODERNÍCH METOD ŘÍZENÍ A ZABEZPEČOVÁNÍ
JAKOSTI PŘI KONSTRUKCI OBRÁBĚCÍCH CENTER**

**USE OF MODERN METHODS OF QUALITY MANAGEMENT AND
ASSURANCE IN THE DESIGN OF MACHINING CENTRES**

ZKRÁCENÁ VERZE PH.D. THESIS

Obor: Konstrukční a procesní inženýrství

Školitel: Doc. Ing. Ivan Vavřík, CSc.
Školitel specialista: Dr. Ing. Jiří Marek
Oponenti: Prof. Ing. Stanislav Hosnedl, CSc.
Prof. Ing. Peter Demeč, Ph.D.
Ing. Vladimír Dokoupil, CSc.

Datum obhajoby: 11. 6. 2003

KLÍČOVÁ SLOVA

zabezpečování jakosti, systémový přístup, procesní přístup, ČSN EN ISO 9001:2001, QSOFD, QFD, FTA, FMEA, obráběcí centrum, paralelní inženýrství, integrovaný vývoj výrobku

KEY WORDS

Quality Assurance, System Approach, Process Approach, ISO 9001:2000, QSOFD, QFD, FTA, FMEA, Machining Centre, Concurrent Engineering, Integrated Product Development

MÍSTO ULOŽENÍ PRÁCE

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky FSI VUT v Brně

OBSAH

1 ÚVOD.....	5
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	6
2.1 Výňatek z ČSN EN ISO 9001:2001 týkající se návrhu a vývoje produktu.....	6
2.1.1 Předmět normy.....	6
2.1.2 Procesní přístup.....	6
2.1.3 Odpovědnost vedení organizace	6
2.1.4 Přezkoumání vedením	6
2.1.5 Plánování realizace výrobků.....	6
2.1.6 Procesy vztahující se k zákazníkovi.....	6
2.1.7 Návrh a vývoj	6
2.1.8 Monitorování a měření.....	6
2.1.9 Analýza údajů.....	6
2.1.10 Zlepšování.....	6
2.2 Quality Function Deployment (QFD).....	6
2.2.1 Popis metody QFD.....	6
2.2.2 Realizace metody QFD	6
2.3 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).....	6
2.3.1 Popis metody FMEA	6
2.3.2 Realizace metody FMEA.....	6
2.4 Fault Tree Analysis (FTA).....	7
2.4.1 Popis metody FTA.....	7
2.4.2 Realizace metody FTA	7
2.5 Reengineering	7
3 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE.....	7
4 SYSTÉMOVÁ VĚDA.....	8
4.1 Teorie systémů.....	8
4.2 Systémová analýza a syntéza.....	8
4.3 Systémový přístup.....	8
4.4 Technický objekt jako systém.....	8
4.4.1 Základní pojmy.....	8
4.4.2 Vlastnosti technických objektů.....	8
4.4.3 Struktury technických objektů.....	8
5 KONSTRUKČNÍ PROCES	9
5.1 Základní pojmy	9
5.2 Metodické postupy konstruování.....	9
5.2.1 Základní znaky metodického postupu konstruování.....	9
5.2.2 Konstrukční strategie: model postupu konstruování	9
5.3 Kreativní, analytické a racionální techniky tvůrčí práce	10

5.3.1	<i>Kreativní proces</i>	10
5.3.2	<i>Kreativní techniky</i>	10
5.3.3	<i>Analytický proces</i>	10
5.3.4	<i>Analytické techniky</i>	10
5.3.5	<i>Racionalizační proces</i>	10
5.3.6	<i>Racionální konstruování</i>	10
5.3.7	<i>Racionalizační techniky konstruování</i>	11
5.4	Přístupy a způsoby řešení konstrukčních problémů.....	11
5.4.1	<i>Sériové inženýrství</i>	11
5.4.2	<i>Paralelní inženýrství</i>	11
5.4.3	<i>Integrovaný vývoj výrobku</i>	11
6	ROZBOR METOD QFD, FMEA A FTA.....	12
6.1	Výhody a nevýhody metody Quality Function Deployment (QFD).....	12
6.2	Výhody a nevýhody metody Failure Mode and Effects Analysis (FMEA).....	12
6.3	Výhody a nevýhody metody Fault Tree Analysis (FTA).....	13
6.4	Závěr plynoucí z rozboru:.....	13
7	QUALITY, SAFETY AND ORGANIZATIONAL FUNCTION DEPLOYMENT (QSOFD).....	15
7.1	Aplikace systémového přístupu při návrhu, vývoji a konstrukci OC.....	16
7.2	Aplikace procesního přístupu při návrhu, vývoji a konstrukci OC.....	17
7.3	Konstrukční návrh OC dle QSOFD.....	18
7.3.1	<i>První etapa konstrukčního návrhu OC - systémový návrh</i>	18
7.3.2	<i>Sestavení systémové morfologické matice OC</i>	19
7.3.3	<i>Příklad systémové analýzy a zobecněných stromů chyb pro vybrané uzly OC</i>	20
7.3.4	<i>Druhá etapa konstrukčního návrhu OC – projekční návrh</i>	20
7.3.5	<i>Třetí etapa konstrukčního návrhu OC – vývoj jednotlivých uzlů a součástí OC</i> ...	21
7.3.6	<i>Čtvrtá etapa konstrukčního návrhu OC – vypracování konstrukční dokumentace OC</i>	23
7.3.7	<i>Sestavení konstrukčních morfologických matic jednotlivých uzlů OC</i>	23
7.4	Metodický postup konstruování OC dle QSOFD.....	23
7.5	Výhody metody QSOFD.....	24
8	VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE.....	25
9	ZÁVĚR.....	26
10	SUMMARY.....	27
11	LITERATURA.....	28
12	CURRICULUM VITAE.....	32

1 ÚVOD

Řízení a zabezpečování jakosti je nejdůležitějším nástrojem pro tvorbu konkurenceschopných výrobků. Týká se všech částí podniku (vývoj, nákup, technologická příprava výroby, výroba, prodej) a zohledňuje služby poskytované zákazníkovi od zakoupení výrobku až po jeho ekologickou likvidaci na konci technického života.

Proto, aby se mohly vyrábět konkurenceschopné výrobky, je potřeba vycházet důsledně z požadavků zákazníků při neustálém zvyšování požadavků zákazníka na jakost a plnění všech veřejnoprávních požadavků na bezpečnost a spolehlivost výrobků s minimálními dopady na životní prostředí. Z této filozofie vychází i moderní metody řízení a zabezpečování jakosti Quality Function Deployment (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) a Fault Tree Analysis (FTA), jejichž cílem je dosáhnout pokud možno bezchybného vývoje prostřednictvím předchozího promyšlení a plánování, neboť zabránit chybě je vždy lepší, než chybu odstraňovat.

Řízení a zabezpečování jakosti v průmyslové výrobě je tedy cestou, jak zajistit u výrobku jeho způsobilost pro standard a užití takovou mírou, aby splňoval pokud možno všechny podstatné skutečné i skryté požadavky zákazníka lépe než výrobky konkurenční. Moderní metody řízení a zabezpečování jakosti jsou potom nástrojem pro optimalizování prospěchu zákazníka, pro získávání spokojených zákazníků, zlepšování relativního konkurenčního postavení firmy a získávání podílů na trhu.

Úspěšný vývoj nového výrobku tedy vyžaduje důslednou orientaci na požadavky zákazníků a využívání systémového a procesního přístupu při preventivním zabezpečování jakosti. Výsledkem je potom výrobek, který je vyvinut ve výhodném čase, vyráběn s minimálně možnými náklady a odpovídající nejvýše možnému standardu jakosti. Největší uplatnění zde nachází již výše zmíněná metoda QFD, vhodně doplněná metodami FMEA a FTA, přičemž všechny tyto metody zabezpečování jakosti lze uplatnit již od první fáze vývoje výrobku (definiční fáze). Tyto 3 výše zmíněné metody jsou v převážné míře s úspěchem aplikovány v automobilovém, elektrotechnickém a jaderném průmyslu. **V konstrukci obráběcích strojů (center) však nebyly tyto metody doposud nikde aplikovány, z důvodu absence metodického rozpracování jejich teoretického nasazení v této oblasti průmyslu.**

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 Výňatek z ČSN EN ISO 9001:2001 týkající se návrhu a vývoje produktu

- 2.1.1 Předmět normy**
- 2.1.2 Procesní přístup**
- 2.1.3 Odpovědnost vedení organizace**
- 2.1.4 Přezkoumání vedením**
- 2.1.5 Plánování realizace výrobků**
- 2.1.6 Procesy vztahující se k zákazníkovi**
- 2.1.7 Návrh a vývoj**
- 2.1.8 Monitorování a měření**
- 2.1.9 Analýza údajů**
- 2.1.10 Zlepšování**

2.2 Quality Function Deployment (QFD)

2.2.1 Popis metody QFD

Tato metoda spočívá ve vyvíjení strategie pro dosažení vytyčených cílů.

2.2.2 Realizace metody QFD

Přesně podchycené požadavky a přání zákazníků, zapsané do formuláře „jakostního domu“, se ohodnotí významem, který mají pro tyto zákazníky. Požadavkům zákazníků se dále přiřadí příslušné atributy výrobku (konstrukční požadavky) a pro tyto atributy výrobku jsou navrženy měřitelné veličiny.

2.3 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

2.3.1 Popis metody FMEA

Úkolem metody FMEA je poznat a analyzovat již v časném stadiu procesu vývoje a výroby, všechny podstatné chyby, jejich příčiny a důsledky [35].

2.3.2 Realizace metody FMEA

1. krok: Shromažďování základních údajů
2. krok: Analýza chyb
3. krok: Hodnocení chyb
4. krok: Optimalizace konceptu
5. krok: Vyhodnocení výsledku

2.4 Fault Tree Analysis (FTA)

2.4.1 Popis metody FTA

Tato metoda znázorňuje příčiny nežádoucího jevu v stromové struktuře.

2.4.2 Realizace metody FTA

Postup realizace FTA obsahuje čtyři kroky:

1. krok: Systémová analýza
2. krok: Stanovení nežádoucích stavů
3. krok: Analýza spojitostí příčin a důsledků
4. krok: Způsoby selhání

2.5 Reengineering

Reengineering představuje rozhodné znovuzavedení základních podnikových procesů k dosažení výrazného zlepšení v produktivitě a kvalitě. Při jeho realizaci začínají společnosti v podstatě s nepopsanou stránkou papíru a definují znovu již existující procesy z důvodu vytvoření a nastavení nových hodnot pro zákazníka.

3 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Cílem předložené disertační práce s názvem „Využití moderních metod řízení a zabezpečování jakosti při konstrukci obráběcích center“ je navrhnout takové využití těchto metod, které by:

- bylo v souladu s požadavky ČSN EN ISO 9001:2001;
- odpovídalo současným poznatkům o systémové vědě;
- odpovídalo současným poznatkům o konstrukčním procesu;
- vyzdvihlo jejich výhody a pokud možno potlačilo jejich nevýhody;
- bylo metodicky rozpracováno pro jejich teoretické nasazení během konstrukce obráběcích center.

Následující dvě kapitoly této disertační práce:

- kapitola č. 4 - SYSTÉMOVÁ VĚDA
- kapitola č. 5 - KONSTRUKČNÍ PROCES

prezentují zvolenou **metodu zpracování** cílů této práce.

4 SYSTÉMOVÁ VĚDA

4.1 Teorie systémů

„Teorie systémů je teoreticko-filozofická vědní disciplína, která se na obecné úrovni a komplexně zabývá vším, co souvisí s existencí, strukturou, vlastnostmi, ovlivňováním a chováním strukturovaných reálných i abstraktních objektů“ [23].

4.2 Systémová analýza a syntéza

Systémová analýza a syntéza (dále SAS) představuje soubor logických a formalizovaných postupů pro zkoumání struktury a chování složitých soustav. Je to metodologicko-aplikační disciplína pro řešení mnohokriteriálních problémů na strukturně a procesně složitých reálných nebo abstraktních objektech.

4.3 Systémový přístup

Systémový přístup je takový tvůrčí způsob a proces myšlení, aplikovaný na lidské činnosti spojené s řešením problémů, který respektuje charakteristické systémové znaky [23].

4.4 Technický objekt jako systém

4.4.1 Základní pojmy

Technický objekt (dále TeO) je objekt materiální povahy cílevědomě vytvořený člověkem za účelem plnění předem určené funkce na základě společenské potřeby a společenské poptávky.

4.4.2 Vlastnosti technických objektů

Abychom mohli zkoumat problémy spojené s TeO (jeho vlastnostmi a souvislostmi) obecně i v detailech, musíme konstruování pojímat systémově.

4.4.3 Struktury technických objektů

Struktura je obecně množina prvků (elementů) a jejich vztahů, které tvoří určitý celek. U TeO rozlišujeme tyto tři druhy struktury:

- Stavební struktura
- Orgánová struktura
- Funkční struktura

5 KONSTRUKČNÍ PROCES

5.1 Základní pojmy

Pojem *Inženýrství* pochází z latinského slova „ingenium“ [39], tj. vynalézání, tvůrčí činnost.

Systémové inženýrství je projektovou disciplínou zabývající se navrhováním nových technických soustav resp. inovací soustav existujících, a to tak, aby tyto soustavy byly schopné plnit s předem vymezenou spolehlivostí požadovanou funkci při respektování příslušných omezení a při minimálních nákladech.

Syntéza je proces slučování prvků do celků s vyšším stupněm organizovanosti, přičemž prvky mohou mít charakter abstraktní (informace, zkušenosti,...) nebo materiální (strojní součásti,...).

Analýza je proces opačný syntéze, jedná se tedy o rozbor prvků abstraktního nebo materiálního charakteru.

Řešitelský tým – řešení problémů v technické praxi je na současné úrovni problémů téměř výhradně týmovou činností, což ovšem nevylučuje, že řešitelem může být i jedinec.

Problémová situace je takový stav, který vyžaduje rozhodnutí o dalším postupu, vynucený buď nedostatečným rozvojem vědy (kdy lze volit nesplnění úkolu či nové řešení s příslušným rizikem), nebo je znám větší počet řešení a postupů a je nutné vybrat optimální.

5.2 Metodické postupy konstruování

- Konstrukční proces sestává z rozsáhlého množství činností, jejichž základy lze nalézt v řadě vědních oborů.

5.2.1 Základní znaky metodického postupu konstruování

Metodika konstruování se dá v širším slova smyslu považovat za souhrn organizačních, hospodářských, psychologických, logických a myšlenkových pravidel, která slouží k racionalizaci konstrukční práce. Důležitým atributem této metody je systémový přístup.

Metodický postup se jeví jako nejúčelnější pro řešení nových koncepcí TeO, neboť vede rychleji k cíli a k nalezení optimální varianty.

5.1.2 Konstrukční strategie: model postupu konstruování

V průběhu konstrukčního procesu hledá konstruktér stavební strukturu, která bude nositelem požadovaných vlastností TeO. Tato struktura by měla být přesně popsána příslušnými elementárními vlastnostmi.

5.3 Kreativní, analytické a racionální techniky tvůrčí práce

5.3.1 Kreativní proces

Kreativní (tvůrčí) myšlení je charakteristické tím, že hledá odlišnosti, zkoumá i to nejméně pravděpodobné, přináší nové nápady, nové přístupy k řešení problémů, nové pohledy na věci, je nespojitě a divergentní – úmyslně odbíhá od logických návazností.

Kreativní proces probíhá v několika krocích. Podle Grahama Wallase (1926) jej tvoří *příprava, inkubace, poznání a ověření*.

5.3.2 Kreativní techniky

Byla vyvinuta řada kreativních technik, mezi které patří *brainstorming, brainwriting, synektika, think tank, delfská technika a metoda 126*.

5.3.3 Analytický proces

Analytické (logické) myšlení je konvergentní, pohybuje se tím nejpravděpodobnějším směrem od jedné relativní věci k druhé, z ní vyplývající. Je to proces uvažování, v němž se jeden úsudek odvozuje z druhého a konečným výsledkem jsou správné závěry. Toto logické myšlení probírá informace, vybírá závažné, prokazuje a prověřuje souvztažnosti.

Analytický proces – probíhá v několika krocích, které tvoří *definování problému, analýza problému, produkce alternativ, hodnocení a výběr, implementace rozhodnutí, sledování a vyhodnocení*.

5.3.4 Analytické techniky

Je celá řada analytických technik – mezi často používané patří *diagram příčin a důsledků, šestero dobrých sluhů, Paretova analýza, morfologická analýza, analýza silového pole a síťový diagram*.

5.3.5 Racionalizační proces

Významným nástrojem racionalizace jsou racionální metody tvůrčí práce, což jsou promyšlené objektivní postupy k dosažení stanoveného cíle.

5.3.6 Racionální konstruování

U racionálního konstruování jsou ve všech pracovních etapách, tj. od plánování výrobku a vyjasnění úkolů až po vypracování samotného návrhu, aplikovány základní metody vědeckého myšlení.

TeO je dnes potřeba hodnotit především z pohledu zákazníka při současném respektování zákonných vyhlášek a předpisů, neboť jen tak můžeme mít jistotu, že TeO splní nejen zjevné, ale i skryté požadavky zákazníka, bude dobře prodejné a zajistí tudíž konkurenceschopnost - životaschopnost podniku.

5.3.7 Racionalizační techniky konstruování

- Technika konstruování podle WOGERBAUERA
- Metodické konstruování podle KOLLERA
- Systematické konstruování podle HANSENA
- Metodické konstruování podle konstrukční techniky RODENACKERA
- Metodické konstruování podle ROTHHA
- Technicko-ekonomické konstruování podle KESSELRINGA
- Obecný model postupu konstruování dle HUBKY
- Metoda postupného konstruování (MPK)
- Hodnotová analýza

5.4 Přístupy a způsoby řešení konstrukčních problémů

5.4.1 Sériové inženýrství

Má charakteristickou sériovou strukturu činností, v prvních etapách to jsou informačně-tvořivě-rozhodovací činnosti, v následných etapách pak převážně rozhodovací a výkonné činnosti. Sériovému sledu činností odpovídá i sériový tok informací, převážně jednosměrný a problémy na TeO se řeší ve sledu odpovídajícím sledu činností, tedy nejprve problémy návrhové a konstrukční, pak technologické, výrobní a testovací, a to bez intenzivních interakcí.

5.4.2 Paralelní inženýrství

Paralelní inženýrství známé ve světě jako Concurrent Engineering (CE) je centrálně řízený, systémový a týmový přístup k vývoji nových a inovaci existujících technických objektů, charakterizovaný tím, že v návrhové etapě se realizuje komplexní návrh TeO týmem pracovníků ze všech podstatných fází technického života TeO, který využívá rozpracované metody paralelního inženýrství a je usměrňován koordinátorem projektu, přičemž nezastupitelnou úlohu mají informační technologie v podobě počítačových podpor, inženýrských databází a počítačových sítí.

5.4.3 Integrovaný vývoj výrobku

Integrovaný vývoj výrobku (IVV) známý ve světě jako Integrated Product Development (IPD) je definován v USAFMC Guide on IPD (1993) jako filozofie, která systematicky využívá sdružování funkčních disciplín pro integraci a souběžnou aplikaci všech procesů nezbytných pro výrobu účinného a výkonného produktu, který uspokojí požadavky zákazníka. Pro zavedení IVV neexistuje žádný předepsaný postup, protože doposud neexistuje jediné řešení, každá aplikace tak bude jedinečná [8].

6 ROZBOR METOD QFD, FMEA A FTA

Zde jsou na základě poznatků o systémové vědě, konstrukčním procesu, reengineeringu a požadavcích normy ČSN EN ISO 9001:2001 rozebrány výhody a nevýhody výše zmíněných metod preventivního zabezpečování jakosti. Na základě tohoto rozboru jsou potom stanoveny podmínky efektivního využití těchto metod při konstruování obráběcích center (dále OC).

6.1 Výhody a nevýhody metody Quality Function Deployment (QFD)

Výhody:

- Jedná se o metodu podporující IVV.
- Logicky členěné kroky přináší pořádek a kázeň během vývoje a konstrukce výrobku.
- Jakostní dům zpřehledňuje komplexní průběh vzniku nového výrobku a umožňuje jeho snadnější kontrolu.
- Výrobky vyhovují lépe požadavkům zákazníků, s minimalizací potřebných oprav u počáteční série.
- Zásadní rozpory (např. náklady proti jakosti) jsou odhaleny v časných fázích vývoje výrobku.
- Umožňuje zpracovat nové poznatky o změnách trhu nebo technických inovacích.
- Zohledňuje schopnost výrobku odolávat konkurenčnímu tlaku.

Nevýhody:

- Jedná se o metodu se systematickým, nikoliv systémovým přístupem.
- Není zde podporován procesní přístup.
- Omezuje se pouze na požadavky zákazníků bez uvažování zákonných požadavků, požadavků předpisů a požadavků vlastní organizace.
- Nedává příliš prostoru pro odhalování skrytých požadavků zákazníků.
- Neumožňuje dostatečně zabránit vzniku potenciálních konstrukčních chyb.
- Svým členěním neodpovídá jednotlivým konstrukčním etapám vzniku OC.
- Její zavedení je spojeno s vysokými počátečními investicemi.

6.2 Výhody a nevýhody metody Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Výhody:

- Jedná se o metodu podporující IVV.
- Metoda vychází ze systémové analýzy navrhovaného výrobku.
- Hodnotí výrobek s ohledem na jeho nežádoucí stavy, potenciální chyby a jejich příčiny.
- Umožňuje minimalizovat výskyt potenciálních chyb.

Nevýhody:

- Metoda nebere v úvahu požadavky kladené na výrobek.
- Pro hodnocení výrobku používá subjektivní hodnotu PRČ. Tuto hodnotu však nelze v prvních fázích vzniku nového výrobku odhadnout s dostatečnou vypovídací schopností.
- Svým členěním neodpovídá jednotlivým konstrukčním etapám vzniku OC
- Nedostatečně podporuje tvořivé schopnosti členů týmu.
- Lze ji většinou využít pouze pro „odstraňování potíží“ a nikoliv jako nástroj pro zvyšování užitečných parametrů OC.

6.3 Výhody a nevýhody metody Fault Tree Analysis (FTA)

Výhody:

- Jedná se o metodu podporující IVV.
- Metoda vychází ze systémové analýzy navrhovaného výrobku.
- Ve stromové struktuře názorně ukazuje vztahy mezi příčinami a důsledky potenciálních chyb.
- Umožňuje minimalizovat výskyt nežádoucích stavů výrobku.
- Dává přehled o vazbách jednotlivých komponent výrobku.

Nevýhody:

- Metoda nebere v úvahu požadavky kladené na výrobek.
- Svým členěním neodpovídá jednotlivým konstrukčním etapám vzniku OC
- Výpočet pravděpodobné poruchovosti výrobku lze uskutečnit pouze u elektrotechnických výrobků, a to pouze v omezené míře.

6.4 Závěr plynoucí z rozboru:

Z rozboru výhod a nevýhod výše zmíněných metod vyplývá, že jejich efektivní využití při vývoji a konstrukci OC je podmíněno navržením vhodných opatření, která by eliminovala jejich výše uvedené nevýhody. Proto se pro splnění cílů této disertační práce jeví nejvýhodnější navrhnout novou metodu, která by v sobě skloubila výhody těchto moderních metod a navíc využívala poznatků o systémové vědě a konstrukčním procesu, odpovídala požadavkům ČSN EN ISO 9001:2001 a umožňovala účelně organizovat průběh konstrukčních prací.

Po této nové metodě je tedy požadováno aby:

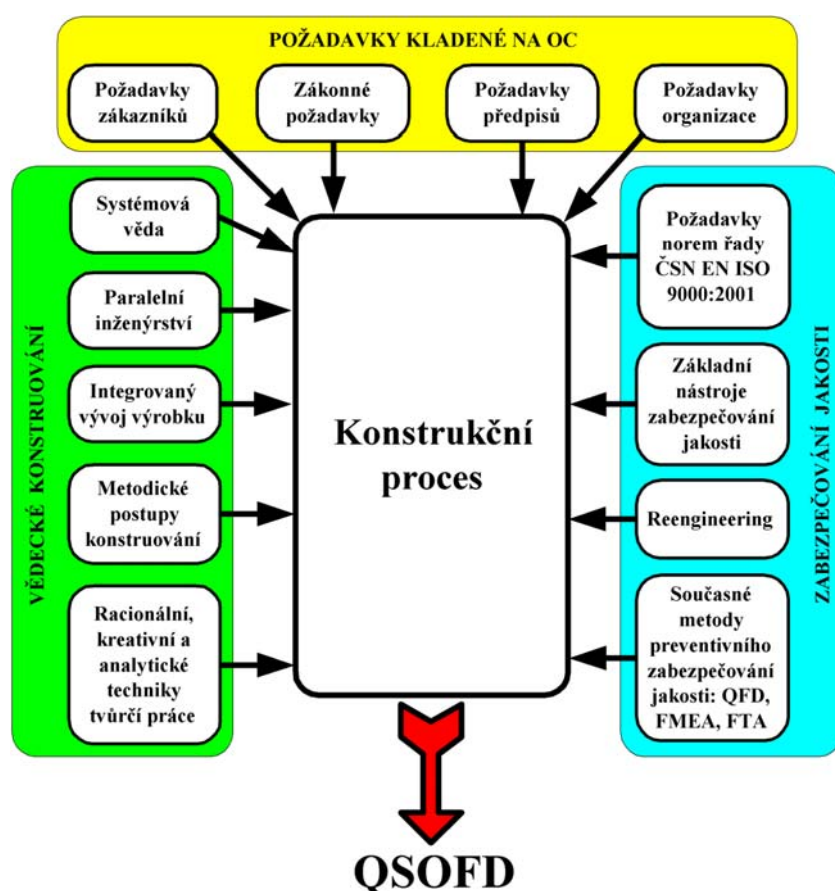
- k vývoji a konstrukci využívala procesní přístup (požadavek ČSN EN ISO řady 9000:2001);
- během vývoje a konstrukce podporovala systémový přístup;
- využívala systémovou analýzu navrhovaného výrobku;
- podporovala IVV a CE což umožňuje efektivně rozvíjet tvořivé schopnosti členů vývojového týmu;

- využívala morfologické analýzy pro kreativnější tvorbu jednotlivých variant navrhovaného OC;
- svým členěním odpovídala jednotlivým konstrukčním etapám vzniku TeO;
- brala v úvahu kromě požadavků zákazníků i zákonné požadavky, požadavky předpisů a požadavky vlastní organizace;
- dávala přehled o vnitřní struktuře a vazbách jednotlivých prvků navrhovaných uzlů OC;
- dávala přehled o příčinách nežádoucích stavů OC;
- umožňovala minimalizovat výskyt potenciálních chyb a tím i nežádoucích stavů OC;
- zvyšovala pravděpodobnost odhalení skrytých požadavků zákazníka;
- umožňovala lepší organizaci práce a tím i účelnější využívání potenciální produktivity konstrukčních oddělení podniku;
- její zavedení mohlo probíhat postupně a nevyžadovalo vysoké náklady tak, jak tomu je u metody QFD;
- vycházela z jakostního domu a logicky členěných kroků metody QFD;
- umožňovala zpracovat nové poznatky o změnách trhu nebo technických inovacích;
- byla v souladu s články ČSN EN ISO 9001:2001 týkajícími se vývoje a konstrukce.

Na základě těchto požadavků jsem navrhl novou metodu preventivního zabezpečování jakosti, kterou jsem nazval „Quality, Safety and Organizational Function Deployment“ (viz. kapitola 7).

7 QUALITY, SAFETY AND ORGANIZATIONAL FUNCTION DEPLOYMENT (QSOFD)

Tuto metodu jsem navrhl na základě analýzy činitelů ovlivňujících průběh konstrukčního procesu (obr. 1) a rozboru současných metod zabezpečování jakosti (kapitola 6). Název této metody jsem zvolil tak, aby respektoval to, že metoda QSOFD vychází z metody QFD, kterou doplňuje o část zabývající se bezpečností navrhovaného OC a část věnující se organizaci konstrukčních prací, čímž ji povyšuje do nové generace. Název metody QSOFD tedy v češtině znamená rozvoj jakostních, bezpečnostních a organizačních funkcí.



obr. 1 Aspekty zohledněné při vývoji metody QSOFD

Metoda QSOFD se řadí mezi týmové metody. Týmovou prací odborníků ze všech oddělení podílejících se na vzniku OC (v duchu paralelního inženýrství a integrovaného vývoje výrobku) je zajištěna zpětná vazba (ZV) z jednotlivých etap technického života OC. Svým členěním potom respektuje tato metoda jednotlivé konstrukční etapy vzniku OC, podporuje kreativitu členů vývojového týmu a splňuje požadavky norem řady ČSN EN ISO 9000:2001 týkající se systémového a procesního přístupu při návrhu, vývoji a konstrukci OC (viz. následující kapitoly).

7.1 Aplikace systémového přístupu při návrhu, vývoji a konstrukci OC

- U všech požadavků kladených na OC se pokud možno sjednotí terminologie. Pokud se vyskytnou nejednoznačné požadavky (některé požadavky zákazníků), nechají se v originální podobě, aby se zamezilo jejich případnému zkreslení.
- Všechny požadavky kladené na OC se uspořádají dle významu, který mají pro jejich zadavatele, což umožní provést analýzu problémové situace a určení hlavních problémů, které je potřeba řešit.
- OC se rozebere v blokovém diagramu na jednotlivé uzly a ty se rozčlení na své prvky. Dále se do tohoto diagramu zakreslí vazby mezi těmito prvky a jejich vzájemné interakce, čímž se docílí větší transparentnosti procesů probíhajících na OC.
- Navrhované atributy OC a jejich parametry se posuzují jednak z hlediska jejich významu pro splnění požadavků kladených na OC (především požadavků zákazníků) a jednak z hlediska obtížnosti jejich technické realizace.
- Při návrhu OC se berou v úvahu i interakce s okolním prostředím. Jsou-li tyto interakce významné, zakreslí se rovněž do jeho blokového diagramu (např. okolní teplota, vlhkost vzduchu, prašnost, přenos chvění a pod.).
- Při realizaci návrhu, vývoje a konstruování OC se sleduje a posuzuje jeho cílové chování z hlediska cílů hierarchicky nadřazené struktury požadavků (zákazník, zákony, předpisy a vlastní organizace).
- Sestaví se vývojový tým, který v duchu paralelního inženýrství a integrovaného vývoje výrobků umožní interdisciplinární přístup k řešení problémů.
- Vytvoří se hierarchie důležitosti jednotlivých atributů OC a jejich příslušných parametrů vzhledem ke splnění požadavků kladených na OC s přihlédnutím k obtížnosti jejich technické realizace.
- OC a jeho jednotlivé uzly se orientovaně vyšetří na potenciální nežádoucí stavy, přičemž se vědomě sleduje relace potenciální příčina – potenciální následek. Při tomto vyšetřování je vhodné vycházet z blokového diagramu OC.
- Atributy OC a jejich parametry se sledují jako závislé na čase. To znamená, že se parametry atributů OC navrhují tak, aby měly úroveň a kvalitu, která bude požadována v době, kdy bude OC uveden na trh.
- Při navrhování jednotlivých atributů OC a stanovování jejich parametrů se sleduje jejich vzájemná úroňová vyváženost nejen v rámci jednotlivých uzlů OC, ale i mezi uzly navzájem. Tím se zabrání převýšení parametrů jednoho atributu (např. přesnost, kvalita, víceúčelovost zařízení ...) nad úroveň ostatních atributů, nebo eventuálně podhodnocení některého z těchto atributů pod úroveň ostatních.
- Na základě orientovaného vyšetření OC na potenciální nežádoucí stavy se navrhnou vhodná preventivní a kontrolní opatření, která omezí závislost

návrhu OC na jednání jedince. Zobecněnou formu těchto opatření je potom možno aplikovat při řešení obdobných OC.

- Pro úspěšnou týmovou práci při řešení nestandardních situací je potřeba respektovat nenahraditelnost lidského činitele, efektivnost a progresivnost jeho heuristických činností, jeho asertivitu a kreativitu, atd. V případě potřeby je proto vhodné do týmu přizvat i další odborníky, kteří mohou pomoci při řešení problémů, nebo při nezaujatém hodnocení navrhovaných řešení.
- Každý proběhnuvší proces návrhu, vývoje a konstruování OC je zakončen analýzou a ověřením dosažených řešení.
- Závěrečnou fází je realizace návrhu OC, což představuje vytvoření kompletní výkresové dokumentace stavební struktury OC.

7.2 Aplikace procesního přístupu při návrhu, vývoji a konstrukci OC

V souladu s ČSN EN ISO řady 9000:2001 bylo potřeba konstrukční návrh OC rozčlenit na dílčí tvůrčí činnosti, které lze považovat za jednotlivé procesy s vlastními vstupy a výstupy. Konstrukční návrh OC jsem tedy rozčlenil na následující procesy:

- 1.proces:** Určení požadavků kladených na OC (*1. etapa*)
- 2.proces:** Určení funkční struktury OC
- 3.proces:** Určení orgánové struktury OC
- 4.proces:** Systémová analýza orgánové struktury OC
- 5.proces:** Hodnocení systémového návrhu OC z pohledu zákazníka
- 6.proces:** Hodnocení důležitosti funkčních a orgánových atributů OC
- 7.proces:** Hodnocení technické náročnosti požadavků kladených na OC
- 8.proces:** Určení komplexního významu požadavků kladených na OC
- 9.proces:** Určení kritických požadavků na OC
- 10.proces:** Určení kritických funkčních a orgánových atributů OC
- 11.proces:** Určení projekčních požadavků na OC (*2. etapa*)
- 12.proces:** Určení hrubé stavební struktury OC
- 13.proces:** Systémová analýza hrubé stavební struktury OC
- 14.proces:** Hodnocení projekčního návrhu OC z pohledu zákazníka
- 15.proces:** Hodnocení důležitosti projekčních atributů OC
- 16.proces:** Hodnocení technické náročnosti projekčních požadavků
- 17.proces:** Určení komplexního významu projekčních požadavků
- 18.proces:** Určení kritických projekčních požadavků na OC
- 19.proces:** Určení kritických projekčních atributů OC
- 20.proces:** Určení konstrukčních požadavků na OC (*3. etapa*)
- 21.proces:** Určení zpřesněné stavební struktury OC
- 22.proces:** Systémová analýza zpřesněné stavební struktury OC
- 23.proces:** Síťový graf

- 24.proces:** Hodnocení důležitosti konstrukčních atributů OC
25.proces: Určení kritických konstrukčních atributů OC
26.proces: Vypracování výkresové dokumentace (4. etapa)

7.3 Konstrukční návrh OC dle QSOFD

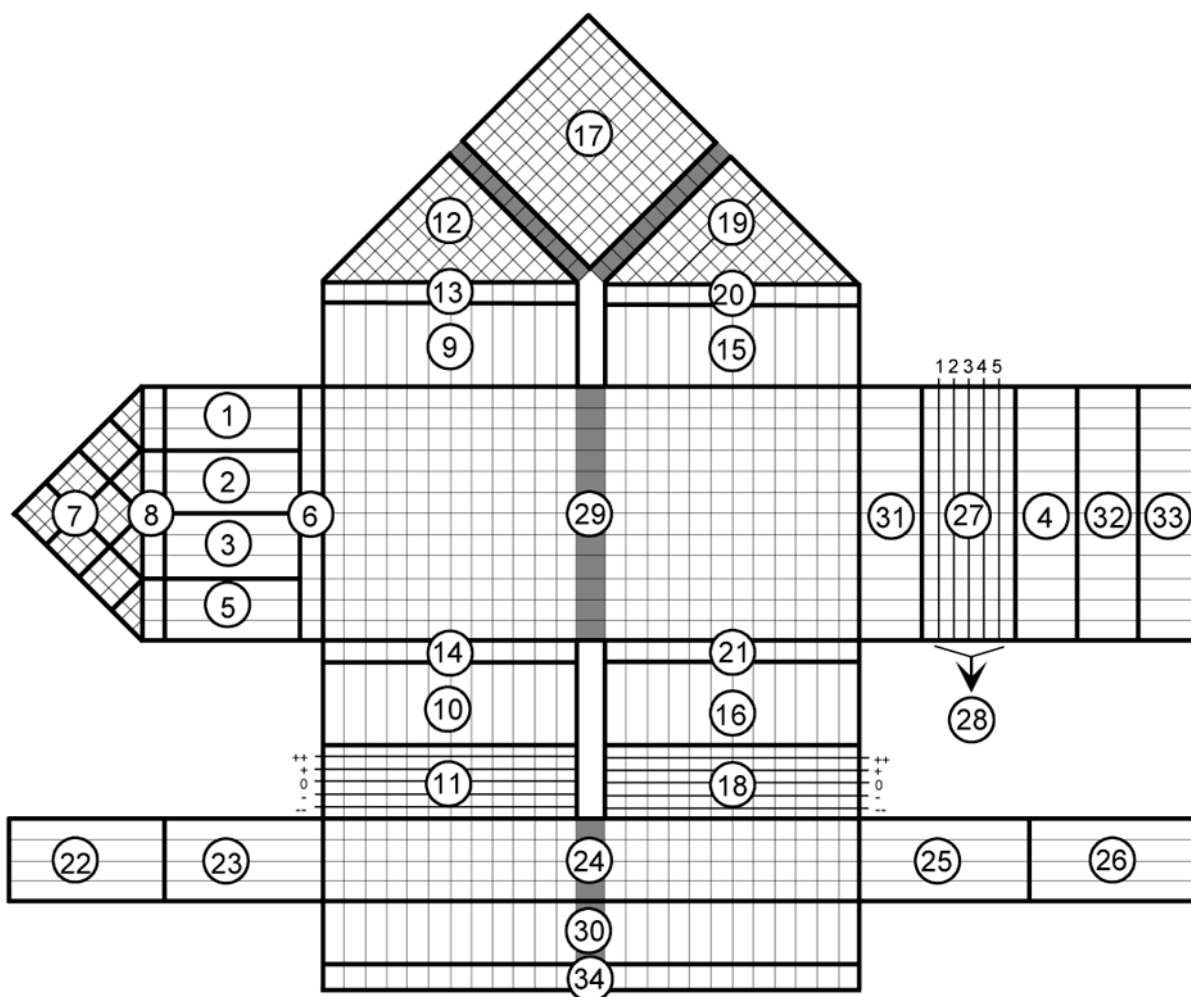
Konstrukční návrh OC dělíme dle QSOFD na 4 základní etapy:

1. systémový návrh OC
2. projekční návrh OC
3. vývoj jednotlivých uzlů a součástí OC
4. vypracování konstrukční dokumentace OC

7.3.1 První etapa konstrukčního návrhu OC - systémový návrh

Průběh systémového návrhu OC lze rozdělit do 33 pracovních kroků, které jsou dokumentovány pomocí tzv. jakostního domu (viz. obr. 2).

- 1. krok** Určení požadavků zákazníků
- 2. krok** Určení zákonných požadavků a požadavků předpisů
- 3. krok** Stanovení doplňujících požadavků organizace
- 4. krok** Stanovení koeficientu aktivit servisu (KAS)
- 5. krok** Definování požadavků plynoucích z aktivit servisu
- 6. krok** Určení významu požadavků pomocí koeficientu významu požadavku (KVP)
- 7. krok** Stanovení vzájemných interakcí požadavků
- 8. krok** Určení koeficientu negativních interakcí požadavků (KNI)
- 9. krok** Určení funkčních atributů
- 10. krok** Stanovení parametrů funkčních atributů
- 11. krok** Hodnocení technické vyzrálosti funkční struktury OC
- 12. krok** Hodnocení úrovně vyváženosti funkční struktury OC
- 13. krok** Hodnocení stanoveného cíle
- 14. krok** Hodnocení obtížnosti technické realizace
- 15. krok** Určení orgánových atributů
- 16. krok** Stanovení parametrů orgánových atributů
- 17. krok** Vytvoření matice interakcí funkčních a orgánových atributů
- 18. krok** Hodnocení technické vyzrálosti orgánové struktury OC
- 19. krok** Hodnocení úrovně vyváženosti orgánové struktury OC
- 20. krok** Hodnocení stanoveného cíle
- 21. krok** Hodnocení obtížnosti technické realizace
- 22. krok** Určení nežádoucích stavů OC
- 23. krok** Stanovení příčin nežádoucích stavů OC
- 24. krok** Vytvoření tabulky výskytu jednotlivých příčin nežádoucích stavů
- 25. krok** Navržení vhodných nápravných opatření
- 26. krok** Definování odpovědnosti za realizování nápravných opatření
- 27. krok** Vytvoření profilu konkurence



obr. 2 Jednotlivé pracovní kroky systémového návrhu OC v jakostním domu.

- 28. krok** Analýza hodnocení systémového návrhu OC z pohledu zákazníka
- 29. krok** Hodnocení vzájemných vlivů požadavků a atributů OC
- 30. krok** Hodnocení technického významu jednotlivých atributů OC
- 31. krok** Hodnocení technické náročnosti požadavků kladených na OC
- 32. krok** Stanovení koeficientu komplexního významu požadavků (KKV)
- 33. krok** Určení kritických požadavků
- 34. krok** Určení kritických funkčních a orgánových atributů

7.3.2 Sestavení systémové morfologické matice OC

Systémová morfologická matice S slouží k prvotnímu popsání abstraktní orgánové struktury obráběcího centra v první projekční fázi vzniku nového výrobku (viz. kapitola 5.2.2). Tato systémová morfologická matice je v podstatě tabulka, kde v prvním svislém sloupci jsou obecné vlastnosti, prvky a charakteristiky jednotlivých uzlů OC (tzv. dílčí funkce), ve vodorovném řádku jsou potom pro každou dílčí funkci uvedeny základní principy řešení orgánové struktury OC (tzv. nositelé funkcí). Pomocí této matice dostává projekční tým přehled o všech koncepčních variantách OC jako celku i jeho jednotlivých uzlů.

7.3.3 Příklad systémové analýzy a zobecněných stromů chyb pro vybrané uzly OC

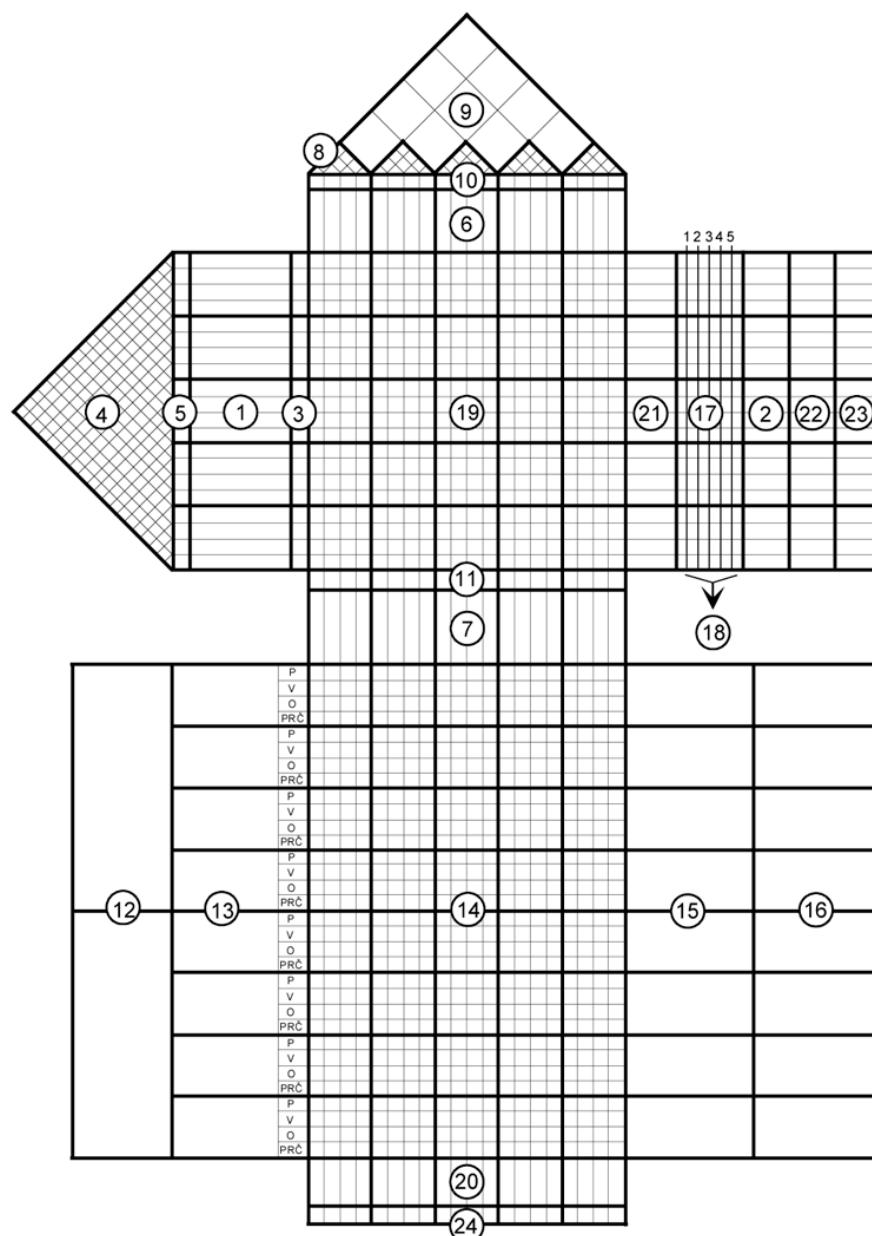
V této kapitole je na příkladě vybraného obráběcího centra předveden obecný postup aplikace systémové analýzy a analýzy stromu chyb (FTA).

Po provedení systémové analýzy OC jako celku, či jeho jednotlivých uzlů, se přístupem Top – Down sestaví blokový diagram se zakreslenými vzájemnými interakcemi jednotlivých prvků. V dalším kroku se stanoví nežádoucí stavy analyzovaného objektu, které určují hrubý rozsah analýzy. Dále se analýzou spojitostí příčin a následků daných nežádoucími stavy zkonstruuje Ishikawovy diagramy, které nám přehledným způsobem zobrazí potenciální chyby vedoucí k nežádoucímu stavu. Pomocí Ishikawových a blokových diagramů můžeme nyní nalézt první prvek zobecněného stromu chyb a v návaznosti na něj vyšetřit jednotlivé prvky zobrazené v blokovém diagramu systému na jejich možné nežádoucí stavy a zakreslit příčiny těchto stavů do modelu stromu chyb. Tím obdržíme obraz souvislostí vedoucích k nežádoucímu stavu a můžeme tedy včas navrhnout vhodná preventivní opatření.

7.3.4 Druhá etapa konstrukčního návrhu OC – projekční návrh

Průběh projekčního návrhu OC lze rozdělit do 22 pracovních kroků, které lze dokumentovat pomocí jakostního domu na obr. 3.

1. krok Určení projekčních požadavků
2. krok Stanovení koeficientu potenciálních chyb KPCh
3. krok Určení významu projekčních požadavků
4. krok Stanovení vzájemných interakcí požadavků
5. krok Určení koeficientů negativních interakcí požadavků (KNI)
6. krok Určení projekčních atributů
7. krok Stanovení parametrů projekčních atributů
8. krok Hodnocení úrovně vyváženosti jednotlivých uzlů OC
9. krok Hodnocení vzájemné úrovně vyváženosti jednotlivých uzlů OC
10. krok Hodnocení stanoveného cíle
11. krok Hodnocení obtížnosti technické realizace
12. krok Určení nežádoucích stavů OC
13. krok Stanovení příčin nežádoucích stavů
14. krok Vytvoření matice prioritně rizikových čísel PRČ
15. krok Navržení vhodných preventivních a kontrolních opatření
16. krok Definování odpovědnosti za realizaci preventivních a kontrolních opatření
17. krok Vytvoření profilu konkurence
18. krok Analýza hodnocení projekčního návrhu OC z pohledu zákazníka
19. krok Hodnocení vzájemných vztahů projekčních požadavků a atributů
20. krok Hodnocení technického významu projekčních atributů OC



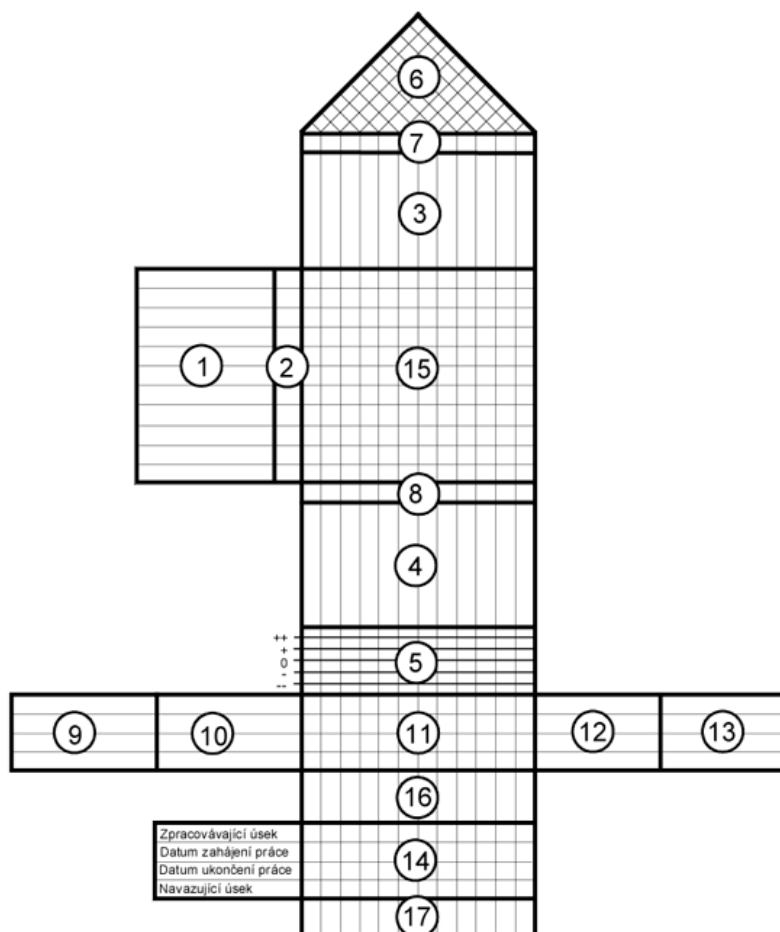
obr. 3 **Jednotlivé pracovní kroky projekčního návrhu OC v jakostním domu.**

- 21. krok** Hodnocení technické náročnosti projekčních požadavků
- 22. krok** Stanovení koeficientu komplexního významu projekčních požadavků (KKV)
- 23. krok** Stanovení kritických projekčních požadavků
- 24. krok** Stanovení kritických projekčních atributů OC

7.3.5 Třetí etapa konstrukčního návrhu OC – vývoj jednotlivých uzlů a součástí OC

Průběh třetí etapy konstrukčního návrhu, tzv. vývoje jednotlivých uzlů a součástí OC, lze rozdělit do 17 pracovních kroků, které lze dokumentovat pomocí jakostního domu na obr. 4.

- 1. krok** Určení konstrukčních požadavků na OC
- 2. krok** Určení významu konstrukčních požadavků
- 3. krok** Určení konstrukčních atributů jednotlivých uzlů OC
- 4. krok** Stanovení parametrů konstrukčních atributů jednotlivých uzlů OC
- 5. krok** Hodnocení technické vyzrálosti zpřesněné stavební struktury OC
- 6. krok** Hodnocení úrovně vyváženosti zpřesněné stavební struktury OC
- 7. krok** Hodnocení stanoveného cíle
- 8. krok** Hodnocení obtížnosti technické realizace
- 9. krok** Určení nežádoucích stavů OC



obr. 4 **Jednotlivé pracovní kroky vývoje uzlů a součástí OC v jakostním domu.**

- 10. krok** Sepsání potenciálních konstrukčních chyb
- 11. krok** Vytvoření tabulky výskytu potenciálních konstrukčních chyb
- 12. krok** Navržení vhodných preventivních opatření
- 13. krok** Definování odpovědnosti za realizování preventivních opatření
- 14. krok** Shromáždění organizačních informací pro konstrukci síťového grafu
- 15. krok** Hodnocení vzájemných vlivů konstrukčních požadavků a atributů
- 16. krok** Hodnocení technického významu konstrukčních atributů OC
- 17. krok** Určení kritických konstrukčních atributů

7.3.6 Čtvrtá etapa konstrukčního návrhu OC – vypracování konstrukční dokumentace OC

Čtvrtou a závěrečnou etapou konstrukčního návrhu OC je vypracování konstrukční dokumentace jednotlivých uzlů OC a OC jako celku. Jedná se zde tedy o implementaci řešení, tj. včlenění do konkrétních podmínek, v nichž má být řešení použito. Výsledkem je potom úplná stavební struktura OC, která je prezentována úplnou konstrukční dokumentací.

7.3.7 Sestavení konstrukčních morfologických matic jednotlivých uzlů OC

Konstrukční morfologické matice slouží k popsání hrubé stavební struktury obráběcího centra v druhé konstrukční etapě vzniku nového výrobku (viz. kapitola 5.2.2). Tyto konstrukční morfologické matice jsou v podstatě tabulky, kde v prvním svislém sloupci jsou pro jednotlivé uzly OC přebrány základní principy řešení orgánové struktury (v matici S tvořily nositele funkcí, zde představují dílčí funkce), ve vodorovném řádku jsou potom pro každou dílčí funkci uvedeny konstrukční možnosti řešení (tzv. nositele funkcí). Pomocí této matice dostává konstrukční tým přehled o všech možných konstrukčních variantách řešení jednotlivých uzlů OC. Tyto varianty jsou potom posouzeny z hlediska technické realizovatelnosti, ekonomického a ekologického kritéria a pod.

7.4 Metodický postup konstruování OC dle QSOFD

Tento metodický postup konstruování obráběcích center vychází z obecného modelu postupu konstruování technického objektu, který byl pro potřebu QSOFD rozčleněn do čtyř základních vývojových etap, v těchto etapách doplněn o systémovou analýzu dílčích návrhů OC a strukturován s ohledem na zabezpečování jakosti při konstruování OC. K přehlednému dokumentování jednotlivých vývojových etap vzniku OC slouží jakostní domy, do kterých se zaznamenávají výstupy z jednotlivých procesů.

7.5 Výhody metody QSOFD

Metoda QSOFD získala vhodnou úpravou a kombinací výše zmíněných metod řízení a preventivního zabezpečování jakosti zejména následující výhody:

- Je v souladu s požadavky kladenými normami ČSN EN ISO řady 9000:2001.
- Podporuje procesní přístup při vývoji a konstruování OC.
- Vyznačuje se systémovým přístupem při vývoji a konstruování OC.
- Je založena na principu paralelního inženýrství a integrovaného vývoje výrobků.
- Podporuje a rozvíjí tvořivé schopnosti členů vývojového týmu.
- Umožňuje lépe využívat znalosti a zkušenosti odborníků vlastního podniku.
- Svým členěním odpovídá jednotlivým vývojovým etapám vzniku OC.
- Je zaměřena nejen na požadavky zákazníků, ale bere v úvahu i zákonné požadavky, požadavky předpisů a požadavky vlastní organizace.
- Dává přehled o vnitřní struktuře a vazbách jednotlivých prvků navrhovaných uzlů OC.
- Hodnotí OC s ohledem na jeho nežádoucí stavy, potenciální chyby a jejich příčiny.
- Umožňuje minimalizovat výskyt potenciálních chyb a tím i nežádoucích stavů.
- Zvyšuje pravděpodobnost odhalení skrytých požadavků zákazníka.
- Umožňuje zpracovat nové poznatky o změnách trhu nebo technických inovacích.
- Podporuje schopnost OC odolávat konkurenčnímu tlaku.
- Umožňuje lepší organizaci práce a tím účelnější využívání potenciální produktivity vývojových a konstrukčních oddělení podniku.
- Díky svému členění umožňuje do značné míry přizpůsobit náklady na vývoj OC aktuálním možnostem podniku dle náročnosti zadání a stanoveného cíle.
- Jakostní domy zpřehledňují celý průběh vzniku nového výrobku a umožňují jeho snadnější kontrolu.
- Logicky členěné pracovní kroky uvnitř těchto jakostních domů přináší velkou mírou pořádek a kázeň v různých fázích vzniku výrobku.
- Výrobky vyhovují lépe požadavkům zákazníků, s minimalizací potřebných oprav u počáteční série.
- Zásadní rozpory (např. náklady proti jakosti) jsou odhaleny v časných fázích vývoje výrobku.
- Zavedení metody QSOFD vyžaduje pouze náklady na zaškolení pracovníků.

8 VÝSLEDKY DISERTAČNÍ PRÁCE

Výsledkem této disertační práce je metodické rozpracování efektivního využití moderních metod řízení a zabezpečování jakosti při konstrukci obráběcích center.

Autor v předložené práci provedl rozbor těchto moderních metod řízení a zabezpečování jakosti, požadavků norem ČSN EN ISO řady 9000:2001, konstrukčního procesu včetně jeho obecného modelu, racionálních konstrukčních technik a na jeho základě navrhl metodu preventivního zabezpečování jakosti „nové generace“ nazvanou *Quality, Safety and Organizational Function Deployment* (QSOFD), která je využitelná nejen při konstruování obráběcích center, ale po nepatrných úpravách i u ostatních výrobků vyznačujících se malosériovým typem výroby. Název metody QSOFD byl zvolen tak, aby bylo respektováno to, že základním stavebním prvkem této nové metody je metoda QFD, která byla rozšířena o část zabývající se bezpečností navrhovaného OC a část věnující se organizaci konstrukčních prací.

Tato nově vyvinutá metoda splňuje ve všech směrech požadavky norem ČSN EN ISO řady 9000:2001, bere v úvahu kromě požadavků zákazníků i zákonné požadavky, požadavky předpisů a požadavky vlastní organizace, podporuje systémový přístup nejen u managementu jakosti, ale u všech tvůrčích činností a věnuje se analýze potenciálních chyb a jejich příčin spojených s vývojem a konstrukcí OC. Tím dává prostor pro kreativní způsob práce, pochopení vzájemných interakcí jednotlivých prvků OC a jeho struktury, což umožňuje snazší odhalení skrytých požadavků zákazníka, tvorbu efektivních preventivních a nápravných opatření a v neposlední řadě i zvyšování produktivity práce jednotlivých pracovníků. Metoda QSOFD tím podporuje zabezpečování všech čtyř úrovní jakosti (způsobilost pro standard, užití, skutečné a skryté požadavky) a tudíž zvyšuje pravděpodobnost budoucího úspěchu OC v konkurenčním prostředí při současném snižování výskytu dodatečně zjištěných neshod a tím i nákladů na jejich odstraňování.

Metoda QSOFD patří mezi týmové metody podporující paralelní inženýrství (kapitola 5.4.2) a integrovaný vývoj výrobků (kapitola 5.4.3). Díky uplatnění systémového přístupu a systémové analýzy, jejíž příklad je uveden v kapitole 7.3.3, je zavedení této metody (na rozdíl od metody QFD) efektivní i při získání nepříliš podrobných informací o konkurenčních OC. Zavádění této metody tedy může probíhat postupně. Nejprve je potřeba investovat relativně nízké finanční prostředky do zaškolení pracovníků a teprve v dalších krocích do získávání stále přesnějších poznatků o konkurenčních OC, technických novinkách a změnách trhu.

Lepší uplatnění kreativních schopností členů vývojového týmu je u metody QSOFD kromě kreativních technik tvůrčí práce podporováno i aplikací morfologické analýzy. Zde autor vyšel z Markových konstrukčních morfologických matic [28], které doplnil o systémovou morfologickou matici a konstrukční morfologické matice popisující rám stroje a uzly pro obrobek, čímž umožnil jejich aplikaci pro všechny uzly OC.

9 ZÁVĚR

Současný celosvětový trend zabezpečování jakosti se vyznačuje orientací dodavatelů na zákazníka při neustálém zvyšování požadavků zákazníka na jakost a současně zaměřením výrobců a dodavatelů na plnění všech veřejnoprávních požadavků na bezpečnost a spolehlivost výrobků a zařízení s minimálními dopady na životní prostředí. Klíčovým faktorem tak při uspokojování podnikatelských aktivit je zajišťování významného a trvalého postavení na trhu pomocí neustálého zvyšování úrovně řízení a provádění všech činností ovlivňujících plnění zvyšujících se požadavků zákazníků na jakost. Se vstupem České republiky do Evropské unie se náš průmysl ocitne v tvrdém konkurenčním prostředí, proto je již nyní velice žádoucí zabývat se tímto celosvětovým trendem a napomáhat tak ke zvyšování konkurenceschopnosti českých podniků.

Podstatou nového přístupu k jakosti je přechod od následné kontroly výrobků k preventivnímu ovlivňování a k usměrňování jakosti výrobků již v předvýrobních etapách. Je zřejmé, že jakost již nelze zajišťovat pouhou technickou kontrolou, ale její zabezpečování musí nyní začínat již marketingem. Pro zabezpečování jakosti již v předvýrobních etapách vzniku nového výrobku byly vyvinuty metody tzv. preventivního zabezpečování jakosti, mezi které patří zejména Quality Function Deployment (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) a Fault Tree Analysis (FTA). Tyto tři metody byly doposud úspěšně aplikovány převážně v automobilovém, elektrotechnickém a jaderném průmyslu. V konstrukci obráběcích center však není doposud známa žádná jejich aplikace, a to zejména z důvodu absence metodického rozpracování jejich teoretického nasazení v této oblasti průmyslu. Intenzivní rozvoj nových moderních technologií v oblasti výrobních strojů a zavedení norem ČSN EN ISO řady 9000:2001 vyžadující důslednou orientaci na požadavky zákazníků a procesní přístup při všech činnostech, včetně konstrukce, vedl k analýze využití těchto metod při vývoji a konstrukci obráběcích center.

V této disertační práci je presentováno doposud chybějící metodické rozpracování teoretického nasazení těchto metod při konstrukci obráběcích center. Na základě analýzy těchto metod a zohlednění i dalších aspektů působících na konstrukční proces vzniku nového výrobku, navrhl autor metodu preventivního zabezpečování jakosti nové generace, kterou nazval Quality, Safety and Organizational Function Deployment (QSOFD).

Autor se domnívá, že výsledek této disertační práce přispěje k zavedení principu preventivního zabezpečování jakosti u výrobců výrobních strojů, zejména pak obráběcích center, což napomůže zvýšit konkurenceschopnost tohoto odvětví našeho průmyslu. Na půdě Vysokého učení technického, Fakultě strojního inženýrství, Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky potom přispěje k dalším vědeckým pracím věnujícím se preventivnímu zabezpečování jakosti ve výrobních, kontrolních a montážních etapách vzniku OC a zvyšování bezpečnosti a spolehlivosti vyvíjených strojů.

10 SUMMARY

The present PhD thesis deals with the use of modern methods of preventive quality assurance QFD, FMEA and FTA in the design of machining centres (MC). During the analysis of the use of these modern methods of quality management and assurance in the design of MC, the author took into consideration also other aspects influencing the process of the design of a new product, which resulted in the proposal of the so far missing methodology of the theoretical employment of these methods in the design of machining centres. This has led to the development of a new-generation method of preventive quality assurance - ***Quality, Safety and Organisational Function Deployment*** (QSOFD). This newly developed method meets the requirements of ISO 9000:2000 series in all aspects. Apart from the customers' requirements it takes into account the requirements of laws and regulations and requirements set by the organisation itself. The method supports the system approach to quality management and to all creative activities and pays attention to analysis of potential faults and their causes connected with the development and design of MC. In this way it encourages the creative way of work and understanding of interactions between individual MC components and its structure, which enables easier detection of unspoken customer requirements, creation of effective preventive and corrective measures and also an increase in labour productivity of individual designers. QSOFD method belongs to the group of team methods supporting concurrent engineering and integrated product development. Thanks to the application of system approach and system analysis, the implementation of this method is (in contrast to QFD method) effective even when the information on the competitive MCs is not very detailed. Therefore, the implementation of this method can be carried out step by step. First it is necessary to make relatively low financial investments into staff training and then in subsequent steps into the gathering of more and more detailed information on the competitive MCs, technical novelties and changes on the market.

QSOFD method supports better application of creative abilities of the development team members, apart from the creative work techniques, also by application of morphological analysis. Here the author proceeded from Marek's designing morphological matrices and supplemented them with the system morphological matrix and design morphological matrices describing the frame of the machine and units for the workpiece, thereby enabling their use for all units of the MC.

The result of the present PhD thesis therefore contributes to the implementation of the principle of preventive quality assurance in the manufacturers of production machines, especially of machining centres, which will help to increase their competitiveness.

11 LITERATURA

- [1] **AKAO, Y.** *QFD - Quality Function Deployment: Wie die Japaner Kundenwünsche in Qualitätsprodukte umsetzen.* 1. Auflage, Landsberg, Verlag Moderne Industrie, 1992, 328 Seiten, ISBN: 3-4789-1020-X
- [2] **BORS, M. E.** *Ergänzung der Konstruktionsmethodik um Quality Function Deployment.* Ein Beitrag zum qualitätsorientierten Konstruieren, 1. Auflage, München, Hanser Fachbuch 1995, 161 S., ISBN: 3-4461-8098-2
- [3] **BORSKÝ, V.** *Obráběcí stroje,* 1. vydání, Brno, Nakladatelství VUT Brno, 1992, 216 s., *učební texty vysokých škol,* ISBN 80-214-0470-1
- [4] **BORSKÝ, V.** *Základy stavby obráběcích strojů,* 2. přepracované vydání, Brno, Nakladatelství VUT Brno, 1991, 214 s., *učební texty vysokých škol,* ISBN 80-214-0361-6
- [5] **BOSSERT, J. L.** *Quality Function Deployment: A Practitioner's Approach.* 1st ed., Milwaukee, Marcel Dekker Inc., 1990, 127 p. *ASQC/Quality Press.* ISBN 08-738-9089-2
- [6] **BREIING, A., FLEMMING, M.** *Theorie und Methoden des Konstruierens,* 1. Auflage, Heidelberg, Springer-Verlag Berlin, 1993, 223 S. ISBN: 3-54-056177-3
- [7] **CLAUSING, D.** *Quality Function Deployment: Applied Systems Engineering* In AT&T Bell Laboratories - HOOPER, J.: *Quality and Productivity Research Conference,* 1st ed., Waterloo (Ontario, Canada), University of Waterloo, 1989, vol. 1, p. 163 –169
- [8] **CROW, K.** <kcrow@aol.com>, *Implementing Integrated Product Development Practices: Lessons Learned,* [HTML dokument]. Palos Verdes (CA), USA, DRM Associates 1996, [cit. 16.9.2001] Dostupný z: <<http://www.npd-solutions.com/implementing.html>>
- [9] **ČSN EN ISO 9000 ed. 2** Systémy managementu jakosti - Základy, zásady a slovník. Praha, Český normalizační institut, březen 2002, účinnost od 1.49.2002, 60 s.
- [10] **ČSN EN ISO 9001 ed. 2** Systémy managementu jakosti – Požadavky. Praha, Český normalizační institut, březen 2002, účinnost od 1.4.2002, 52 s.
- [11] **DANZER, H. H.** *Quality-Denken stärkt die Schlagkraft des Unternehmens,* 1. Auflage, Köln, Verlag TÜV Rheinland GmbH, 1990, 130 S., ISBN: 3-8574-3946-7
- [12] **DIN 25424 Teil 1** *Fehlerbaumanalyse - Methoden und Bildzeichen.* Bonn, Köln: Beuth Verlag 1981

- [13] **DIN 25424 Teil 2 Fehlerbaumanalyse** – Handrechenverfahren zur Auswertung eines Fehlerbaums. Bonn, Köln: Beuth Verlag 1990
- [14] **DIN 25448** Ausfalleffektanalyse (FMEA), Bonn, Köln: Beuth Verlag 1990
- [15] **DIN 69910** Wertanalyse, Berlin: Beuth Verlag 1987
- [16] **GIMPL, B.** *Qualitätsgerechte Optimierung von Fertigungsprozessen*, 1. Auflage, Düsseldorf, VDI-Verlag, 1991, ISBN: 3-5406-2328-0
- [17] **HERING, E., TRIEMEL, J. und BLANK, H.-P.** *Qualitätssicherung für Ingenieure*, 2. unveränderte Auflage, Berlin, VDI –Verlag Düsseldorf 1993,1994, 483 S., ISBN 3-18-401100-3
- [18] **HOFFMANN, J.** *Entwicklung eines QFD-gestützten Verfahrens zur Produktplanung und -entwicklung für kleine und mittlere Unternehmen*. 1. Auflage, Berlin Heidelberg, Springer Verlag, 1997, 140 S., *IPA-IAO - Forschung und Praxis. Bd. 242*, ISBN: 3-5406-2638-7
- [19] **HOUŠA, J.** *Konstrukce číslicově řízených obráběcích strojů*. 1. vydání, Praha, SNTL, 1985, 287 s. *učební texty vysokých škol*
- [20] **HOUŠA, J.** *Obráběcí stroje na EMO Hannover 2001*, Sborník přednášek ze semináře pořádaného Výzkumným centrem pro strojírenskou výrobní techniku a technologii a Společností pro obráběcí stroje. Praha, ČVUT Praha, listopad 2001, 237 s.
- [21] **HUBKA, V.** *Konstrukční nauka*. Obecný model postupu při konstruování. 2. přepracované a doplněné vydání, Zürich, Heurista, 1995, *Serie WDK Workshop Design – Konstruktion*, z originálu *Engineering Design* přeložil Hosnedl, S., 118 s., ISBN 80-90-1135-0-8
- [22] **ISHIKAWA, K.** *Guide to Quality Control*, 2nd Revised English Edition, Hong Kong, Nordica International Limited, 1991, Translated into English by the Asian Productivity Organization, Tokyo 1985, ISBN 92-833-1036-5
- [23] **JANÍČEK, P., ONDRÁČEK, E.** *Řešení problémů modelováním*. Téměř nic o téměř všem. 1. vydání, Brno, Fakulta strojní VUT v Brně vydala v nakladatelství PC-DIR Real, 1998, 335 s., *učební texty vysokých škol*, ISBN 80-214-1233-X
- [24] **KAMISKE, G. F., KRAUSE, F.-L.** *Qualitätssicherung bei der Überleitung von QFD-Informationen in die rechner-unterstützte konstruktion (CAD) als Teil des Projektmanagements.*, 1.Auflage, Frankfurt/M, Beuth Verlag, 1996, 225 S., FQS-DGQ-Band 85-03, *Forschungsprojekt Nr. 003 – Abschlußbericht*, ISBN 3-410-32893-9
- [25] **KING, B.** *Doppelt so schnell wie die Konkurrenz*, 2. überarbeitete Auflage, München: GFMT 1994, 445 S., ISBN 3-906156-36-2

- [26] **KNOFLÍČEK, R.** Metodika návrhu mechanické části mobilních robotických systémů, *Ph.D. Thesis*, VUT - FS v Brně 1996, 122 s.
- [27] **MAREK, J.** *Jakost a konstrukce obráběcího stroje*, MM průmyslové spektrum, 1999, č. 05, ISSN 1212-2572
- [28] **MAREK, J.** Systémový přístup při návrhu nové 3D jednotky *Ph.D. Thesis*, VUT - FS v Brně, Brno 1996, 128 s.
- [29] **MASING, W.** *Handbuch der Qualitätssicherung*, 2. völlig neubearb. Aufl., München, Carl Hanser Verlag, 1988, 1032 S., ISBN: 3-4461-5172-9
- [30] **MOLNÁR, P.** *Metódy a nástroje riadenia kvality a ich aplikačný priestor*, In. sborník Jakost '97, 1. vydání, s.158 – 165, Ostrava, Dům techniky Ostrava 1997, ISBN 80-02-01350
- [31] **NOSKIEVIČOVÁ, D.** *Statistické metody v řízení jakosti*, 1. vydání, Ostrava, VŠB-Technická univerzita Ostrava 1996, 99 s., *učební texty vysokých škol*, ISBN 80-7078-318-4
- [32] **NOSKIEVIČOVÁ, D.** *Vybrané metody statistické regulace pro procesy s nízkým stupněm opakovanosti*, In. sborník Jakost '97, 1. vydání, Ostrava, Dům techniky Ostrava 1997, ISBN 80-02-01350, s. 193-199
- [33] **PLURA, J.** *Sedm "nových" nástrojů řízení jakosti a jejich aplikace*, In. sborník Jakost '97, 1. vydání, Ostrava, Dům techniky Ostrava 1997, ISBN 80-02-01350, s.200-207
- [34] **REDEKER, G.** <gredeker@iq.uni-hannover.de>, *Anlagenwirtschaft - Instandhaltung maschineller Anlagen*, [HTML dokument]. Institut für Qualitätssicherung - Universität Hannover 1998, [cit. 15.1.1998], Dostupný z: <http://130.75.138.31/vorlesung/skripta1/_menue.html>
- [35] **REDEKER, G.** <gredeker@iq.uni-hannover.de>, *Grundlagen der Qualitätssicherung*, [HTML dokument]. Institut für Qualitätssicherung - Universität Hannover 1998, [cit. 15.1.1998], Dostupný z: <http://130.75.138.31/vorlesung/skripta2/_menue.html>
- [36] **REDEKER, G.** <gredeker@iq.uni-hannover.de>, *Qualitätssicherung in der Produktion*, [HTML dokument]. Institut für Qualitätssicherung - Universität Hannover 1997, [cit. 15.1.1998], Dostupný z: <http://130.75.138.31/vorlesung/skripta3/_menue.html>
- [37] **REDEKER, G.** <gredeker@iq.uni-hannover.de>, *Qualitätssicherung und Umwelt*, [HTML dokument]. Institut für Qualitätssicherung - Universität Hannover 1997, [cit. 15.1.1998], Dostupný z: <http://130.75.138.31/vorlesung/skripta4/_menue.html>
- [38] **SLAMKOVÁ, E., TUREKOVÁ, H.** *Od h'bkovej analýzy k realizácii zmien*, In. sborník Jakost '97, 1. vydání, Ostrava, Dům techniky Ostrava, 1997, ISBN 80-02-01350, s. 47-61

- [39] **SKAŘUPA, J.** *Metodika konstruování*, 1. vydání, Ostrava, VŠB – TU Ostrava, 1993, 158 s., *učební texty vysokých škol*, ISBN 80 - 7078 - 167 - X.
- [40] **ŠULEŘ, O.** *Manažerské techniky*, 1. vydání, Olomouc, Rubico, s.r.o. 1995, 225 s., *učebnice pro každého*, ISBN 80-85839-06-7
- [41] **ŠULEŘ, O.** *Manažerské techniky II*, 1. vydání, Olomouc, Rubico, s.r.o. 1997, 213 s., *učebnice pro každého*, ISBN 80-85839-19-9
- [42] **VÁCLAVEK, J.** *Statistická regulace výrobních procesů*, 1. vydání, České Budějovice, Bartoň QSV, 1996, 174 s., ISBN 80-902236-0-5
- [43] **VAVŘÍK, I., BLECHA, P.** *Základy řízení jakosti*, 1. vydání, Brno, ÚVSSaR, VUT - FS v Brně, 1997, *interní učební texty*, 79 s.
- [44] **VAVŘÍK, I., BLECHA, P.** *Jakost I. Řízení jakosti*. 1. vydání, Brno, ÚVSSaR, VUT - FS v Brně 1997, *interní učební texty*, 44 s.
- [45] **VAVŘÍK, I., BLECHA, P.** *Jakost II. Metody a nástroje zabezpečování jakosti*. 1. vydání, Brno, ÚVSSaR, VUT - FS v Brně 1998, *interní učební texty*, 152 s.
- [46] **WILLFORT, R.** *Wissensmanagement mit Innovationsdienstleistungen*, 1. Auflage, Wiesbaden, Deutscher Universitäts-Verlag 2001, 223 S., Edition: *Techno-ökonomische Forschung und Praxis*. ISBN 3-8244-0602-0
- [47] **ZIMMERMANN, V.** *Quality Function Deployment im Entwicklungsprozess*, Kaiserslautern, 1995, ISSN 0937-9061
- [48] **ZOSCHKE, M.** *Verbesserung der Planung von Produktionsprozessen im Werkzeugbau durch Qualitätsplanung mittels Quality Function Deployment (QFD)*, *PhD Thesis*, Berlin, Fraunhofer-Institut IPK Berlin, 1996, 137 S., ISBN 3-8167-4546-6
- [49] **ZELENÝ, J.** *Obráběcí stroje a technologie na výstavě JIMTOF Tokio 2000. A poznatky z návštěvy firem MAZAK a MAKINO*. 1. vydání, Praha, ČVUT Praha, červen 2001, Sborník přednášek ze semináře pořádaného Výzkumným centrem pro strojírenskou výrobní techniku a technologii a Společností pro obráběcí stroje. 237 s.
- [50] **ŽENÍŠEK, J., JENKUT, M.** *Výrobní stroje a zařízení*. 2. upravené vydání. Praha, SNTL 1990. 272 s. *učební texty vysokých škol*, ISBN 80-03-00272-9

12 CURRICULUM VITAE

Osobní data:

Jméno a příjmení: Ing. Petr Blecha
Datum narození: 1. června 1973
Místo narození: Ivančice, Brno - venkov
Státní příslušnost: Česká republika
Národnost: česká

Rodiče: Alois Blecha
Libuše Blechová
Sourozenci: Ing. Radim Blecha

Vzdělání:

1979 - 1987 Základní škola Komenského v Kuřimi
1987 - 1991 SOU strojírenské v Kuřimi
obor: Mechanik číslicově řízených strojů
Ukončení: maturita s výučním listem

1991 - 1996 Magisterské studium na strojní fakultě VUT v Brně,
Ukončeno státní zkouškou a získáním akademického
titulu strojní inženýr.

1996 - 1999 Interní postgraduální doktorské studium na fakultě
strojního inženýrství VUT v Brně, obor Procesní a
konstrukční inženýrství.

19.10.1999 Úspěšné složení státní doktorské zkoušky.

1999 – 2003 Distanční forma postgraduálního studia na fakultě
strojního inženýrství VUT v Brně.

Zaměstnání:

1.10.1999 – dodnes Akademický pracovník Ústavu výrobních strojů,
systémů a robotiky, FSI, VUT v Brně