

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP PŘI NÁVRHU OBRÁBĚCÍCH
STROJŮ
SYSTEM APPROACH OF MACHINE TOOL DEVELOPMENT

DISERTAČNÍ PRÁCE
DISSERTATION THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. MICHAL DOSEDLA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. Jiří Marek

BRNO
2011

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně, na základě citovaných zdrojů a za podpory školitele.

.....
Michal Dosedla
30. listopadu 2011

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému školiteli, prof. Dr. Ing. Jiřímu Markovi, za vedení disertační práce a rady v celém průběhu mého doktorského studia. Dále bych rád poděkoval své manželce Martině a všem blízkým, kteří mne po celou dobu studia podporovali.

Věnováno mému otci.

ABSTRAKT

Disertační práce se zabývá postavením konstrukčního procesu v životním cyklu obráběcího stroje a základními přístupy ke konstruování. Cílem disertační práce je navržení Systémového přístupu při návrhu obráběcího stroje. Je při něm využito zkušeností konstrukčního týmu s podporou systémových metod za soustavného řízení koordinátorem projektu a zároveň je respektována definice Systémového přístupu dle Janíčka. Pomocí navržené metody je možné dosáhnout zvýšené technické kvality stroje, snížení ekonomických nákladů na vývoj, výrobu i montáž a zkrátit dobu potřebnou k uvedení stroje na trh. Využitím Systémového přístupu při návrhu OS dochází k důkladné vnější i vnitřní optimalizaci stroje jak z technického, tak i z ekonomického hlediska. Navržený přístup je předložen ve srozumitelné formě snadno využitelné ve výrobní společnosti.

ABSTRACT

The doctoral thesis deals with a position of a design process in machine tool life-cycle and with main design approaches. Main aim of the doctoral thesis is to bring System approach of machine tool development. This method follows design team experience with support by systematic methods and managing by product manager. Alongside this method respects System approach defined by Janicek. It is possible to achieve increasing of machine technical quality, reducing of final machine costs and reducing of time for machine tool creation by application of this method. System approach of machine tool development is focused on detailed outer and inner optimization of a machine structure from technical and economical point of view. This design approach is possible to apply in any production company because it is brought in intelligible way.

KLÍČOVÁ SLOVA

Obráběcí stroj, konstruování, systémový přístup, optimalizace, náklady.

KEYWORDS

Machine tool, designing, system approach, optimization, costs.

Obsah

1 ÚVOD.....	14
2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	15
2.1 Výroba obráběcích strojů	15
2.2 Obráběcí stroje	16
2.2.1 <i>Obecné vlastnosti a dělení obráběcích strojů</i>	17
2.3 Obráběcí centrum.....	20
2.4 Životní cyklus obráběcího stroje.....	21
2.4.1 <i>Hlavní fáze životního cyklu obráběcího stroje</i>	23
2.4.2 <i>Vliv obráběcího stroje na životní prostředí v průběhu jeho životního cyklu</i>	26
3 MOTIVACE A CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE	30
3.1 Komentář k současným možnostem návrhu produktu.....	30
3.2 Motivace k disertační práci	30
3.3 Cíl práce	31
4 VÝVOJOVÝ A KONSTRUKČNÍ PROCES	32
4.1 Autorova definice konstrukčního procesu	32
4.2 Požadavky na konstrukční proces	32
4.3 Počítačová podpora ve vývojové etapě.....	34
4.3.1 <i>Komplexní počítačové podpory</i>	36
4.3.2 <i>Dílčí počítačové podpory</i>	37
4.4 Zabezpečení jakosti (kvality) konstrukčního procesu.....	39
4.4.1 <i>Quality function development (QFD)</i>	40
4.4.2 <i>Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)</i>	41
5 ZÁKLADNÍ PŘÍSTUPY KE KONSTRUOVÁNÍ	43
5.1 Metoda pokus-omyl	45
5.2 Intuitivní metoda	45
5.3 Metodiky a VDI standardy.....	45
5.4 Vědecké konstruování (Hubka, Hosnedl)	47
5.4.1 <i>Teorie technického systému</i>	47
5.4.2 <i>Transformační proces</i>	49
5.4.3 <i>Konstrukční proces z hlediska Engineering Design Science</i>	50
5.4.4 <i>Systémový způsob konstruování dle EDS</i>	51
5.5 Systémový přístup dle Janíčka [15]	55
5.5.1 <i>Systémové postupy a metody při řešení problémů</i>	56
5.5.2 <i>Zobecněný systémový postup při řešení poznávacích problémů</i>	56
5.5.3 <i>Systémový přístup při řešení problémů v technických soustavách</i>	57
5.5.4 <i>Metody logické</i>	58
5.5.5 <i>Metody statistické</i>	59
5.6 Zhodnocení využitelnosti konstrukčních přístupů (strategií) v praxi	61

6	POSTAVENÍ PLÁNOVACÍ A VÝVOJOVÉ ETAPY V ŽIVOTNÍM CYKLU OBRÁBĚCÍHO STROJE	64
6.1	Technické důvody porozumění plánovací a vývojové etapy	64
6.2	ekonomické důvody porozumění plánovací a vývojové etapy	65
6.2.1	<i>Strategie tvorby obráběcího stroje</i>	67
6.2.2	<i>Tvorba ceny obráběcího stroje</i>	68
6.2.3	<i>Definice nákladů spojených s produkcí obráběcího stroje</i>	69
6.2.4	<i>Rozdělení nákladů na obráběcí stroj z hlediska druhů použitých komponent</i>	71
6.3	Zhodnocení významu porozumění plánovací a vývojové etapy v životním cyklu obráběcího stroje	73
7	SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP PŘI NÁVRHU OBRÁBĚCÍCH STROJŮ V PLÁNOVACÍ A VÝVOJOVÉ ETAPĚ SYSTEMATIC APPROACH OF MACHINE TOOL DEVELOPMENT (SAoMTD)	75
8	SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP V ETAPĚ PLÁNOVÁNÍ.....	77
8.1	Detailní definování požadavků na obráběcí stroj.....	77
8.1.1	<i>Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska zákazníka</i>	77
8.1.2	<i>Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska výrobce</i>	79
8.1.3	<i>Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska platných norem</i>	80
8.1.4	<i>Definice požadavků zákazníka metodou QFD</i>	82
8.2	Určení limitních výrobních nákladů obráběcího stroje.....	83
8.2.1	<i>Machine tool cost reduction method</i>	83
8.2.2	<i>Zpětná redukce nákladu již vytvořeného stroje [4]</i>	84
8.2.3	<i>Redukce nákladů v průběhu tvorby obráběcího stroje [4]</i>	84
8.2.4	<i>Postup Machine tool cost reduction method [4]</i>	85
8.3	Plánování projektu – konstrukce obráběcího stroje	86
8.3.1	<i>Nástroje časového plánování</i>	87
8.3.2	<i>Řízení projektů</i>	88
8.4	Přínos využití systémového přístupu v etapě plánování	89
9	SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP V ETAPĚ VÝVOJ	91
9.1	Optimalizace v oblasti konstrukce obráběcího Stroje.....	92
9.1.1	<i>Matematická optimalizace</i>	92
9.1.2	<i>Optimalizace konstrukce</i>	92
9.1.3	<i>Optimalizace stavby obráběcího stroje</i>	96
9.2	Rozdělení etapy Vývoj	97
9.3	Hledání optimálního řešení koncepce obráběcího stroje (vnější optimalizace).....	99
9.3.1	<i>Hledání řešení</i>	100
9.3.2	<i>Hodnocení řešení</i>	102
9.4	Hledání optimálního řešení dílčích podskupin obráběcího stroje (vnitřní optimalizace)	109
9.4.1	<i>Rozdělení obráběcího stroje na jednotlivé uzly stroje</i>	110
9.4.2	<i>Hledání řešení</i>	111
9.4.3	<i>Hodnocení řešení</i>	111

9.4.4	<i>Tvorba dokumentace</i>	117
9.5	Přínos využití systémového přístupu v etapě vývoj	119
10	SHRNUTÍ HLAVNÍCH KONSTRUKČNÍCH TAKTIK VYUŽITELNÝCH PŘI OPTIMALIZACI STAVBY OBRÁBĚCÍHO STROJE	121
10.1	Příklad optimalizace koncepce vřeteníku horizontálního vyvrtávacího stroje	124
11	SHRNUTÍ A PŘÍNOS PRÁCE	127
11.1	Přínos pro vědu	128
11.2	Přínos pro praxi	128
11.3	Možnosti dalšího vývoje	128
12	ZÁVĚR	130
13	SEZANAM POUŽITÉ LITERATURY	133
14	VLASTNÍ PUBLIKACE	135
15	TVŮRČÍ AKTIVITY, PROJEKTY, OSTATNÍ ČINNOST	136
16	PŘÍLOHY	137
16.1	Seznam podpůrných nástrojů, které je možné využít při systémovém přístupu návrhu obráběcího stroje	137
16.2	Životopis	139

Seznam obrázků

Obr. 1 Hrotový soustruh SU 63H [TOS, a.s.].....	16
Obr. 2 Konzolová frézka FGV 32 [TOS Olomouc, s.r.o.].....	16
Obr. 3 Vývoj přesnosti OS [11].....	17
Obr. 4 Požadavky kladené na OS.....	18
Obr. 5 Obráběcí centrum společnosti HAAS s automatickou výměnou nástrojů [Haas Automation, Inc].....	20
Obr. 6 Základní schéma životního cyklu technického zařízení s přihlédnutím k dodávce a recyklaci materiálu [Siemens].....	21
Obr. 7 a) Obecné schéma životního cyklu technického produktu, b) Obecné schéma životního cyklu OS [6].....	22
Obr. 8 Detailnější schéma životního cyklu OS.....	22
Obr. 9 Průběh etapy Vytvoření OS.....	23
Obr. 10 Horizontální vyvrtávací stroj WHN 13 před modernizací (vlevo) a po modernizaci (vpravo) [Fermat CZ, s.r.o.].....	25
Obr. 11 Schéma základních fází životního cyklu stroje (obecně výrobku) se zjednodušeným vyznačením hodnocených vstupů a výstupů během Life Cycle Assessment (LCA) analýzy [21].....	27
Obr. 12 Podíl jednotlivých fází života stroje na produkci negativních faktorů (zpracováno pro 9 frézovacích a soustružnických strojů společností PE International předpokládaná životnost strojů byla 20 let) [19].....	27
Obr. 13 Podíl spotřebované el. energie, hydraulických olejů, a rezných emulzí na produkci negativních faktorů během fáze užití strojů faktorů (zpracováno pro 9 frézovacích a soustružnických strojů společností PE International předpokládaná životnost strojů byla 20 let) [21].....	28
Obr. 14 Časový vývoj podílu technických tvůrčích činností řešené klasicky (KI) a s počítačovou podporou (PI) [16].	34
Obr. 15 Časová závislost doby vývoje (křivka 1) a morálního života (křivka2) technického objektu [15].....	35
Obr. 16 Schéma životního cyklu nově vyvíjeného nebo inovovaného produktu [Designtech].....	36
Obr. 17 Druhy počítačové podpory v konstrukčním procesu [22].....	37
Obr. 18 Drátový model frézovací hlavy [Fermat CZ, s.r.o.].....	39
Obr. 19 Objemový model frézovací hlavy [Fermat CZ, s.r.o.].....	39
Obr. 20 Jakostní dům - systematika pro QFD [2].....	41
Obr. 21 FMEA formulář [2].....	42
Obr. 22 Schéma konstrukčních taktik a strategií použitelných v průběhu Vývojové etapy.....	43
Obr. 23 Grafické zobrazení náročnosti jednotlivých přístupů ke konstruování.....	44
Obr. 24 Časový průběh Metody pokus-omyl [22].....	45
Obr. 25 Konstrukční proces dle VDI 2221.....	46
Obr. 26 "V model" konstruování dle VDI 2006.....	47
Obr. 27 Principy závislosti mezi vlastnostmi (hodnotami charakteristik příslušných vlastností) technických produktů/systémů (TS) [14].....	48
Obr. 28 Schéma umělého transformačního systému s transformačním procesem [10].....	50
Obr. 29 Konstrukční proces ve tvaru transformačního procesu [10].....	50
Obr. 30 Průběh celého OMPK ve formě vývojového diagramu [13].....	54
Obr. 31 Struktura systémových metod [15].....	60
Obr. 32 Typy pracovníků v konstrukci [22].....	63
Obr. 33 Typy a atributy strategií [22].....	68
Obr. 34 Obecné časové průběhy nákladů na vznik technického objektu [15].....	70

Obr. 35 Schéma procentuálního složení nákladů na OS z hlediska druhů použitých komponent [Toshulin a.s.].....	72
Obr. 36 Schéma rozdělení nákladů na výrobu a montáž OS.....	73
Obr. 37 Schéma systémového přístupu v etapách Plánování a Vývoj.....	76
Obr. 38 Rozdělení etapy Plánování do tří základních fází.....	77
Obr. 39 Souvislost mezi uspokojením zákazníka a podnikovými úspěchy [28].....	78
Obr. 40 Hlavní požadavky zákazníka kladené na OS.....	78
Obr. 41 Procentuální podíl customizace stroje a jeho dodací termín v průběhu let 1999 až 2010 u společnosti Toshulin. [Toshulin a.s.].....	79
Obr. 42 Hlavní požadavky výrobce kladené na OS.....	80
Obr. 43 Základní schéma metody QFD [2].....	82
Obr. 44 Schéma metody zpětné redukce nákladů na tvorbu OS [4].....	84
Obr. 45 Schéma Machine tool cost reduction method [4].....	84
Obr. 46 Rozdíl mezi předpokládaným cílem projektu a reálně splněnými.....	87
Obr. 47 Tabulka srovnání metod časového plánování [26].....	88
Obr. 48 Zobrazení základních procesů v průběhu řízení konstrukce stroje.....	89
Obr. 49 Časový průběh etapy Plánování při použití nesystémového (a) a systémového přístupu (b) při návrhu OS.....	90
Obr. 50 Základní činnosti výpočtového programu v prostředí MKP programu [21].....	94
Obr. 51 Rám manipulátoru řešeného pomocí skořepinového (vlevo) a prutového modelu (vpravo) [Toshulin].....	95
Obr. 52 Rozložení kontaktních napětí v mechanickém zámku [Toshulin].....	95
Obr. 53 Schéma ekonomické, technické a technicko-ekonomické optimalizace [8].....	96
Obr. 54 Schéma rozdělení etapy vývoj do dvou hlavních fází.....	97
Obr. 55 Konkrétní příklad vnitřní a vnější optimalizace stavby svíslého soustruhu společnosti TOSHULIN [8].....	98
Obr. 56 Schéma postupné technicko-ekonomické optimalizace OS [8].....	99
Obr. 57 Schematický průběh Vnější optimalizace OS.....	100
Obr. 58 Tvorba variant [22].....	101
Obr. 59 Obecná morfologická matice.....	102
Obr. 60 Rozdělení technických kritérií pro vnější optimalizaci OS.....	105
Obr. 61 Rozdělení ekonomických kritérií pro vnější optimalizaci OS.....	106
Obr. 62 Schematický průběh Vnitřní optimalizace OS.....	110
Obr. 63 Rozdělení technických kritérií pro vnitřní optimalizaci OS.....	112
Obr. 64 Rozdělení ekonomických kritérií vnitřní optimalizace OS.....	115
Obr. 65 Průběh etapy Vývoj při použití nesystémového a systémového přístupu při návrhu OS.....	119
Obr. 66 Vývojový diagram průběhu metody vícekritériálního hodnocení variant.....	121
Obr. 67 Vnitřní technická optimalizace geometrického tvaru příčnicku svíslého soustruhu metodou konečných prvků [23].....	123
Obr. 68 Schéma vyvrtávacího vřeteníku.....	124
Obr. 69 Morfologická matice pro hledání koncepce vyvrtávacího vřeteníku.....	124
Obr. 70 Vybrané varianty plynoucí z morfologické matice.....	125
Obr. 71 Časový průběh návrhu OS při použití nesystémového (a) a systémového přístupu (b).....	131
Obr. 72 Zobrazení pozitivního vlivu Systémového přístupu při návrhu OS na míru plnění tří hlavních cílů projektu.....	132

Seznam tabulek

Tab. 1 Technická versus relativní kvalita [28].	40
Tab. 2 Matice umisťovací strategie ceny [18]	69
Tab. 3 Tabulka hodnocení kritérií.	126
Tab. 4 Tabulka hodnocení variant.	126

Seznam použitých symbolů a zkratk

2D	dvou-rozměrná dimenze
3D	tří-rozměrná dimenze
ASI	American Supplier Institute
b_i	celkové hodnocení varianty
b_j	počet bodů od každého experta
CNC	počítačově řízený (computer numerical control)
CA	computer aided
CAD	computer aided design
CAEA	computer aided engineering analysis
CAI	computer aided innovation
CAM	computer aided manufacturing
Cath	computer aided thinking
CE	značka prohlášení o shodě
ČSN	Česká státní norma
EDS	vědecké konstruování
F_k	funkce konkurenčního stroje
FMEA	failure Mode and Effects Analysis
F_n	funkce navrhovaného stroje
FTA	fault Tree Analysis
h_{ij}	dílčí hodnocení varianty dle jednoho kritéria
HSC	vysoko-rychlostní obrábění (high speed cutting)
HPC	vysoko výkonné obrábění (high performance cutting)
LCA	posuzování životního cyklu (Life Cycle Assessment)
MKP	metoda konečných prvků
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MTCRM	machine tool cost reduction method
NC	numericky řízený (numerical control)
N_c	celkové náklady podniku
N_c	současné náklady navrhovaného stroje
N_{csk}	současné náklady skupiny stroje
N_o	cílené náklady navrhovaného stroje
N_{osk}	cílené náklady skupiny stroje
OC	obráběcí centrum
OMPK	Obecný model postupu konstruování
OS	obráběcí stroj
PLC	Program. logický automat (Programmable Logic Controller)
PLM	řízení životního cyklu produktu (Product Lifecycle Management)
QFD	quality Function Deployment
SAoMTD	systémový přístup při návrhu obráběcího stroje
S	cílená úspora nákladů v procentech
TO	technický objekt

TS	technický systém
V _c	celkové výnosy podniku
v _c	výsledná váha jednotlivých kritérií
VDI	sdružení německých inženýrů
v _j	normovaná váha jednotlivých kritérií
v _v	váha kritéria
Z _c	celkový zisk podniku

1 ÚVOD

Každý výrobce obráběcích strojů (OS), vstupující na tuzemský i celosvětový trh, tímto proniká do silně konkurenčního prostředí. To je dáno poměrně velkými množstvími výrobců OS, a také tlakem zákazníků na nízkou pořizovací cenu a krátký dodací termín. Tyto skutečnosti nutí výrobce buďto neustále inovovat své produkty a tím technicky předčít konkurenci, nebo hledat cesty jak redukovat náklady a čas spojené s produkcí stroje při zachování jeho technické kvality.

Jakou cestu výrobce zvolí, záleží na jeho cílech, zkušenostech, technických možnostech, a také na druhu zákazníka, kterého hodlá oslovit. Existují výrobci, jejichž cílem je produkovat stroj na nejvyšší možné technické úrovni, přičemž cena a dodací termín stroje nejsou tak důležité. Můžeme ale nalézt i výrobce, kteří naopak hlavní důraz kladou na pořizovací cenu stroje. Lze říci, že největší procento výrobců OS hledá kompromis mezi kvalitou, cenou a dodacím termínem vyráběného stroje.

Všechny tyto hlavní vlastnosti OS (technické parametry, cena, dodací termín apod.) ovlivňují určitou měrou každý útvar výrobce, který se na produkci stroje podílí. Ze všeho nejvíce na dané vlastnosti působí pracovníci ve Vývojové etapě.

V průběhu Vývojové etapy je na základě vstupních požadavků vytvořena dokumentace, která by měla vést k úspěšné výrobě montáži a posléze užívání zakoupeného stroje zákazníkem. Ve Vývojové etapě se podrobně definují všechny funkce stroje, jeho složitost, vyrobitelnost, funkčnost, spolehlivost apod. Vývojová fáze tedy významnou měrou ovlivňuje kvalitu, cenu i dodací termín stroje.

Bude-li chtít výrobce dodat zákazníkovi stroj na dobré technické úrovni s konkurenceschopnou cenou za minimální možnou dobu, musí se zaměřit a optimalizovat především počáteční Vývojovou etapu v životním cyklu OS.

Investice do vývojového oddělení by měla být úměrná investicím napříč celou firmou. Vývojáři by měli dostat do rukou nástroje, které by nejen podporovaly rutinní práce konstruktéra, ale také konstrukci v počáteční fázi, kdy vznikají první koncepce a návrhy stroje. Neméně důležité jsou prostředky, které pomohou snížit náklady na výrobu a expedici stroje.

Existuje několik metod, které mohou být v průběhu Vývojové etapy použity, aby byl stroj lépe smontovatelný, bezpečnější, nebo pro zákazníka levnější. Aby ale výrobce dosáhl u jednoho stroje nízkých výrobních nákladů, maximálních možných výkonových parametrů a krátkého dodacího termínu, je nutné zabývat se Vývojovou etapou komplexně (od začátku do konce) a postupovat přitom systémově (za použití systémových nástrojů).

Systémový přístup při návrhu OS si klade za cíl předložit vývojářům nástroje ke zvýšení technické kvality stroje, snížení výrobních nákladů a zkrácení Vývojové etapy, což vede ke zkrácení doby nutné pro dodání stroje zákazníkovi a tím ke zvýšení konkurenceschopnosti výrobce.

2 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

2.1 VÝROBA OBRÁBĚCÍCH STROJŮ

Základním stavebním kamenem marketingové politiky firmy je produkt. Konkrétně může jít o výrobek, službu, informaci apod. [28]. U výrobní společnosti je hlavní produktem vyráběné zařízení. U složitějších zřízení bývá součástí dodávky také informace např. ve formě návodu na používání, a také služby ve formě školení nebo servisu stroje [20].

Každá výrobní společnost se snaží hospodařit, tj. nakládat s vlastními prostředky tak, aby dosáhla prospěchu a její činnost byla hospodárná. To lze krátce charakterizovat slovy – s minimem nákladů dosáhnout maximálního zisku. Tržní mechanismus je založen na koordinaci aktivit ekonomických subjektů na základě svobodné tržby cen, např. produktů [22].

Aby byl jakýkoliv produkt zdrojem výnosů pro výrobní společnost, musí být úspěšný na trhu. Takový produkt by měl splňovat tři základní znaky:

- Je po něm poptávka.
- Uspokojit potřebu zákazníka.
- Náklady na výrobu stroje nesmí přesáhnout výnosy.

Výrobní stroje jsou technické produkty, které mají za úkol ulehčit, nebo úplně nahradit lidskou (fyzickou) práci, a to nejen v oblasti strojírenství, ale téměř ve všech výrobních odvětvích. V dnešní době výrobní stroje často zcela nahrazují lidskou činnost a jsou schopny bez zásahu obsluhy vyrobit a popřípadě i smontovat vyráběný produkt buďto samy, nebo ve spojení více strojů do automatizovaných výrobních linek.

Výrobní stroje z hlediska technologie můžeme rozdělit na stroje tvářecí a obráběcí. U tvářecích strojů je výsledný tvar výrobků daný plastickou přeměnou obrobku z původního tvaru na tvar žádaný, kdežto u OS dochází k tvarování obrobku postupným odebíráním materiálu řezným nástrojem.

Na celkovém objemu světové produkce se podílí z 78% obráběcí a z 22% tvářecí stroje. OS jako produkt má své výsostné postavení na trhu i v marketingové politice firmy, která stroj vyvinula, vyrobila a smontovala. Toto postavení je dáno tím, že [22]:

- OS je univerzální prostředek.
- OS je autoreprodukční výrobní prostředek (je schopen vyrobit sám sebe).

Výroba OS v bývalém Československu a nyní v České republice má dlouholetou tradici. Řada českých výrobců patří mezi přední světové dodavatele těchto strojů. Po českých strojích je ve světě velká poptávka, což svědčí o spokojenosti zákazníků a o perspektivně tohoto stále se rychle rozvíjejícího oboru.

2.2 OBRÁBĚCÍ STROJE

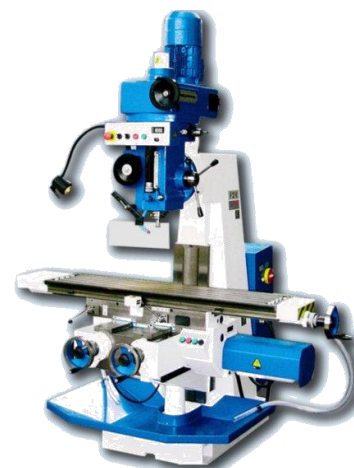
OS jsou zařízení, která slouží k odebrání materiálu (nejčastěji kovového) a tím k vytvoření součásti požadovaného rozměru a tvaru. Jsou vybaveny různými typy odnímatelných řezných nástrojů, které je možno vyměnit, nebo vyjmout na přestření. Odebraný materiál je obvykle přeměněn v třísky. Ty mohou být v plynulém tvaru nebo odštěpků [17].

OS patří k jednomu ze základních článků ve výrobním procesu téměř každé uměle vytvořené kovové součásti, kde požadavkům na tvarovou přesnost a kvalitu povrchu nelze dosáhnout tvářením, odléváním, kováním, svařováním apod. [20].

Mezi typické představitele OS můžeme zařadit zejména hrotový soustruh (Obr. 1) a konzolovou frézku (Obr. 2). Jedná se o jednoduché (konvenční) manuálně řízené stroje určené ke kusové, nebo malosériové výrobě rotačních (soustruh), nebo skříňovitých (frézka) součástí jednoduchého tvaru. Tyto stroje disponují malým počtem pohybových os, omezenými technologickými možnostmi a mnohdy i horší přesností obrábění.



Obr. 1 Hrotový soustruh SU 63H
[TOS, a.s.].



Obr. 2 Konzolová frézka FGV 32
[TOS Olomouc, s.r.o.].

Podíl elektronických komponent bývá u těchto strojů minimální. Každý takový stroj musí být vybaven hlavním elektromotorem, který pohání vřeteno s obrobkem nebo nástrojem. K rozpořívování jednotlivých os se pak může využívat buď ruční pohon, nebo pohon elektrický, pneumatický či hydraulický.

Pokud je stroj vybaven i odměřováním lineárních nebo rotačních os jedná se o stroj numericky řízený (NC). U takového stroje může obsluha odečítat polohu jednotlivých os na display, což velmi usnadňuje a zrychluje práci. Pohyby os jsou realizovány pomocí motorů.

Dalším stupněm automatizace OS jsou stroje řízené počítačem (CNC). Tyto stroje jsou osazeny řídicím systémem, který nejen že zobrazuje aktuální polohy

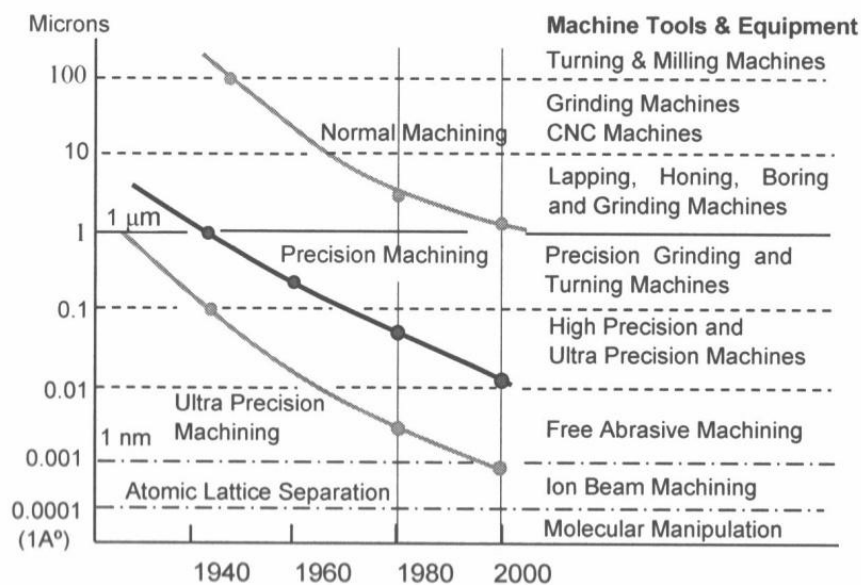
os stroje, ale dokáže s jednotlivými osami stroje pohybovat bez zásahu obsluhy podle předem připraveného programu.

2.2.1 Obecné vlastnosti a dělení obráběcích strojů

Základní vlastnost každého OS určeného k odebírání materiálu je pohyb řezného nástroje nebo obrobku po dané trajektorii a odolávající silám vznikajícím v řezném procesu. Toho musí být dosaženo s požadovanou přesností a výkonností [19].

Dalo by se tedy říct, že mezi hlavní požadavky na OS patří zejména výkonnost a přesnost polohování jednotlivých os stroje.

Výkonnostní požadavky se dnes liší podle toho, zda se jedná o stroj pro vysoko-rychlostní (HSC) nebo vysoko-výkonné (HPC) obrábění. Stroje pro HSC dosahují díky vysokým otáčkám a malému množství odebraného materiálu velmi vysoké přesnosti a dobré kvality obrobeného povrchu, což se využívá zejména při dokončovacích operacích. Naopak stroje pro HPC slouží k hrubování materiálu (odlitky, svařované součásti, výkovky apod.), kde nejsou kladeny vysoké požadavky na přesnost a kvalitu obrobeného povrchu, ale zejména na velký úběr materiálu (desítky kilogramů za minutu).

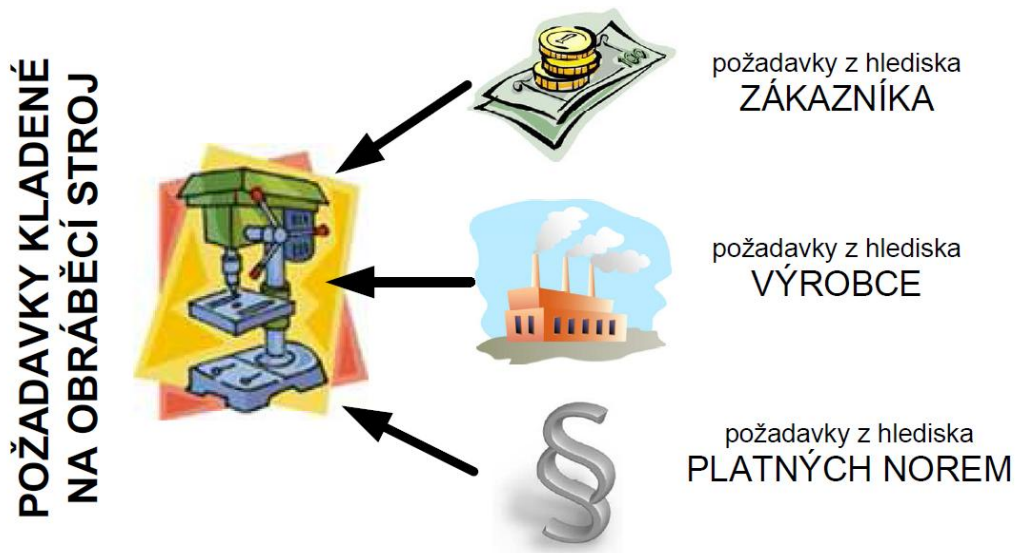


Obr. 3 Vývoj přesnosti OS [11].

Přesnost OS je jedna z mnoha vlastností, která se v průběhu posledních 100 let výrazně měnila. Přesnost OS závisí nejen na přesnosti mechanických dílců, ze kterých je stroj složen, ale také na jeho koncepci, použitých elektrických komponentech a mnoha dalších faktorech. Vývoj přesnosti OS období let 1930 – 2000 je zobrazen na Obr. 3. Je zde vidět, že přesnost 1 μm u konvenčních strojů

byla dosažena již v 50. letech 20. století. Souhrnné požadavky kladené na OS mohou být rozděleny do tří základních skupin viz. Obr. 4.

Nejprve to jsou požadavky zákazníka nebo trhu, pro který je OS určen. Dále jsou to požadavky výrobce stroje z hlediska marketingu, ale i vyrobiteľnosti a smontovatelnosti. V dnešní době stále přísnější jsou také bezpečnostní a ekologické směrnice vydávané každým státem. Podrobnější rozbor požadavků kladených na OS je zmíněn v kapitole 8.1.



Obr. 4 Požadavky kladené na OS.

OS mohou být rozděleny podle mnoha hledisek např. [17]:

Velikosti:

- Lehké stroje (zatížení stroje do 1 tuny).
- Střední stroje (zatížení 1-10 tun).
- Těžké stroje (více než 10 tun).

Způsobu ovládní:

- Manuální (konvenční stroje).
- Poloautomatické (NC stroje).
- Plně automatické (CNC stroje).

Druh lineárního pohybu:

- Stroje, kde je směr lineárního pohybu axiální vůči rotačnímu nástroji (vrtání).
- Stroje, kde je směr lineárního pohybu kolmý vůči rotačnímu nástroji (čelní frézování).

Podle účelu:

- Univerzální stroje (mohou být použity pro široce rozmanité operace a obrobky).
- Specializované stroje (pro limitovaný rozsah velikosti a typu obrobků).

Další hlediska, podle kterých lze OS rozdělovat jsou [20]:

**Stroje s geometricky definovaným
břitem (odebírání třísky):**

Hlavní pohyb translační:

- Protahovací stroj.
- Pásová a rámová pila.
- Hoblovka a obrážka.
- Svislá obrážka.

Hlavní pohyb rotační:

- Soustružení:
 - Univerzální soustruh.
 - Vertikální soustruh.
 - Revolverový soustruh.
 - Více-vřetenový soustruh.
- Frézování:
 - Univerzální konzolová frézka.
 - Vertikální frézka.
- Vyvrtávání:
 - Horizontální vyvrtávací stroj.
- Vrtání:
 - Stolní vrtačka.
 - Radiální vrtačka.
 - Sloupová vrtačka.
 - Více-vřetenová vrtačka.
 - Hluboce vrtací stroj.
- Řezání:
 - Oběžná nebo kotoučová pila.

**Stroje s geometricky
nedefinovaným břitem (broušení):**

- Broušení:
 - Broušení nakulato:
 - Externí.
 - Interní.
 - Broušení naplocho:
 - Rotační.
 - Bodové broušení.
 - Bezhraté broušení.
 - Broušení nástrojů.

- Honování:
 - Krátký zdvih.
 - Dlouhý zdvih.
- Lapování:
 - Jednostranné.
 - Dvoustranné.
- Třecí kotoučové řezání.
- Abrazivní kotoučové řezání.

Frézovací centra stroje pro rotační nástroje jsou schopné frézovat, vrtat, vyvrtávat a řezat závity:

- Vertikální.
- Horizontální.

Soustružnická centra stroje jsou odvozené ze soustruhů, schopné soustružit i frézovat:

- Stroje s revolverovou hlavou.
- Stroje s frézovacím vřeteníkem.

Stroje na ozubení.

Nekonvenční stroje:

- Elektro-erozivní obrábění:
 - Drátové.
 - Hloubení.
- Elektro-chemické obrábění.
- Obrábění elektronovým paprskem.
- Ultrazvukové obrábění.

Obráběcí centra stroje, které mohou kombinovat dvě odlišné technologie:

- Frézování a soustružení.
- Soustružení a broušení.
- Frézování a broušení.

Hybridní (smíšené) stroje, které kombinují obráběcí a výrobní procesy.

2.3 OBRÁBĚCÍ CENTRUM

Největší podíl prodaných OS dnes tvoří „obráběcí centra“. Tyto stroje kombinují CNC (Computer Numerical Control) OS vybavené dalšími funkcemi jako např. automatická výměna obrobku, automatická výměna nástroje apod. Mohou také najednou disponovat několika druhy technologií jako např. soustružení, frézování, broušení apod. [20].

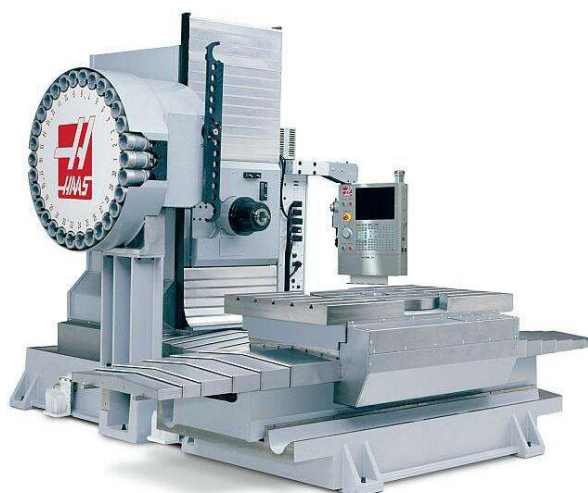
Obráběcí centra patří díky své složitosti k technicky nejvyspělejším OS, při jejichž stavbě se využívá různých komponent, nejen z oblasti strojírenství, ale také z oblasti elektroniky a automatizace. Díky schopnosti pracovat v automatickém cyklu se stále více využívají v bezobslužných provozech.

Automatizace je považována za jednu z cest, jak se udržet na světových trzích v podmínkách ostré konkurence, kde lze obstát jedině tehdy, dokážeme-li vyrábět levněji, kvalitněji a rychleji než ostatní [25].

V automatizovaných provozech jsou obráběcí centra vybavena automatickou výměnou obrobku a ve většině případů i automatickou výměnou nástroje. Stroje jsou zařazeny do automatické linky, která zajišťuje pomocí manipulátorů dopravu obrobků ke strojům. Chod celé linky je plně automatický podle předem nastaveného programu bez zásahu obsluhy.

Obráběcí centra můžeme rozdělit do pěti kategorií [7]:

- I. OC, které mohou provádět více operací.
 - II. OC, které mohou pracovat v automatickém cyklu.
 - III. OC s automatickou výměnou nástroje.
 - IV. OC s automatickou výměnou obrobku.
 - V. OC, které mohou pracovat v bezobslužném provozu.
- } I.gen. } II.gen. } III.gen.



Obr. 5 Obráběcí centrum společnosti HAAS s automatickou výměnou nástrojů [Haas Automation, Inc].

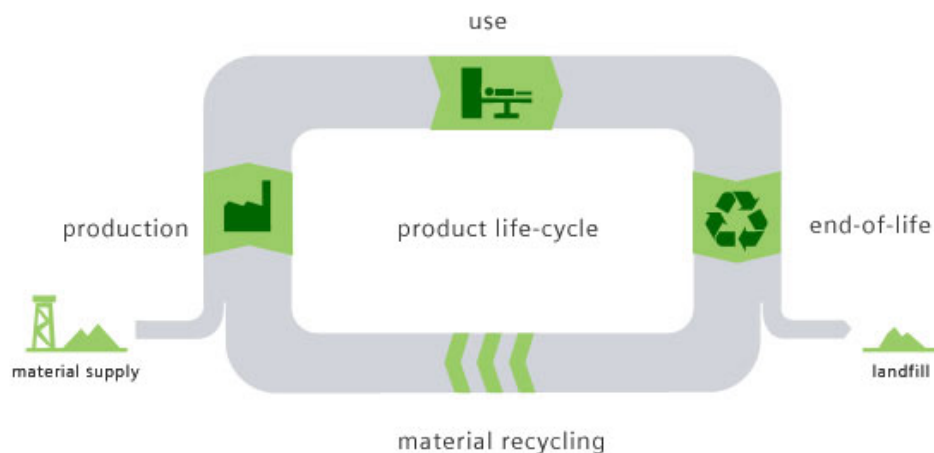
Na Obr. 5 je zobrazeno obráběcí centrum EC1600 od společnosti Haas Automation, Inc. Jedná se o obráběcí centrum I. generace. Tento stroj může frézovat, vrtat, vyvrtávat a řezat závity. Disponuje třemi plynule řízenými osami, automatickou výměnou nástrojů a řídicím systémem, který umožňuje práci v automatickém cyklu. Díky otočnému stolu je schopen obrobít součást z pěti stran na jedno upnutí.

2.4 ŽIVOTNÍ CYKLUS OBRÁBĚCÍHO STROJE

Vše, co nás obklopuje a co nevytvořila příroda, je dílem člověka. Ten vytváří i technické objekty, mezi nimiž dominují objekty strojírenské. Ty mají svůj „technický život“ [15].

„Průběh života“ každého živého organismu, nebo jakéhokoli uměle vytvořeného produktu, lze popsat pomocí diagramu životního cyklu. Tento diagram zobrazuje všechny fáze života popisovaného předmětu. V případě technických zařízení se jedná o popis celého životního cyklu produktu počínaje prvními myšlenkami a návrhy, přes konstrukci, výrobu, používání a konče likvidací [6].

Tvar a složitost životního cyklu uměle vytvořeného produktu jsou závislé na jeho vlastnostech, komplikovanosti, životnosti apod. Základní schéma životního cyklu technického zařízení s přihlédnutím k dodávce a recyklaci materiálu je zobrazeno na Obr. 6 [6].

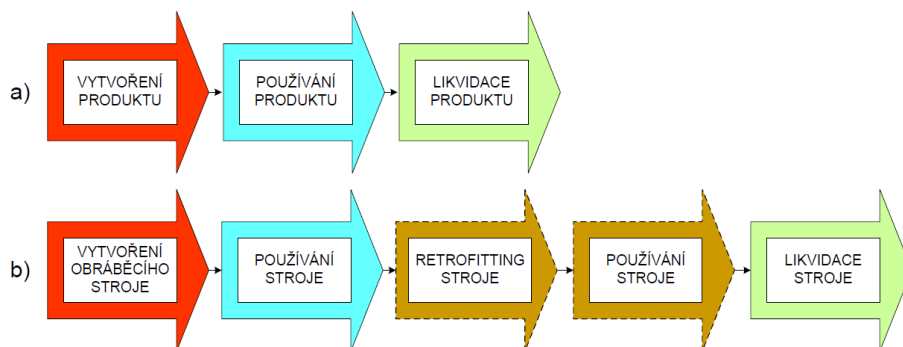


Obr. 6 Základní schéma životního cyklu technického zařízení s přihlédnutím k dodávce a recyklaci materiálu [Siemens].

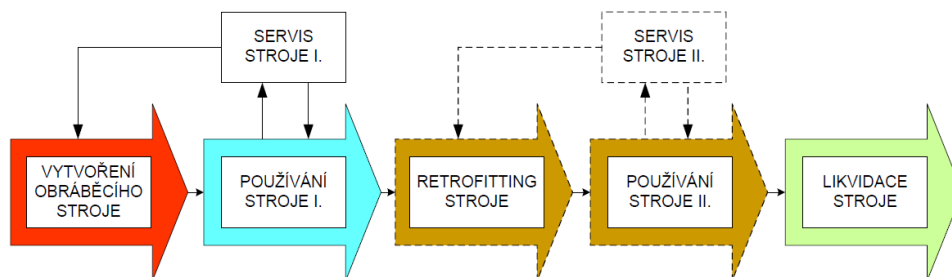
Obecné schéma životního cyklu jakéhokoli technického zařízení má ve většině případů stejný průběh a může být rozděleno do tří základních etap. Vždy bude na prvním místě vznik produktu, který je následován užíváním produktu a poté jeho likvidací. Podrobnější schémata životního cyklu různých produktů se často liší a jsou zejména závislá na vlastnostech produktů a účelu, ke kterému byly vyvinuty. OS jsou však jedny z mála strojů, které mezi fází používání

a likvidací mohou projít fází modernizace tzv. retrofitting [6]. Rozdíl v životním cyklu běžného technického produktu a OS je zobrazen na Obr. 7.

Životní cyklus OS lze tedy rozdělit do tří popř. pěti základních etap. Všechny tyto etapy na sebe plynule navazují a není možné jejich pořadí zaměnit. Pokud OS neprochází etapou modernizace, poté dochází k jeho likvidaci přímo po ukončení jeho používání u zákazníka [6].



Obr. 7 a) Obecné schéma životního cyklu technického produktu, b) Obecné schéma životního cyklu OS [6].



Obr. 8 Detailnější schéma životního cyklu OS.

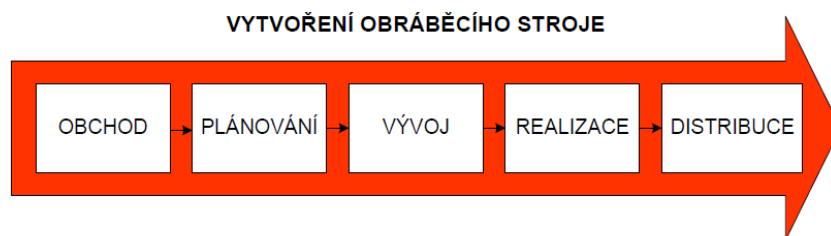
Většina OS patří mezi poměrně nákladné produkty, které zákazník mnohdy kupuje s vidinou dlouhodobého používání (zejména v Evropě) a tím bývá započata také dlouhodobá spolupráce s výrobcem zakoupeného stroje. U každého OS dochází vlivem jeho používání k opotřebení, nebo poruše některých jeho částí, které se musí buď opravit, nebo vyměnit za nové. Tato služba se pak nazývá servis stroje, který může být záruční anebo pozáruční a většinou ho provádí samotný výrobce, nebo jeho smluvní partner. Na Obr. 8 je zobrazeno schéma životního cyklu OS se zpětnou vazbou z používání a opravy (servisování) stroje.

2.4.1 Hlavní fáze životního cyklu obráběcího stroje

Vytvoření obráběcího stroje

Aby mohl být jakýkoliv OS používán ke svému účelu, tedy k obrábění materiálu, je nejdříve nutné tento stroj vytvořit. Vytvořením OS nelze chápat pouze výrobu součástí, ze kterých je stroj složen a následně smontován. Výrobě a montáži stroje předchází velké množství odpracovaných hodin při marketingových průzkumech a ve vývojových centrech.

Smyslem etapy „Vytvoření obráběcího stroje“ je tedy nalézt pro trh prodejný a konkurenceschopný OS, poté jej navrhnout a ve spolupráci s realizační sférou (výrobou, montáží a dodavatelskou sférou) vyrobit a smontovat, tak aby po uvedení do provozu splňoval požadované vlastnosti [15]. Tuto etapu je možné rozdělit do pěti fází (obchod, plánování, vývoj, realizace, distribuce), které na sebe plynule navazují:



Obr. 9 Průběh etapy Vytvoření OS.

- **Obchod** – Při vývoji nového stroje je cílem této etapy definovat hlavní požadavky zákazníka, nebo trhu, na požadovaný stroj. V této části se definují technické parametry, zástavbové rozměry, dodací termíny, prodejní cena apod. Obchodní etapa končí uzavřením smlouvy mezi zákazníkem a dodavatelem stroje, což pro výrobce znamená zahájení realizace objednaného stroje.
- **Plánování** – V průběhu této etapy se nejprve upřesňují technické parametry stroje a požadavky zákazníka na provedení. Dále se plánuje samotný průběh projektu, konstrukční, výrobní i montážní kapacity a stanoví se maximální náklady spojené s kompletním vývojem a výrobou OS.
- **Vývoj** – Cílem této etapy je podrobná definice všech funkcí stroje, optimalizace jeho vnitřní struktury a následná tvorba detailní dokumentace, která poslouží k výrobě a montáži stroje. Tato etapa je nejdůležitější fází v životě OS, protože určuje jeho „ideovou kvalitu“ [15].
- **Realizace** – Uskutečnění realizační etapy je především technickou záležitostí [15]. Pomocí dostupných technologií a strojů se nejprve vyrobí všechny části stroje dle technické dokumentace, nakoupí se normalizované

a nakupované komponenty a následně dojde k montáži, elektrickému zapojení stroje, záběhu a kontrole.

- **Distribuce** – Poslední fází je často logisticky náročný převoz OS k zákazníkovi a konečné uvedení stroje do provozu. Při předávání stroje zákazníkovi dochází ke kontrole na počátku stanovených vlastností stroje (výkonnost, přesnost, funkčnost, apod.).

Nejen OS, ale většina dnes konstruovaných zařízení jsou velmi složitá, a proto i jejich vývoj není lehký. Vývojová etapa je často nejnáročnější fází v životním cyklu OS, často bývá velmi dlouhá a určitou měrou ovlivňuje všechny předešlé, ale i následující fáze životního cyklu [7].

Ze schématu životního cyklu Vytvoření OS na Obr. 9 je zřejmé, že vývojová etapa je jednou z počátečních fází životního cyklu OS. Navazuje na prvotní průzkumy trhu a jeho vstupem jsou především požadavky zákazníků. Bez této etapy by nebylo možné vyrobit a posléze prodávat žádné zařízení. Vývojová etapa má tedy nezastupitelné postavení v životním cyklu všech produktů [7].

Vliv vývojové fáze na ostatní etapy životního cyklu OS je poměrně vysoký. To je dáno tím, že v průběhu vývoje se definuje, jakým způsobem bude stroj vykonávat všechny požadované funkce. Je-li např. navržen stroj příliš komplikovaně, může to znamenat vyšší poruchovost v průběhu používání. Pokud je stroj složen z příliš mnoha tvarově složitých součástí, které se budou dlouho vyrábět, nemusí být pak dodržen dodací termín stroje apod.

Používání obráběcího stroje

Na počátku této etapy zákazník převezme nově nainstalovaný stroj a začne ho dle svých potřeb používat. Tato fáze patří mezi nejdéle trvající a v některých případech může trvat i několik desítek let. Po tuto dobu je nutné, aby zákazník stroj používal a udržoval v souladu s doporučením výrobce.

Stejně jako každý jiný stroj i OS nepracuje bez poruchy. V průběhu používání se vyskytují různé druhy závad způsobené chybami výrobce, zákazníka, ale také opotřebením. Každou poruchu je třeba odstranit, aby bylo možné stroj dále plnohodnotně používat. K tomu slouží servisní zásahy, díky nimž, je stroj opraven. Každý servisní zásah by měl být pečlivě zdokumentován a jako zpětná vazba předložen vývojářům, kteří pak mohou na základě těchto informací některým poruchám předcházet.

Retrofitting

Retrofitting OS je proces v oboru stavby obráběcích strojů, kdy modernizací a inovací, případně pomocí doplňkové mechanizace (automatizace) dojde k rozebrání, opravě, inovaci a zpětné montáži s novým slícováním jednotlivých částí OS [21].

Modernizace OS je dosažena zpřesněním všech pohybových os, zvýšením výkonnostních parametrů vřeteníků, modernizací posuvových mechanismů a doplnění stroje o moderní číslicové odměřování a pohony ovládané řídicím systémem [6].

OS, který projde kompletní modernizací, je poté možno používat tak jako stroje nové s přihlédnutím k novým parametrům a starší koncepci stroje. Modernizací však neprochází každý OS. Jedná se o poměrně malé procento strojů, které jsou modernizovány, a to zejména stroje střední a větší velikosti (karusely, horizontky, brusky ...) viz Obr. 10 a stroje menší velikosti žádané zákazníkem (soustruhy, frézky, apod.) [6].

Aby v budoucnu bylo snadnější OS modernizovat, je vhodné, aby konstruktér dodržoval několik základních zásad [6]:

- Nadčasová koncepce stroje.
- Jednoduchá konstrukce.
- Použití moderních materiálů a současných technických trendů.
- Aplikace moderních nakupovaných komponent.
- Použití vysoce kvalitních odlitků a svařenců.



Obr. 10 Horizontální vyvrtávací stroj WHN 13 před modernizací (vlevo) a po modernizaci (vpravo) [Fermat CZ, s.r.o.].

Likvidace

Není-li OS schopen plnit svou funkci, splnil li u zákazníka svůj účel, nebo je ukončen jeho technický život, dochází k jeho likvidaci. V dnešní době se stále více mluví o ekologické likvidaci, což znamená rozebrání stroje a roztřídění součástí podle materiálu, ze kterého byly vyrobeny a následné recyklování těchto materiálů. Ty části stroje, které není možné recyklovat, končí ve spalovnách odpadu, nebo na skládkách.

2.4.2 Vliv obráběcího stroje na životní prostředí v průběhu jeho životního cyklu

Negativní vliv na životní prostředí mají produkty v různých fázích životního cyklu rozdílně vysoký. Některé produkty, jako např. plastová židle, mají hlavní vliv na životní prostředí na samotném konci životního cyklu (při její ekologické likvidaci), naopak chladnička či mrazák mají velký vliv na životní prostředí nejen při jejich likvidaci, ale také v průběhu používání (spotřeba elektrické energie, vypouštění nebezpečných látek do ovzduší apod.).

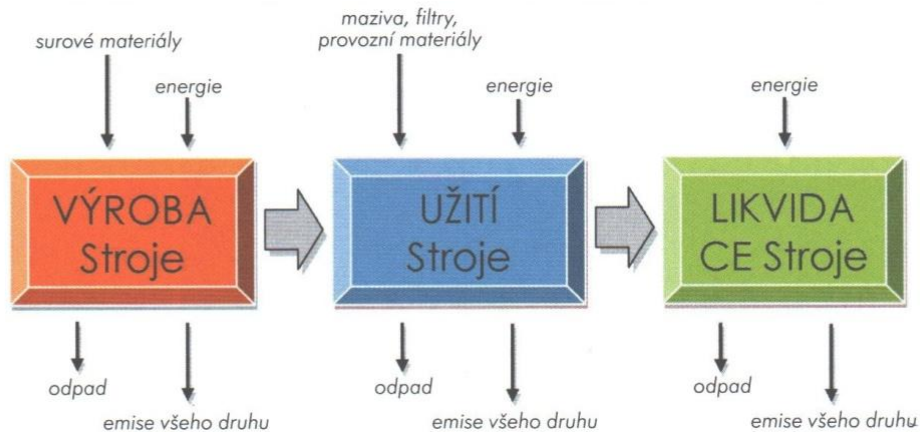
Stejně tak jako většina strojů i OS nepracují v souladu s životním prostředím. Jejich negativní vliv se projevuje zejména ve fázi používání, kdy mohou ze stroje unikat látky poškozující životní prostředí a spotřeba elektrické energie zvláště větších strojů bývá velmi vysoká. Zejména v průběhu konstrukce by měl být brán ohled na následný vliv OS na životní prostředí. Pro konstrukci OS by měly být používány materiály snadno recyklovatelné, ze stroje by neměla unikat žádná média a pro mazání stroje by se měl používat přednostně tuk. Problematikou snižování energetické náročnosti OS se zabývá tzv. Ekodesign.

Ekodesign [21]

Obecně lze ekodesign definovat jako systematický proces navrhování a vývoje výrobku, který vedle klasických vlastností, jako je funkčnost, ekonomičnost, bezpečnost apod., klade velký důraz na dosažení minimálního negativního dopadu výrobku na životní prostředí, a to z hlediska jeho celého životního cyklu viz Obr. 11.

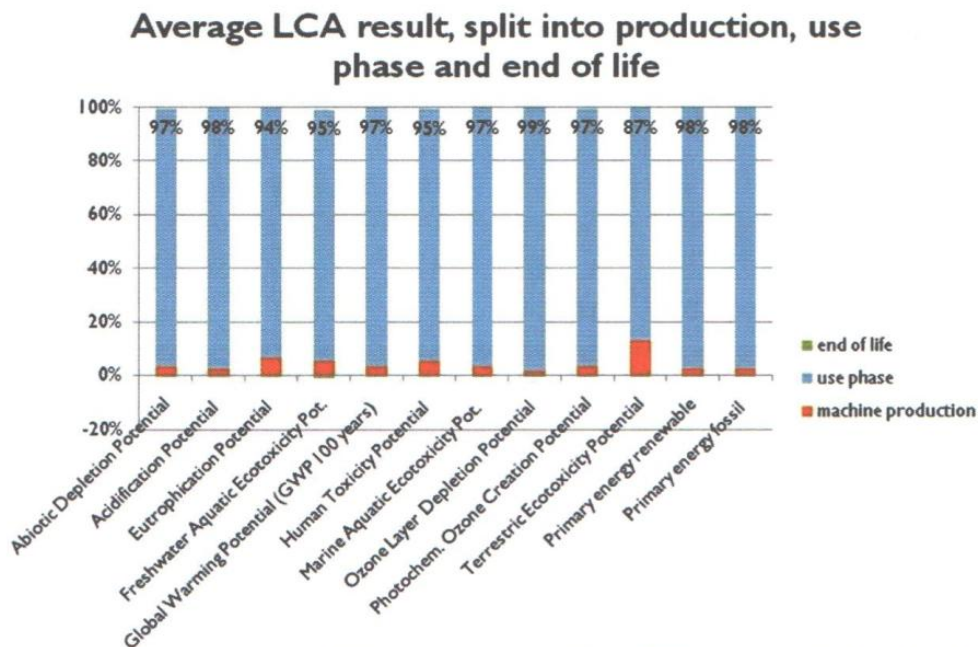
Obecně se má za to, že hlavními zásadami ekodesignu jsou:

- Prosazování bezpečných produktů a služeb (z hlediska zdraví člověka budou mít co nejmenší negativní dopad na životní prostředí).
- Ochrana biosféry (minimalizovat únik jakékoliv látky, která by mohla poškodit ovzduší, vodu, nebo půdu).
- Udržitelné užívání přírodních zdrojů (užívání obnovitelných přírodních zdrojů).
- Snižování odpadů a zvyšování recyklace (dbát na trvanlivost, přizpůsobivost, opravitelnost a možnost recyklace výrobků).
- Moudré užívání energie (zavádět prostředky pro úspory energie všude, kde to je možné).
- Snižování rizika (minimalizovat riziko negativních dopadů na pracovní prostředí a zdraví svých zaměstnanců i zákazníků).
- Předávání informací (vedoucí k efektivnímu využívání nejvhodnějších materiálů a procesů).



Obr. 11 Schéma základních fází životního cyklu stroje (obecně výrobku) se zjednodušeným vyznačením hodnocených vstupů a výstupů během Life Cycle Assessment (LCA) analýzy [21].

Touto, dnes již by se dalo říci standardní „citlivostní analýzou“ je takzvaná analýza dopadů na životní prostředí, častěji označovaná LCA analýza, resp. Life Cycle Assessment, nebo také Life Cycle Analysis. Tato analýza výrobku (obráběcího stroje) bere v úvahu procesy od těžby nerostných surovin přes dopravu, výrobu se všemi jejími subdodávkami, užití stroje až ke konečnému zpracování stroje jako odpadu.

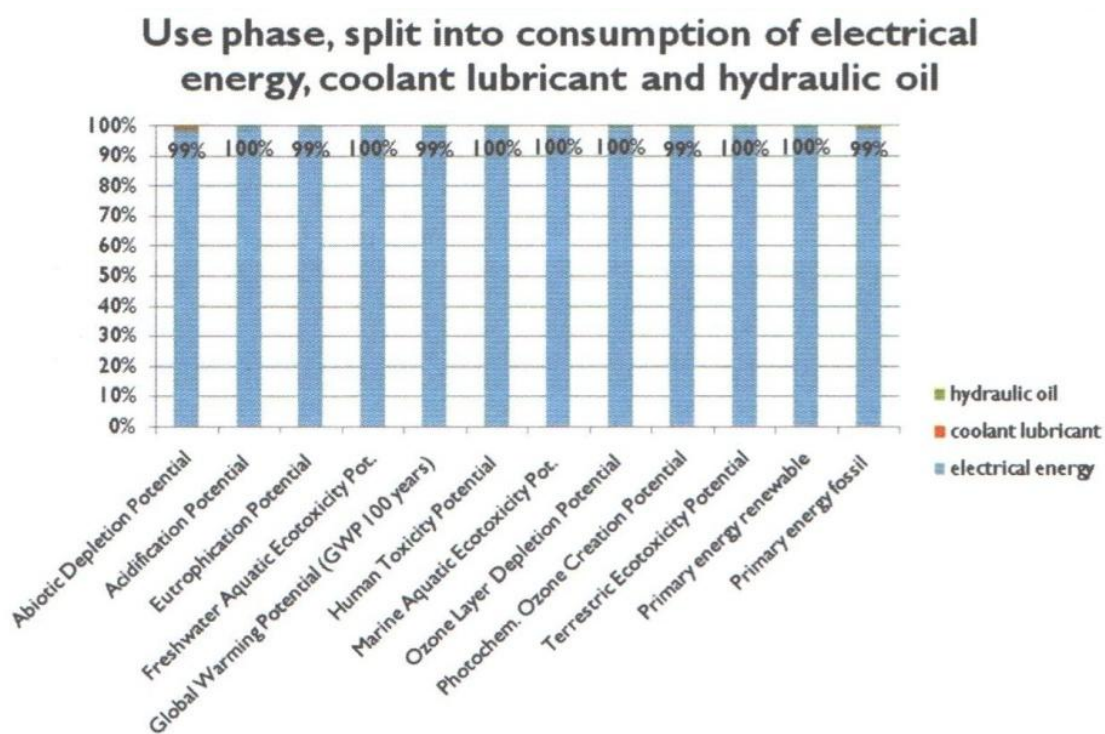


Obr. 12 Podíl jednotlivých fází života stroje na produkci negativních faktorů (zpracováno pro 9 frézovacích a soustružnických strojů společností PE International předpokládaná životnost strojů byla 20 let) [19].

Analýza pak zohledňuje energetické a surovinové náklady a dopad na životní prostředí (zejména emise do ovzduší, vody a půdy) v každém z uvedených tří fází života stroje.

Na Obr. 12 je uveden diagram, který zachycuje, jak se na produkci/emisi jednotlivých negativních faktorů podílí fáze výroby stroje (machine production), fáze užití stroje (use phase) a fáze likvidace stroje (end of life). Z diagramu je patrné, že na produkci všech negativních faktorů má nejdůležitější vliv fáze užití strojů.

Na Obr. 13 je pak diagram, který zobrazuje, jak se během fáze užití stroje, tedy jeho uplatnění ve výrobě, podílí spotřeba el. energie, hydraulické oleje a emulzní mazání na jednotlivých negativních faktorech.



Obr. 13 Podíl spotřebované el. energie, hydraulických olejů, a řezných emulzí na produkci negativních faktorů během fáze užití strojů faktorů (zpracováno pro 9 frézovacích a soustružnických strojů společností PE International předpokládaná životnost strojů byla 20 let) [21].

Z uvedeného diagramu je evidentní, že nejdůležitější je negativní vliv spotřebované energie. Jiné nežádoucí vlivy, než je spotřeba el. energie, jsou tak malé, že je graf téměř není schopen zaznamenat.

Z uvedeného příkladu plyne, že pro zkoumané stroje je velmi důležité zaměřit se především na řešení snižování energetické spotřeby strojů během jejich aktivního

užívání ve výrobě. Řešení ostatních témat, jako jsou výpary do ovzduší, průsaky, hlučnost, atd., se jeví vzhledem ke spotřebě el. energie jako méně významné.

S jistotou lze tvrdit, že seriózní řešení tématu ekodesignu u výrobců výrobních strojů si časem bude vyžadovat kapacitu nejednoho pracovníka, a to i v případě spolupráce s externími firmami, které budou provádět LCA analýzy dle standardních metodik.

3 MOTIVACE A CÍLE DISERTAČNÍ PRÁCE

3.1 KOMENTÁŘ K SOUČASNÝM MOŽNOSTEM NÁVRHU PRODUKTU

Obecným cílem procesu návrhu produktu je převedení požadavků zákazníka, nebo trhu do patřičné dokumentace, podle které je pak možné daný produkt vyrobit, smontovat a bezpečně provozovat. Přístupy, které jsou v průběhu procesu návrhu použity se mohou navzájem velmi lišit. Výběr metody, která je při návrhu produktu použita, závisí na mnoha aspektech, zejména pak na konstrukční složitosti produktu, typu pracovníků v konstrukčním týmu, a také na konstrukčních zvyklostech uvnitř podniku.

V současné době se stále nejčastěji v praxi při návrhu produktu používá Intuitivní metoda a v příliš komplikovaných úlohách i metoda Pokus-omyl. Tyto dvě metody jsou pro většinu konstruktérů přirozené, a proto je nejčastěji využívají. Bohužel ale často vnáší do konstrukčního procesu zmatek a cílem není nalezení optimální struktury stroje, nýbrž navrhnutí produktu rychle a jednoduše s využitím maxima dříve definovaných a odzkoušených principů.

V posledních několika desítkách let je vidět snaha o navržení nového přístupu návrhu produktu, který by kombinoval současné metody konstruování se systémovým přístupem. Tento přístup by měl vnést do procesu návrhu produktu „řád“ a na jeho výstupu by měla být dokumentace k produktu, který splňuje zadané požadavky lépe než produkt vyvíjený pouze metodou Intuitivní a Pokus-omyl. Skutečností je, že tyto přístupy se zatím využívají zejména v univerzitním prostředí a jejich hromadné nasazení v průmyslové praxi zatím není možné.

3.2 MOTIVACE K DISERTAČNÍ PRÁCI

Konkurenční boj v oblasti výroby OS nutí výrobce hledat cesty jak zvýšit konkurenceschopnost svých výrobků na současném trhu. Toho lze dosáhnout zejména zvýšením kvality stroje, zkrácením dodací lhůty, nebo snížením prodejní ceny, což jsou hlavní tři hlediska, podle kterých jsou OS hodnoceny zákazníkem:

- Splnění technických požadavků (kvalita).
- Doba nutná k dodání stroje (čas).
- Výdaje spojené s pořízením stroje (náklady).

V praxi dochází velmi často k tomu, že technické požadavky zákazníka bývají ve většině případů splněny, ale dodací lhůta stroje bývá z různých důvodů prodlužována, stejně tak náklady spojené s tvorbou OS převyšují předem stanovené limitní náklady, což snižuje zisk výrobce.

Aby k těmto stavům nedocházelo, je možné využít podpůrných mechanismů, které napomáhají s optimalizací struktury OS a s řízením lidských i finančních zdrojů. V současné době ale neexistuje žádná metodika, která by komplexně řešila maximalizaci plnění všech tří hlavních požadavků kladených na OS.

3.3 CÍL PRÁCE

Cílem disertační práce je navržení Systémového přístupu pro návrh OS a ohledem na životní cyklus produktu. Tento způsob návrhu OS by měl pokrývat zejména Plánovací a Vývojovou etapu v životním cyklu OS, neboť v těchto počátečních fázích se definují technické vlastnosti OS, náklady spojené s výrobou a částečně i dodací termín stroje zákazníkovi. Tato konstrukční strategie by měla mít podobu posloupného, řízeného procesu, v jehož průběhu se využívá systémových nástrojů při řešení dílčích i komplexních úloh. Navržená strategie by měla při praktickém využití vést ke zvýšení splnění požadavků kladených na OS díky důsledné technické optimalizaci stavby OS, dále ke snížení konečných nákladů díky metodice redukování nákladů a důsledné ekonomické optimalizaci stavby OS a nakonec také ke zkrácení doby potřebné k dodání stroje redukcí časového fondu nutného pro konstrukci stroje.

V souladu s tématem disertační práce byly stanoveny tyto hlavní cíle:

- Na základě poznatků z literární rešerše nalézt vhodné konstrukční taktiky využitelné v průběhu Systémového přístupu při návrhu OS.
- Vytvoření metody, jejímž cílem bude účinné snížení konečných nákladů spojených s vývojem, výrobou, montážní a expedicí stroje.
- Vytvoření optimalizační metody pro vnější technicko-ekonomickou optimalizaci struktury OS.
- Vytvoření optimalizační metody pro vnitřní technicko-ekonomickou optimalizaci struktury OS.
- Vytvoření metodiky určené pro zvýšení kvality procesu Návrhu OS.

4 VÝVOJOVÝ A KONSTRUKČNÍ PROCES

Vývoj z hlediska technických produktů znamená systematické tvůrčí využití poznatků výzkumu, nebo jiných námětů, k produkci nových nebo zlepšených materiálů, výrobků, nebo zařízení anebo k zavedení nových či zlepšených technologií, systémů a služeb, včetně pořízení a ověření prototypů, poloprovozních nebo předváděcích zařízení [27].

4.1 AUTOROVA DEFINICE KONSTRUKČNÍHO PROCESU

Konstrukce technických produktů spadá do vývojového procesu a je jednou z jeho hlavních součástí. Konstrukční proces byl definován mnoha autory v mnoha zemích světa. Velké rozdíly v jednotlivých definicích naznačují, že není jednoduché nalézt jeho jednotný popis, s kterým by se dalo ve všech směrech souhlasit. Některé definice přistupují ke konstrukčnímu procesu jako k určitému druhu umění, jiné naopak popisují konstrukční proces spíše jako přesnou posloupnost na sebe navazujících kroků.

Konstruktor je svým způsobem umělec. Díky velké míře představivosti je schopen jednotlivé technické myšlenky a nápady přenést do grafické podoby, se kterou se dá dále pracovat. Při dalším rozpracování prvotních návrhů by ovšem měly být dodržovány určité zásady, aby konstrukční proces probíhal ve správném sledu a aby výsledná práce byla vyhotovena včas podle předem stanovených podmínek.

Dá se tedy říci, že konstrukční proces je postupná, intuitivní nebo systematická tvůrčí činnost, jehož výstupem je soubor informací, který umožní výrobu, montáž a následnou funkčnost zařízení, které bylo na počátku konstrukčního procesu požadováno. Tento proces je ale ovlivněn nejen normami, vědomostmi a zkušenostmi konstruktéra, ale také jeho vnitřními pocity, stavy a prostředím, ve kterém pracuje. [9]

Doba trvání konstrukčního procesu je závislá na náročnosti zadaného úkolu, pracovních podmínkách, ale také na zkušenostech, schopnostech a znalostech konstruktéra, nebo konstrukčního týmu. [9]

4.2 POŽADAVKY NA KONSTRUKČNÍ PROCES

Konstrukční proces při vývoji OS je komplikovaná úloha, která se odehrává uvnitř výrobního podniku. Jsou na něj proto kladeny požadavky vyplývající z potřeb podniku a jeho jednotlivých oddělení. Zejména pak management požaduje konstrukční proces efektivní s nízkými náklady. Jsou zde ale i požadavky legislativní, které požadují, aby v průběhu konstrukce nebylo zneužito patentově chráněných řešení. Konstrukční proces by měl:

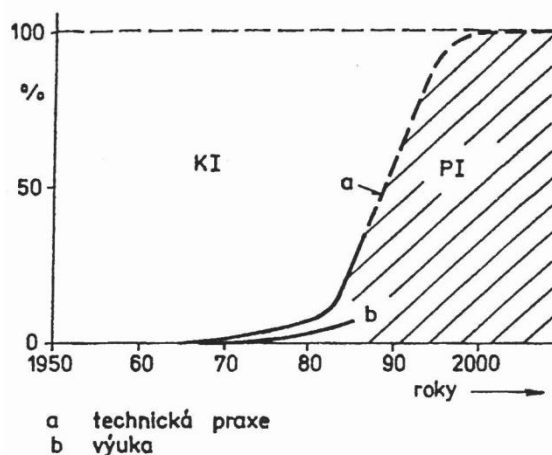
- **Splnit všechny zadané úkoly.** Dodržení tohoto požadavku je nutnou podmínkou pro zaručení výsledné spokojenosti zadavatele konstrukčního úkolu. Výsledné zkonstruované zařízení by tedy mělo splňovat všechny požadavky, které byly při zadávání úkolu dohodnuty a dále požadavky nové, které v průběhu konstrukce mohly nastat, nebo se změnit. Jedním z mnoha požadavků bývá i termín odevzdání vypracovaného materiálu. Tato doba se obecně stále více zkracuje, proto je nutné si konstrukční proces dobře naplánovat, neboť na něm závisí následná výroba, montáž, provozní zkoušky a teprve poté předání stroje zákazníkovi.
- **Dosáhnout vysoké jakosti.** Jakost je obecně definována jako stupeň splnění požadavků (např. zákazníka) souborem trvalých znaků. Dá se tedy říci, že jakost konstrukčního procesu je ukazatelem do jaké míry, jak rychle a s jakou chybovostí byly splněny původní požadavky. Ke zvýšení jakosti a snížení chybovosti je možné využít Management jakosti. Jedná se o koordinované činnosti pro nasměrování a řízení organizace s ohledem na jakost. Management jakosti využívá moderní metody řízení a zabezpečování jakosti Quality Function Deployment (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) a Fault Tree Analysis (FTA). Cílem těchto metod je předcházení možným konstrukčním chybám s využitím výše zmíněných nástrojů a předem promyšleným a naplánovaným konstruováním.
- **Minimalizovat cenu stroje.** Výsledné náklady spojené s výrobou a montáží stroje jsou z velké části tvořeny již v průběhu konstrukčního procesu. Konstrukteři určují strukturu stroje, druh použitých materiálů, typ elektrických komponent, ze kterých je stroj složen, což má hlavní vliv na výslednou cenu stroje, kterou je tedy potřeba snižovat, aby byl stroj konkurenceschopný.
- **Být transparentní.** V průběhu konstrukce často dochází ke změnám, nebo úpravám původního zadání. Tyto změny mohou zapříčinit nutnost návratu zpět k předešlým řešením. Je-li konstrukční proces průhledný (pečlivě zaznamenáván), je poté snazší návrat k těmto starším řešením.
- **Být uskutečněn s co nejnižšími náklady.** Do výsledných nákladů na výrobu většiny technických zařízení se konstrukční proces projevuje nemalou měrou. Aby se tyto náklady snižovaly, je nutné konstrukční proces zkrátit na minimální dobu. Pro jeho podporu lze využít řadu metod, výpočetních programů a simulačních nástrojů, které mají za úkol zvýšit produktivitu práce konstruktérů.
- **Být patentově „čistý“.** Uvedení výrobku na trh může být blokováno, nebo postihováno skutečností, že při konstrukci nebyla dodržena patentová čistota, tj. porušuje se ochranné právo některého platného patentu, průmyslového užitečného vzoru, ochranné známky, apod. V současné konkurenční soutěži to může znamenat velké ztráty určitých částí trhu, kam nelze výrobek dodávat,

ale i ztráty finanční (úhrada soudních výloh, pokuty, dodatečné platby majiteli patentu, apod.) [19].

4.3 POČÍTAČOVÁ PODPORA VE VÝVOJOVÉ ETAPĚ

Složitost OS stále roste. Významným způsobem se zkracuje doba vývoje. To může vést k situaci, kdy je OS, dříve než byl uveden na trh (z mnoha důvodů), tzv. morálně zastaralý. Konkurence mohla uvést na trh OS poněkud dříve. Proč? Zkrátila dobu vývoje, výroby a ověření jeho vlastností na minimum, což určuje trh a poptávka zákazníků. Tato skutečnost vede ke zkracování inovačních cyklů. Výraznou podporou (Aided) tvořivého lidského potenciálu v tvůrčím a výrobním procesu je počítačová (Computer) podpora na různých úrovních [21].

Činnosti převážně algoritmické se automatizují a pro činnosti tvůrčí dostává člověk zcela nové prostředky, které mu jeho práci usnadňují a výrazně ji zefektivňují. Křivka na Obr. 14 ukazuje, jaký podíl ze všech technických tvůrčích činností jsou činnosti klasické (KI-logaritmické pravítko, rýsovací prkno, tužka, klasická matematika, apod.) a jaké činnosti počítačově podporované (PI-soustava počítačů, kreslicí zařízení, počítačová grafika 2D/3D, matematický software, apod.), což odpovídá anglickému Computer Aided Engineering [16].



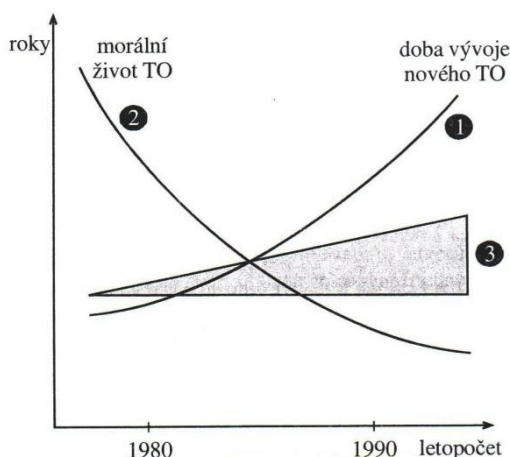
Obr. 14 Časový vývoj podílu technických tvůrčích činností řešené klasicky (KI) a s počítačovou podporou (PI) [16].

Východiskem pro vstupní úvahy o počítačových podporách jsou situace charakteristické pro technické objekty (TO) vyvíjené, vyráběné a provozované v posledních dvou desetiletích. Jedná se o tyto skutečnosti [15]:

- V současnosti je pro vznikající technické objekty charakteristický narůst složitosti jejich struktur, zvyšující se požadavky na jakost jejich provozních vlastností a chování, konkrétně na hodnoty technických a ekologických parametrů. Patří k nim výkonost, hmotnost, prostor, design, spolehlivost,

ergonomičnost atd. Pokud by nebyly aplikovány nové prostředky v oblasti vývoje a výroby, výrazně by narůstala doba potřebná k jejich vývoji a výrobě. Situace je znázorněna křivkou 1 na Obr. 15.

- V důsledku celosvětového působení konkurenčních sil se zkracují doby morálních životností technických objektů (křivka 2), i když po technické stránce jsou tyto dále provozuschopné. Zda je tato situace v souladu s trendem udržitelného vývoje, je více než diskutabilní.
- Jestliže za těchto okolností výrobci, kteří produkují technické objekty, chtějí zůstat konkurenceschopní, pak musí hledat přístupy, jak zkracovat dobu na vývoj, výrobu a testování technických objektů.



Obr. 15 Časová závislost doby vývoje (křivka 1) a morálního života (křivka 2) technického objektu [15].

Je tedy otázkou jak zkracovat inovační cykly, aby doba vzniku nových a inovovaných technických objektů se prakticky nezvyšovala (pásmo 3 na Obr. 15). To je v současnosti možné s využíváním tzv. C-technologií (C jako Computer), které jsou prezentovány počítačovými podporami CA (Computer Aided) a počítačovými automatizacemi, a to na různých úrovních integrace [15].

Počítačová podpora je počítačová aktivita, která příznivě ovlivňuje určitou lidskou činnost tím, že ji zrychluje, zkvalitňuje, usnadňuje a zpříjemňuje, případně od ní člověka osvobozuje [15].

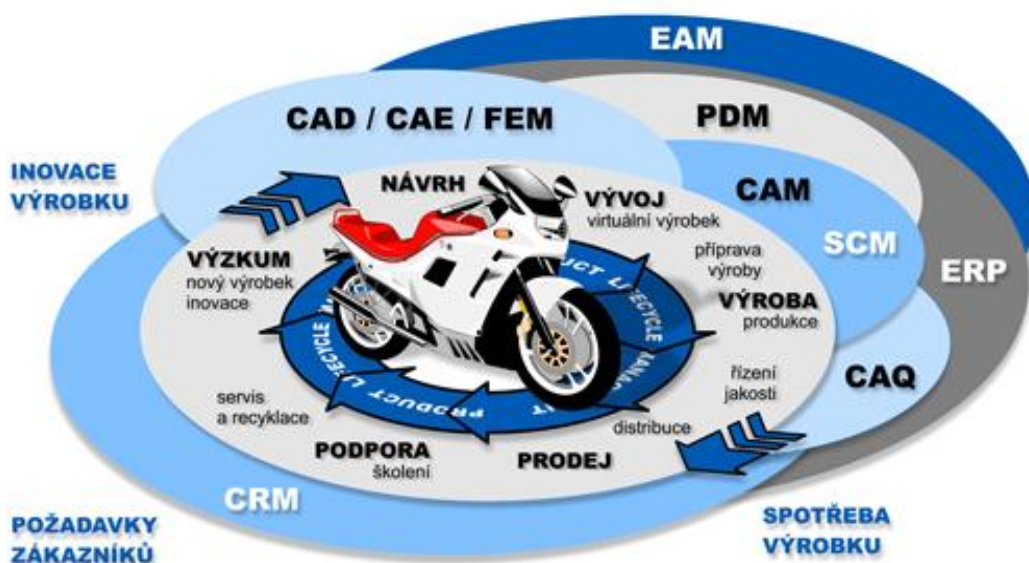
Počítačovou podporu, kterou lze využít ve vývojové části technického objektu můžeme rozdělit na podporu komplexní a dílčí. Mezi komplexní metody podpory lze řadit systémy jako Product life cycle management, které se podílí na řízení všech etap v životním cyklu technického objektu, tedy i vývojové a konstrukční etapy. Naopak dílčí počítačové podpory slouží ve vývojové části zejména pro podporu konstrukčního procesu.

4.3.1 Komplexní počítačové podpory

Product Lifecycle Management (PLM) je proces řízení celého životního cyklu produktu, a to od prvních návrhů a koncepcí, přes vývoj, výrobu, údržbu, až po konečnou likvidaci. Součástí PLM jsou nejen postupy a nástroje, podporující samotný vývoj a následnou realizaci produktu, ale také rozsáhlý systém pro správu všech dat souvisejících s celým životním cyklem produktu.

Aplikací PLM systémů by mělo dojít k:

- Snížení času nutného k dodání výrobku na trh.
- Zvýšení kvality výrobku.
- Usnadnění optimalizace výrobku.
- Snížení ceny prototypu.
- Zlepšení komunikace mezi jednotlivými útvary podniku.
- Snadnému sdílení všech dat týkajících se produktu.
- Ochrana dat.
- Snížení chybovosti a ztrát.



Obr. 16 Schéma životního cyklu nově vyvíjeného nebo inovovaného produktu [Designtech].

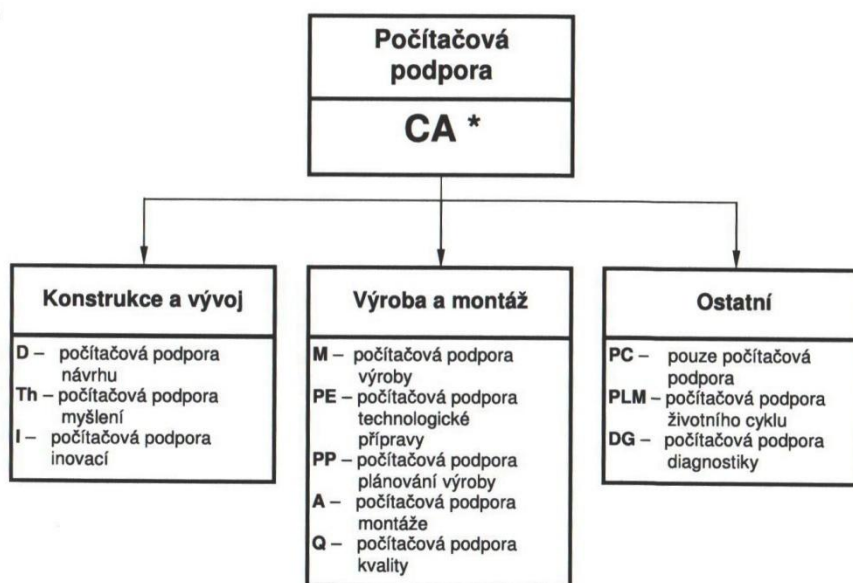
Jedno z mnoha zobrazení životního cyklu vyvíjeného produktu je zobrazeno na Obr. 16. Na tomto schématu jsou také zobrazeny všechny podpůrné prostředky PLM, které mohou pracovníci využít v určitých etapách životního cyklu produktu. Jedná se zejména o počítačové programy, které usnadňují vývoj, výrobu, řízení jakosti apod.

V současnosti je na trhu několik počítačových programů, které slouží k řízení životního cyklu produktu. Ve většině případů se jedná o komplexní balík mnoha podprogramů, jejichž výstupní data jsou navzájem kompatibilní, což snižuje spotřebovaný čas v předvýrobní etapě a umožňuje paralelní práci více skupin, a tím urychlení uvedení nového produktu na trh. Mezi tyto nejpoužívanější programy patří ENOVIA, Windchill, eMatrix, SAP.

4.3.2 Dílčí počítačové podpory

CAD (Computer Aided Design) je počítačová podpora návrhu technického objektu a zahrnuje moduly počítačových podpor pro činnosti realizované v přípravné a návrhové etapě vznikajícího technického objektu. Vedle tohoto globálního vymezení CAD ovšem existuje i vymezení CAD v užším slova smyslu – viz dále.

Počítačovou podporu lze rozdělit do tří hlavních směrů dle etapy životního cyklu OS, ve které jsou využity (Obr. 17).



Obr. 17 Druhy počítačové podpory v konstrukčním procesu [22].

CAtH (Computer Aided Thinking) – počítačová podpora myšlení. Patří sem počítačově podporované metody tvůrčího myšlení [15].

CAI (Computer Aided Innovation) – počítačová podpora inovacím technického objektu. Představitelem těchto dvou počítačových podpor je např. programový systém IM vycházející již z metod TRIZ a ARIZ [15].

CAD (Computer Aided Design) – počítačová podpora navrhování technického objektu – je to nástroj k vytvoření geometrického modelu technického objektu (tvar,

rozměry, topologie prvků) s využitím geometrického modelování, které s využitím počítače generuje geometrii těles [15].

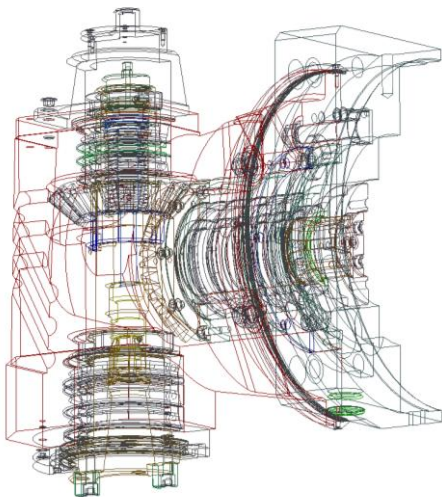
V dnešní době komplexních počítačových podpor je však tato úroveň nedostatečná, takže se vyžaduje, aby CAD software vykazoval určité vlastnosti [15]:

- Vykazovat určité prvky inteligence, s jejichž využitím účinně napomáhá konstruktérovi či projektantovi při návrhu objektu (viz inteligentní CAD SW).
- Informace o vlastnostech geometrického modelu musí být uloženy tak, aby byly využitelné pro mnohokriteriální analýzu vlastností a chování navrhovaného objektu a byly podkladem pro výrobní fázi objektu. Tyto vlastnosti se zajišťují buď s využitím konvektorů mezi jednotlivými databázemi, nebo existencí společných databází [15].

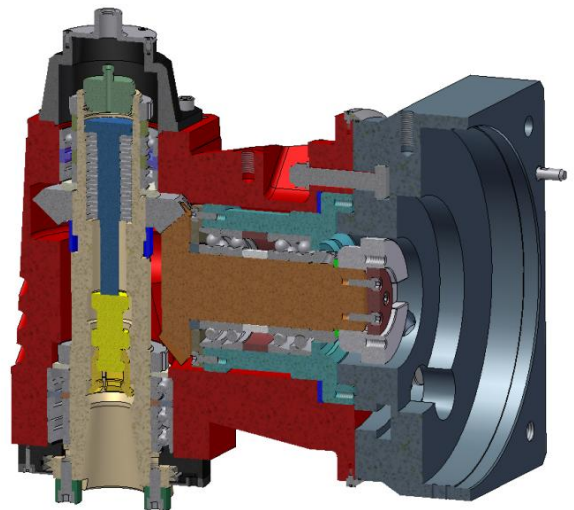
Počítačová podpora konstruování umožňuje vizualizovat a zaznamenat představy konstruktéra o tvaru a topologii prvků navrhovaného objektu, a tím i představu o tomto objektu jako celku. V podstatě jde o geometrický zápis 2D nebo 3D geometrie navrhovaného objektu, přičemž 3D zobrazení je plnohodnotnější [15]. Mezi nejpoužívanější CAD software patří Auto-CAD, CATIA, Pro/Engineer, Autodesk Inventor atd.

Vytvořený model geometrie objektu musí být jednoznačný (nejednoznačnost – viz drátové modely) a plnohodnotný (musí obsahovat informace o tvaru objektu a jeho vlastnostech, např. hmotových, materiálových atd.). Rozdíl mezi drátovým a objemovým modelem je zobrazen na Obr. 18 a Obr. 19.

Všechny počítačové programy, které dnes mohou konstruktéři ve vývojové fázi využívat, jsou však pouze prostředkem ke grafické realizaci jejich myšlenek, nebo jen usnadňují rutinní a výpočtové práce. Řešení zadaného úkolu vzniká nejprve v „hlavě“ konstruktéra na základě jeho vědomostí a zkušeností. K prvotním návrhům dochází zejména bez využití jakéhokoli softwaru, z čehož plyne, že pro další urychlení a zkvalitnění vývojové etapy vede cesta přes neustálé vzdělávání konstruktérů a podporu především první fáze vývoje, kdy se rodí konstrukční návrhy jak zadaný úkol vyřešit.



Obr. 18 Drátový model frézovací hlavy [Fermat CZ, s.r.o.].



Obr. 19 Objemový model frézovací hlavy [Fermat CZ, s.r.o.].

4.4 ZABEZPEČENÍ JAKOSTI (KVALITY) KONSTRUKČNÍHO PROCESU

Kvalitu je třeba chápat v širším pojetí než plnění jakostních znaků stanovených technickými či jinými normami. V konstrukci OS jde hlavně o kvalitu jako stupeň plnění požadavků zákazníka. Proto se uvádí vedle pojmu technická kvalita pojem relativní kvalita. Porovnání tohoto dvojího pojetí kvality je zobrazeno Tab. 1 [28].

Z uvedeného přehledu je zřejmé, že v relativní kvalitě se odráží stupeň plnění technické specifikace [28]:

- Přizpůsobení produktu zákazníkovi.
- Rozhodnutí o přednosti či výhodách oproti konkurenci.

Zatímco kvalitu v užším slova smyslu hodnotíme počty reklamací a zmetků, četností garančních oprav, náklady na opravy a náklady na odstraňování zmetků, pak relativní kvalitu hodnotíme celým aparátem, který poskytuje podniku výzkum trhu [28].

V průběhu konstrukce, nejen OS, je možné využít některé metody, které si kladou za cíl zvýšit nejen technickou, ale i relativní kvalitu.

Mezi metody, které dovedou zvýšit relativní kvalitu, řadíme metodu QFD. Naopak pro zvýšení technické kvality je možné aplikovat metodu FMEA.

	Technická kvalita	Relativní kvalita
Cílový ukazatel	Stupeň plnění technické specifikace výrobku	Stupeň plnění potřeby zákazníka
Předmět	Výrobek jako výstup z výrobního procesu	Komplexní výkon sestávající z: výrobku dalších faktorů užitečnosti vedlejších výkonů pro zákazníka
Posuzování	Objektivní: technické parametry měření atd. rozlišení dobré / špatné	Subjektivní: ve vztahu ke konkurenci podle zákazníka rozlišení lépe / hůře
Řídící veličiny	Výkon tvorby	Prosperita firmy a konkurenční pozice
Ovlivnitelnost / tvorba	Zásahy do: vstupů výrobního postupu práce pracovníků	Stanovení strategie: trhu výrobku
Časový horizont tvorby	Krátký až střednědobý	Střední až dlouhodobý

Tab. 1 Technická versus relativní kvalita [28].

4.4.1 Quality function development (QFD)

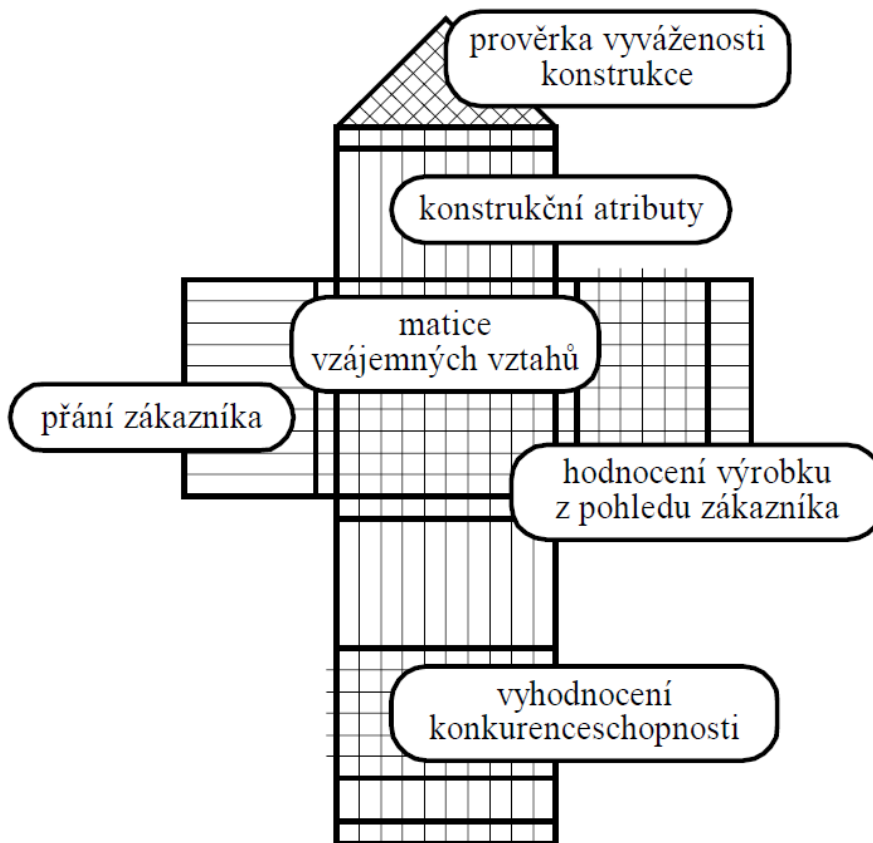
QFD je metoda pro systematické plánování výrobku a kvality. Vychází zcela důsledně z požadavků zákazníků, odvozuje z nich požadavky formou povinností (stanovení specifikace a technických atributů), které jsou závazné pro všechna oddělení podniku. To znamená, že činnosti všech oddělení (vývoj výrobku, plánování výroby, plánování kvality, výroba a prodej) musí přispívat ke splnění požadavků zákazníků tak, aby vznikly dobře prodejné výrobky [2].

QFD byla vyvinuta v polovině 60. let v Japonsku. Japonské firmy, jako Mitsubishi a Toyota, používají QFD od počátku 70. let. V USA se tato metoda rozšiřuje od roku 1980 z American Supplier Institut (ASI) [2].

Obecné schéma jakostního domu je zobrazeno na Obr. 20.

Metoda QFD spočívá ve vyvíjení strategie, kterou se dopracujeme k vytyčeným cílům, tj. [2]:

- Optimalizovat prospěch zákazníků.
- Získat spokojené zákazníky.
- Zlepšit relativní konkurenční postavení.
- Získávání podílů na trhu.



Obr. 20 Jakostní dům - systematika pro QFD [2].

4.4.2 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Metoda FMEA (analýza možných chyb a jejich důsledků) patří k metodám preventivního zabezpečování jakosti. Jejím úkolem je poznat a analyzovat již v časném stadiu procesu vývoje a výroby, tedy s co možná minimálními náklady, všechny podstatné chyby, jejich příčiny a důsledky [2]. To umožňuje následně včasné zvyšování jakosti. Pro úspěšné provedení FMEA je nutný metodický, důkladně promyšlený, a strukturovaný způsob práce. Naplánování FMEA už na začátku projektu je důležité zejména proto, aby mohl být výrobek vhodný pro zákazníka vyvinut v plánované době [2]. Obecný FMEA formulář je zobrazen na Obr. 21.

FMEA formulář		odpovědné oddělení: příslušné oddělení: příslušný dodavatel:				Název součásti: Číslo součásti: Modelový rok / typ / termín uvolnění: datum: str.:								
		Vyhotořil: dne: Přepřacoval: dne: Schválil:												
atribut způsob výroby	potencionální chyba	potencionální následek chyby	D	potencionální příčina chyby	SOUČASNÝ STAV					ZLEPŠENÝ STAV				
					preventivní opatření	kontrolní opatření	P	V	O	RPČ	doporučená havarijní opatření	odpovědný pracovník	termín	vhodná preventivní opatření
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: yellow;"> <p style="text-align: center;">Analýza chyb</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; background-color: white;">Chyba</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; background-color: white;">Následek</div> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 10px; padding: 5px; background-color: white;">Příčina</div> </div> </div>					<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: yellow; border-radius: 15px;"> <p style="text-align: center;">Hodnocení chyb</p> </div>					<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; background-color: yellow; border-radius: 15px;"> <p style="text-align: center;">Optimalizace návrhu</p> </div>				

Obr. 21 FMEA formulář [2].

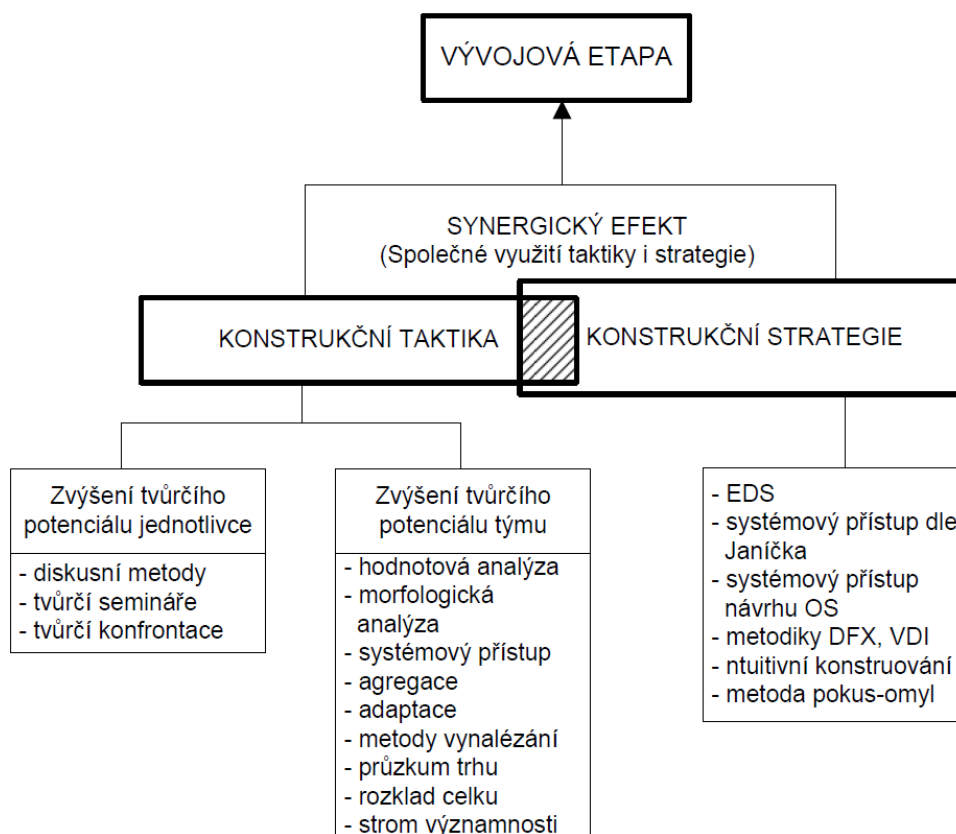
Cíle metody FMEA jsou [2]:

- Včasné rozpoznání kritických komponent a slabých míst, zejména u inovovaných výrobků.
- Správný odhad rizika, který velkou mírou závisí na zkušenostech v závodu.
- Minimalizace rizika vhodnými opatřeními.
- Zvýšení srozumitelnosti struktury výrobku (transparentnost výrobku).
- Definování odpovědnosti za zlepšovací popř. havarijní opatření.
- Snížení doby vývoje a úkolů vývoje (menší brzdění vývoje).
- Optimalizování strategie výroby.

5 ZÁKLADNÍ PŘÍSTUPY KE KONSTRUOVÁNÍ

Není vůbec jednoduché popsat duševně i technicky náročnou činnost, která je nazývána konstruování. Konstruktor musí jednoznačně popsat, tj. konkretizovat a „zviditelnit“ své abstraktní představy, které vymýšlí a představuje si o budoucím výrobku, který musí mít požadované funkce a parametry a přitom splnit i nespočet dalších stanovených, předepsaných i obecně předpokládaných požadavků. Je to tedy z počátku velmi abstraktní a neurčitý myšlený objekt, který je potřeba přenést do finální formy montážních a výrobních výkresů, podle nichž lze všechny součásti výrobku vyrobit, příp. nakoupit a smontovat [12].

Pokud bychom zadali zkonstruovat jednoduché zařízení několika různým konstruktérům, došli by zřejmě všichni k podobnému výsledku, ale s největší pravděpodobností každý jinou cestou. Každý konstruktér má svůj vlastní postup práce, který pak aplikuje na řešenou problematiku [9]. V průběhu vývoje OS lze využít několik konstrukčních taktik a strategií. Taktiky jsou spíše dílčí metody řešení daného problému a bývají využívány i v konstrukčních strategiích. Rozpis konstrukčních taktik i strategií je zobrazen na Obr. 22.



Obr. 22 Schéma konstrukčních taktik a strategií použitelných v průběhu Vývojové etapy.

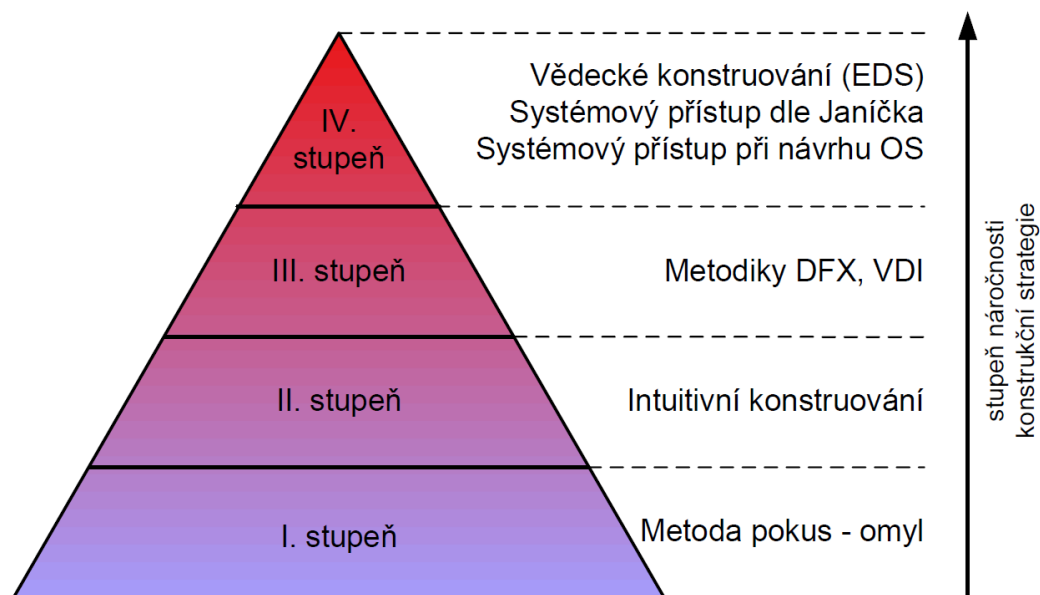
Z důvodu rozdílných pracovních postupů a osobních rysů každého konstruktéra není jednoduché definovat základní přístupy ke konstruování. Ve většině případů ale konstruktéři pracují podle několika následujících přístupů (strategií):

- Metoda pokus – omyl.
- Intuitivní konstruování.
- Metodiky DFX, VDI.
- Vědecké konstruování (EDS).
- Systémový přístup dle Janíčka.
- Systémový přístup při návrhu obráběcího stroje (SEoMTD).

Konstrukční strategie v oblasti OS je postupný plán činností, jejichž hlavním cílem je zejména teoretická podpora Vývojové etapy v životním cyklu OS a zabezpečení splnění všech požadavků na OS a Vývojovou etapu.

Zvolená strategie konstruování většinou závisí na složitosti zadaného konstrukčního problému. V průběhu konstrukce jednoduchých částí OS (např. krytování, nebo volba energonosičů) je možné postupovat intuitivně na základě starších již osvědčených řešení. Naopak při řešení koncepce celého OS, nebo jeho částí je vhodné využít některou ze sofistikovaných konstrukčních strategií (např. EDS, SEoMTD, apod.).

Na Obr. 23 je graficky vyjádřen stupeň náročnosti jednotlivých konstrukčních strategií.



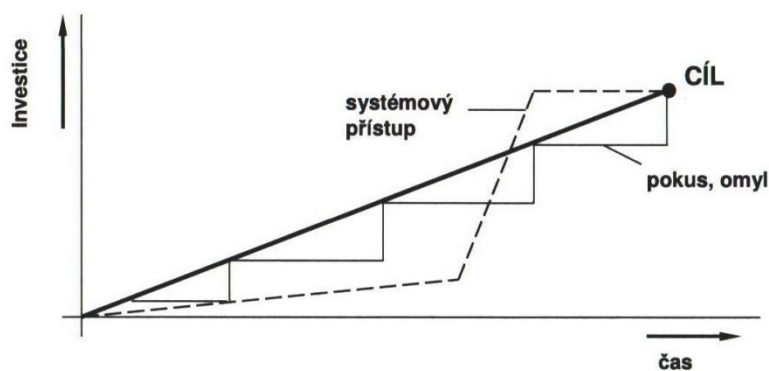
Obr. 23 Grafické zobrazení náročnosti jednotlivých přístupů ke konstruování.

5.1 METODA POKUS-OMYL

Jedná se o metodu, která je stará asi jako lidstvo samo. Již z názvu je zřejmé, že funguje na principu pokusů a následných úspěchů, nebo neúspěchů [9].

Tato metoda je z hlediska myšlenkové náročnosti nejjednodušší metodou konstruování. Spočívá v tom, že bez jakýchkoliv přílišných metodických rozborů je realizováno řešení dané problematiky [21].

Často vede k cíli, ale může být příliš zdlouhavá, neefektivní a tím i finančně náročná. Rozdíl mezi Metodou pokus-omyl a Systémovou metodou z hlediska časové náročnosti a investic je zobrazen na Obr. 24.



Obr. 24 Časový průběh Metody pokus-omyl [22].

5.2 INTUITIVNÍ METODA

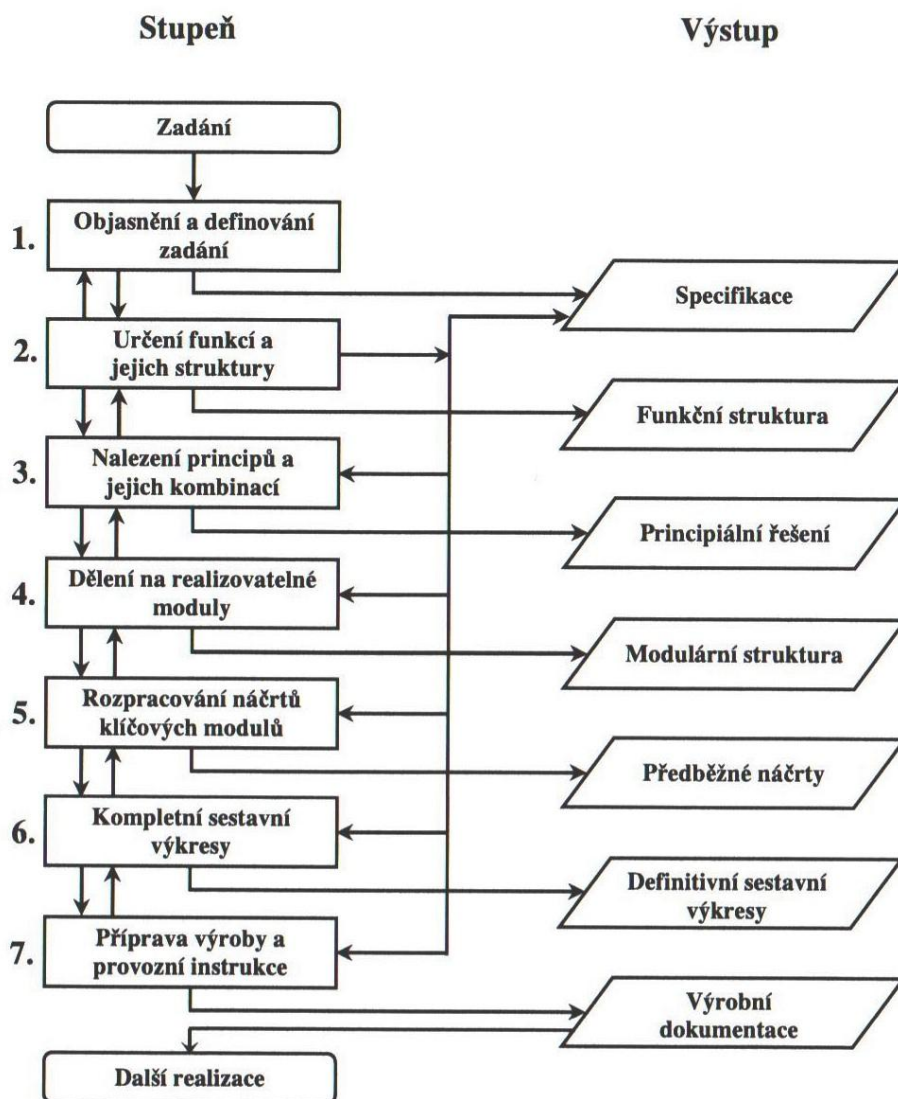
Intuitivní metoda je založena na dosažených vědomostech a zkušenostech konstruktéra. Jedná se v současnosti o nejpoužívanější přístup ke konstruování. Je to přirozený intuitivní postup, kde konstruktér své myšlenky a nápady transformuje do podoby, která umožní výrobu a funkčnost konstruovaného zařízení. Tuto metodu je vhodné použít v případech, kdy je řešeno dříve popsané, nebo podobné konstrukční zadání [9].

5.3 METODIKY A VDI STANDARDY

Tyto metodiky bývají někdy nazývány jako procedurální přístup ke konstruování. Konstruování podle těchto standardů je populární spíše v zahraničí (Německo). Jedná se o postupné konstruování podle předem připravených směrnic, norem a algoritmů.

Sdružení německých inženýrů (VDI) vydalo směrnici VDI 2221 – Systémový přístup ke konstrukci technických systémů a produktů. Tato směrnice dává doporučení, jak rozdělit konstrukční proces do několika transparentních

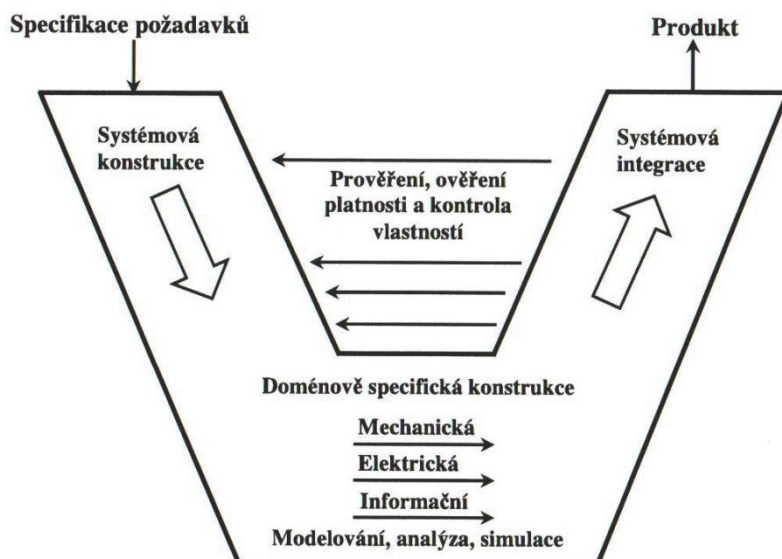
a racionálních pracovních kroků, které nezávisí na typu produktu z jednotlivých průmyslových odvětví. Strukturu tohoto obecného přístupu ukazuje Obr. 25. Přístup je založen na sedmi krocích a každý z nich má částečný výstup. Směrnice také ukazuje systematickou proceduru od první analýzy a poznávání problému přes dekompozici na dílčí podproblémy a jejich řešení až po celkové řešení [22].



Obr. 25 Konstrukční proces dle VDI 2221.

Stejně sdružení německých inženýrů zveřejnilo směrnici pro mechatronické systémy VDI 2206 (2004), obsahující tzv. „V model“ vývoje konstruování (Obr. 26) [22].

Mezi tyto metodiky lze také zařadit Design for „X“ (volně přeloženo Návrh pro „něco“). Tato metodika vede konstruktéra k vývoji např. levného, nebo snadno smontovatelného zařízení (Design for Cost, Design for Assembly, apod.).



Obr. 26 "V model" konstruování dle VDI 2006.

5.4 VĚDECKÉ KONSTRUOVÁNÍ (HUBKA, HOSNEDL)

Vědecké konstruování je český ekvivalent častěji používanému anglickému výrazu Engineering Design Science (EDS). Jedná se o racionální (teoreticky podložený) způsob konstruování, který se od 40. let 20. století postupně vyvinul v samostatný vědní obor.

Jedná se o teoreticky podložený přístup ke konstrukci technických soustav. Řešení je hledáno systémově s podporou „mapy“ EDS, avšak s optimálním využitím procedurálních, intuitivních i zkusmých řešení dílčích problémů. Tato metoda je vhodná pro řešení projektu jako celku, potřebujeme-li více variant, nová řešení a je-li dost času [13].

5.4.1 Teorie technického systému

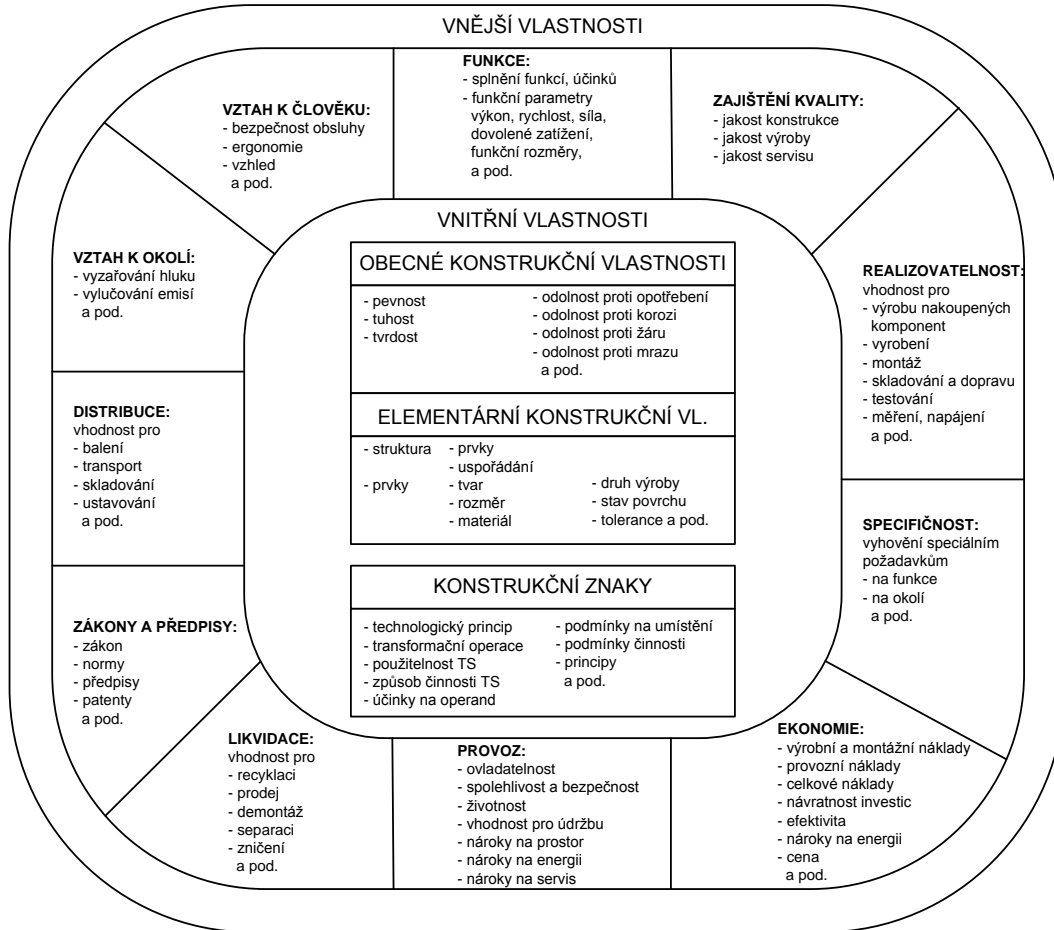
EDS přistupuje ke každému technickému objektu jako k technickému systému (TS). TS je jakékoli uměle vytvořené technické dílo, např.: pračka, automobil, zvedák atd., jehož hlavním úkolem je konat určitou transformaci [9].

TS jsou primárně určeny k usnadnění zejména rutinní a fyzické práce člověka. Jejich postupný vývoj vycházel z momentálních potřeb a schopností člověka. Teorie systémů se zabývá popisem vlastností, vnitřními i vnějšími vztahy a životním cyklem TS.

Umět dobře specifikovat a charakterizovat všechny vlastnosti TS je nutnou podmínkou úspěšného zvládnutí následné konstrukce TS. Podrobný rozbor všech vlastností TS by měl tedy předcházet každému konstrukčnímu procesu [14].

Vlastnosti TS se dělí na [14]:

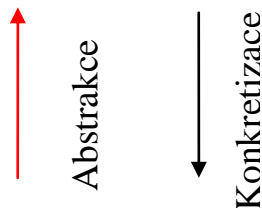
- Vnější (charakterizují vnější reakce na TS).
- Vnitřní (charakterizují a popisují strukturu TS a její vnitřní reakce na působící účinky).



Obr. 27 Principy závislosti mezi vlastnostmi (hodnotami charakteristik příslušných vlastností) technických produktů/systémů (TS) [14].

Rozdělení TS je pro konstruktéra nejlepší podle stupně konkretizace jeho vnitřní struktury [14]:

- Černá skříňka.
- Funkční struktura.
- Orgánová struktura.
- Stavební struktura.



Černá skříňka je způsob zobrazení struktury TS, který se používá zejména v počátcích vývoje TS, kde jsou zobrazeny pouze vstupní a výstupní veličiny a požadované vlastnosti TS. Jedná se o nejméně konkrétní strukturu.

Funkční struktura popisuje vnitřní uspořádání a úkoly TS pomocí diagramů a funkcí znázorňujících, na rozdíl od černé skříňky, všechny úkoly a závislosti uvnitř i vně TS. Je zde zobrazen celý transformační proces, který má TS úspěšně vykonávat.

Orgánová struktura zobrazuje TS jako soustavu mnoha na sebe navazujících orgánů, jejichž funkční principy umožňují vykonávat předem dané úkoly TS.

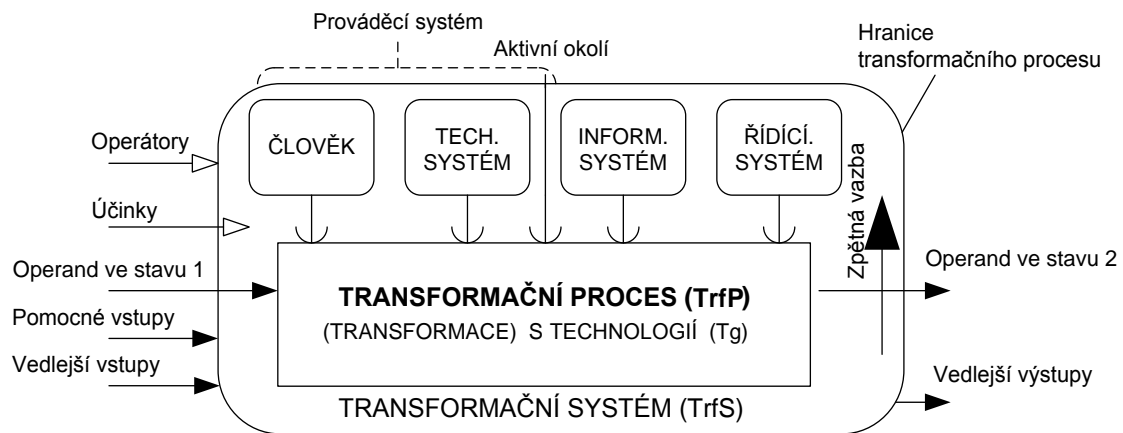
Stavební struktura znázorňuje TS v jeho budoucí reálné podobě. Podle této struktury by mělo být následně možné požadovaný TS vyrobit, smontovat a používat.

5.4.2 Transformační proces

Cílem transformace je změna stavu nějakého objektu ze stavu dostupného na stav požadovaný. Transformace mohou být přírodní nebo umělé. Přírodní transformační procesy jsou náhodné, pomalé a neřízené. Lidé se proto odnedávna snaží při uspokojování svých potřeb nahrazovat přírodní transformační procesy umělými transformačními procesy [14].

Umělé transformační procesy jsou vykonávány TS, jejichž cílem je přeměna vstupních veličin (operand ve stavu 1) na veličiny výstupní (operand ve stavu 2) za pomoci určité technologie. Transformovány mohou být materiály, informace, energie, živé bytosti anebo jejich kombinace. V průběhu transformace působí na transformované veličiny řada vlivů (operátory).

Tyto vlivy mohou být charakteru lidského, technického, informačního, řídicího, nebo ve formě aktivního okolí. Na výstupu z transformačního procesu jsou potom veličiny výstupní, které vznikly působením operátorů v průběhu transformace. Výstupní veličiny mohou být opět materiály, informace, energie, živé bytosti anebo jejich kombinace. Obecné schéma transformačního procesu je zobrazeno na Obr. 28.



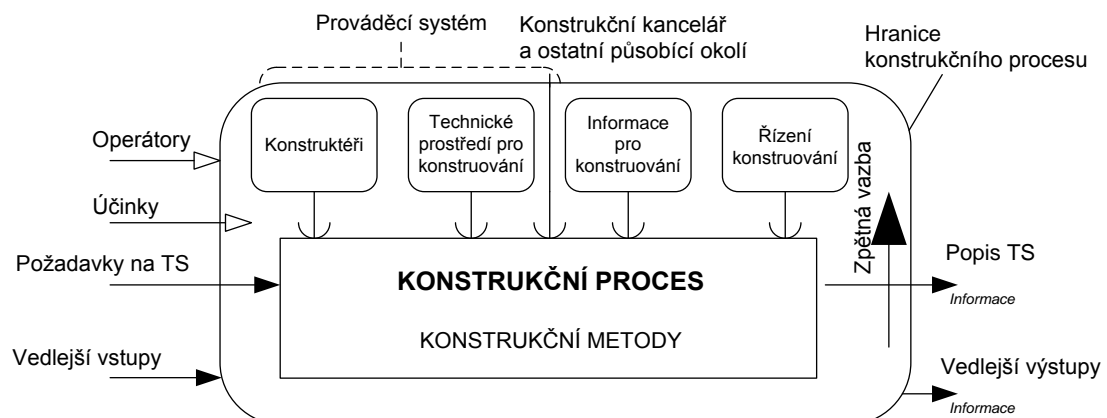
Obr. 28 Schéma umělého transformačního systému s transformačním procesem [10].

5.4.3 Konstrukční proces z hlediska Engineering Design Science

EDS se i na konstrukční proces dívá jako na proces transformace, na jehož vstupu jsou požadavky na konstruovaný TS a na výstupu potřebné informace vedoucí k výrobě TS. Jedná se tedy o proces, kde je hlavním operandem informace.

Hlavním operátorem, který s informacemi v průběhu konstrukčního procesu pracuje je člověk (konstruktér), který při své práci využívá různých technických prostředků a informací, přičemž nejčastěji bývá řízen nadřízeným pracovníkem, nebo zadavatelem úkolu.

V průběhu konstrukčního procesu je konstruktér vystaven mnoha vlivům, např.: okolní vlivy, pracovní podmínky, místo, čas atd. Tyto vlivy mohou mít kladný i záporný dopad na průběh konstrukčního procesu, proto je třeba s nimi počítat. Použijeme-li pro analýzu konstrukčního procesu schéma transformačního procesu, můžeme některé negativní vlivy potlačit a naopak pozitivní vlivy využít. Obecné schéma konstrukčního systému ve tvaru transformačního procesu je zobrazeno na Obr. 29.



Obr. 29 Konstrukční proces ve tvaru transformačního procesu [10].

Ke snížení času potřebného pro konstrukci TS je nutné zvýšit produktivitu konstrukčního týmu. Jednou z možností jak zvýšit efektivitu konstrukčního procesu je využití některých konstrukčních strategií a taktik. Tyto strategie slouží k postupnému nalezení optimálního řešení.

Mezi nejčastěji používané konstrukční strategie patří směrnice VDI 222, nebo BS 7000. V těchto případech se jedná o procedurální způsob konstruování, který probíhá podle předem připravených směrnic, norem a algoritmů. V rámci EDS byl vyvinut „Obecný model postupu konstruování“ (OMPK) [Hubka & Eder], který spadá do vědeckého konstruování, jehož výhodou je transparentnost, flexibilita, otevřenost a kompatibilita konstrukčního procesu [7].

Taktické metody slouží spíše k podpoře řešení dílčích konstrukčních problémů. Mezi nejčastěji používané patří metody bodovací, brainstorming, morfologická matice, metoda 6-3-5 atd.

Další, dnes již hojně využívanou podporou konstrukčního procesu, je počítačová podpora konstruování. Počítače a počítačové programy patří mezi technické prostředky pro konstruování. Usnadňují rutinní a opakovanou práci, složité výpočtové problémy a výrazně posouvají vpřed zobrazovací a informativní schopnosti současného konstrukčního procesu.

5.4.4 Systémový způsob konstruování dle EDS

Cílem systémového konstruování je racionalizace konstrukčního procesu. K dosažení cílevědomého postupu konstruování dochází využitím [13]:

- **Metodik** tj. návazností i obsahu jednotlivých dílčích transformací (operací), vedoucích k požadované přeměně operandu (zpracovávaných informací) od výchozího stavu ke stavu požadovanému.
- **Systémem podložených poznatků** (teoretických i praktických, avšak v souladu s teorií uspořádaných).

Cílem EDS je úprava konstrukčního procesu do podoby racionální, flexibilní a sdělitelné.

EDS dělí konstrukční proces do čtyř základních etap [13]:

- Zpřesnění úkolu** následuje jako první krok po zadání řešeného problému. Cílem je úplné vyjasnění a doplnění všech požadavků na konstruovaný TS. Výstupem bývá většinou rozsáhlý požadavkový list, při jehož tvorbě může být využito analýz současného stavu techniky, požadavků trhu, normativní požadavky apod.
- Hledání řešení daného problému** je hlavní a nejobtížnější etapou v celém konstrukčním procesu. Cílem je navržení nejlepší možné struktury TS, tak aby splňovala všechny požadavky stanovené a upřesněné v předcházející fázi. Pro

snazší nalezení optimálního řešení lze využít některé strategické a taktické metody zmiňované výše.

- C. **Hodnocení řešení** slouží k výběru té nejlepší varianty z navržených konstrukčních řešení. Jednotlivé varianty jsou hodnoceny podle několika vhodně zvolených kritérií. Tento krok by měl předcházet konečnému rozpracování vybraného řešení. K hodnocení několika variant je možné využít jednoduché bodovací nebo složitější výpočtové metody.
- D. **Sdělování řešení** je poslední etapou v konstrukci každého TS. Presentace dosažených výsledků je velmi důležitá, proto i tento krok by neměl být podceňován. V současné době je možné využít velkého množství podpůrných počítačových programů, které vizualizaci dosažených výsledků značně usnadňují. Součástí této etapy by měla být také důsledná archivace všech hmotných i digitálních dokumentů.

Tyto čtyři etapy na sebe navzájem navazují a jsou neustále podporovány operacemi:

- E. **Vyhledávání a zpracování informací** je automatická činnost, kterou konstruktér provádí v průběhu celého konstrukčního procesu. Aby navrhovaný TS byl v souladu s nejnovějšími trendy a normativními nařízeními je nutné, aby měl konstruktér přístup k nejnovějším informacím z oblastí týkajících se konstruovaného TS, a také k příslušným normám, nařízením, směrnicím a patentům.
- F. **Zobrazování** je další průběžná činnost, při které dochází k vizuálním ukázkám konstruovaného TS. Potřeba zobrazení současného stádia TS může nastat při kontrolních prezentacích dosažených výsledků, nebo při konzultaci řešeného problému.
- G. **Kontroly** jsou nezbytnou součástí každé lidské činnosti. Každý člověk dělá chyby, proto je nutné těmto chybám předcházet. Ke včasnému nalezení možných chyb lze využít například metody řízení a zabezpečování jakosti Quality Function Development (QFD), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) a Fault Tree Analysis (FTA). Jedním ze způsobů jak vyjádřit jakost konstrukčního procesu je právě záznam množství chyb vyskytujících se v průběhu konstrukce.

OMPK je rozdělen do následujících šesti fází [13]:

- I. **Vyjasnění a rozpoznávání požadavků na vlastnosti TS.** V této první fázi dochází k úplnému stanovení všech požadavků kladených na konstruovaný TS, vytvoření požadavkového listu, stanovení priorit jednotlivých vlastností a vypracování časového plánu.

- II. **Návrh funkční struktury TS.** Pomocí funkčních bloků a účinků se sestaví vnitřní struktura TS, která zobrazuje všechny úkoly a závislosti uvnitř i vně TS.
- III. **Návrh orgánové struktury TS.** Vnitřní struktura TS je zobrazena pomocí mnoha funkčních orgánů, jejichž funkční principy umožňují vykonávat předem dané úkoly TS. V této fázi návrhu orgánové struktury TS je možné např. pomocí morfologické matice sestavit velký počet konstrukčních variant TS. Tyto varianty jsou poté porovnávány a nakonec je vybrána ta nejlepší navržená varianta, která nejlépe splňuje stanovené požadavky jak technické, tak ekonomické.
- IV. **Návrh hrubé stavební struktury TS.** Stavební struktura je zobrazena v „hrubém“ tvaru, který již obsahuje všechny funkční detaily, použité materiály a způsoby výroby jednotlivých součástí.
- V. **Návrh úplné stavební struktury TS.** Stavební struktura je zobrazena ve formě sestavy v reálných rozměrech a tvarech.
- VI. **Detailování a popis úplné stavební struktury TS.** V této poslední fázi je požadovaný TS rozkreslen do výrobních výkresů, podsestav a kusovníků. Dokumentace k TS by měla také obsahovat návod na obsluhu, montáž, údržbu, apod.

Průběh celého OMPK je zobrazen na Obr. 30 ve formě vývojového diagramu OMPK technického systému.

EDS je moderní konstrukční metoda, která si klade za cíl usnadnit práci konstruktéra, maximálně využít všech jeho dosavadních znalostí a uspořádat konstrukční proces do několika srozumitelných a dostatečně transparentních kroků. Tyto kroky jsou prováděny podle předem připravené „mapy“ konstruování.

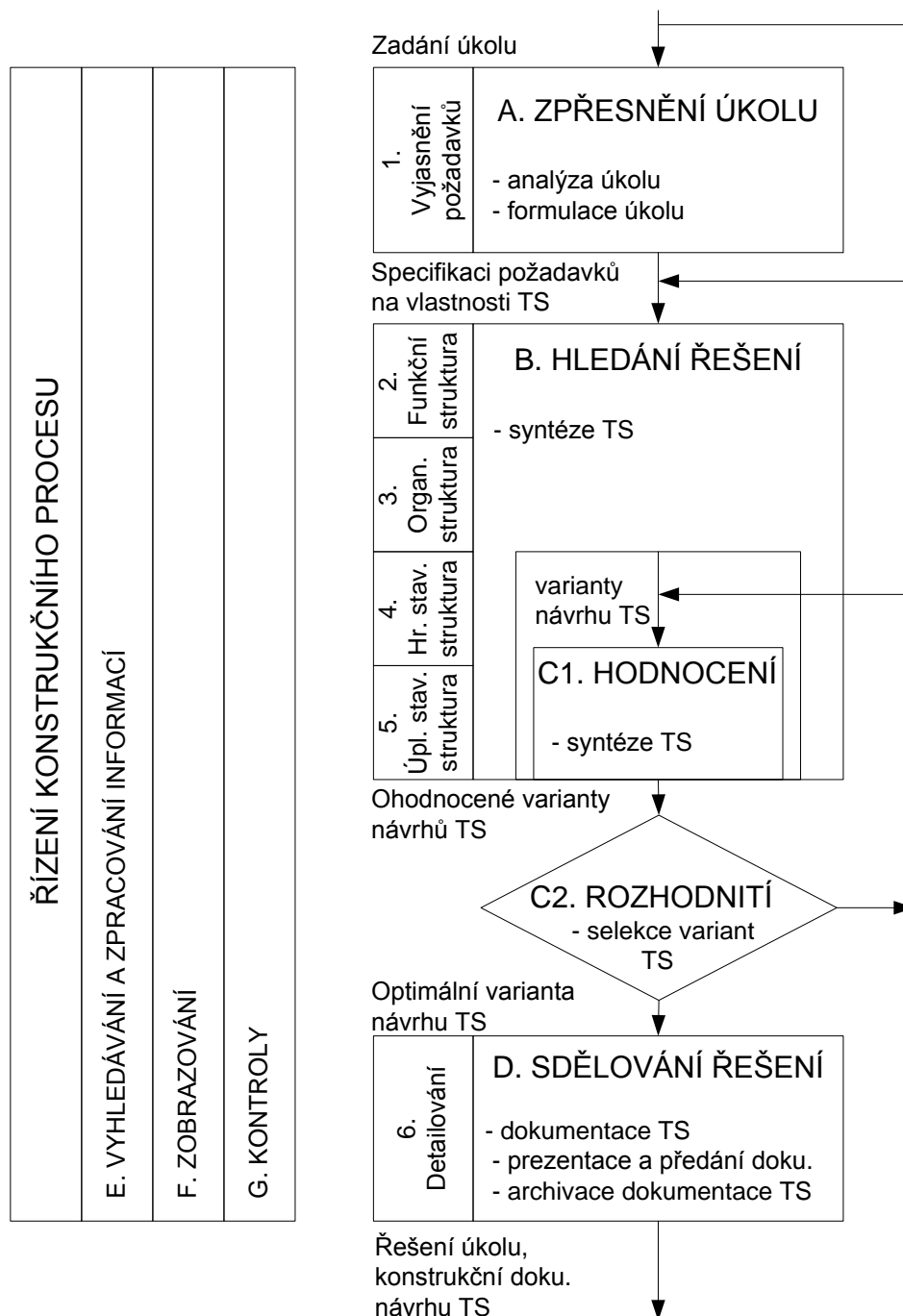
Tato „mapa“ slouží k usměrňování „kroků“ konstruktéra a je nutné ji předem připravit. Je specifická pro každý druh technického systému (pračka, dům, soustruh, atd.) a je vhodné při sestavování těchto konstrukčních postupů vycházet z Obecného modelu konstruování navrženého prof. Hubkou.

Obecný model postupu konstruování je racionální a metodický konstrukční vzor, který je aplikován na konstrukční proces počínaje zadáním úkolu a konče vypracováním úplné konstrukční dokumentace stavební struktury TS a dalších informací pro všechny etapy jeho životního cyklu [13].

Obecný model postupu konstruování:

- Vychází z analýzy konstrukčního procesu (co ovlivňuje výsledek, jaké existují modifikace postupu, jaké metody řešení existují).
- Rozčleňuje jej na přehledné fáze a kroky.

- Stanovuje jejich optimální posloupnost včetně vhodných (taktických) metod a principů tak, aby spolehlivě, s minimálními náklady a v co nejkratším čase vedl k dosažení stanoveného cíle [13].



Obr. 30 Průběh celého OMPK ve formě vývojového diagramu [13].

5.5 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP DLE JANÍČKA [15]

Systémový přístup je jedním z možných přístupů člověka k realizaci nejrůznějších činností, zejména těch, které jsou spojeny s různými druhy analýz objektů a procesů, které na nich probíhají, s poznávacími procesy, s řešením běžných i odborných problémů, ale i s činnostmi typu myšlení či jednání. Je to nástroj vědeckého i praktického poznání, přispívající k efektivní realizaci poznávacích procesů a tím i k řešení problémových situací na strukturně a procesně složitých entitách, nezávisle na jejich oborových podstatách.

Pro nesystémový přístup je charakteristické, že myšlenkový postup subjektu při činnostech je volný, bez pravidel, subjektivní a často živelný. Důsledkem bývá nižší úroveň řešení problémů a jednání a často vede k chaosu. Mnozí lidé, aniž o tom vědí, mají systémovou metodologii ve svém podvědomí a „nevědomky“ ji aplikují.

Systémový přístup má tedy nadoborový charakter a je mocným nástrojem lidského myšlení a konání.

Z filozofického hlediska lze Systémový přístup definovat jako zobecněná tvůrčí metodologie myšlení a konání, aplikovatelná na reálné nebo abstraktní systémové objekty, resp. subjekty. Metodologie je představována posloupností uvědomělých, popsatelných, případně i formalizovaných činností, respektujících systémové atributy.

Atributy systémového přístupu lze definovat takto:

- Atribut A0 Systémový přístup je zobecněnou metodologií vědeckého a praktického poznání
- Atribut A1 Významové a obsahově správné vymezení pojmů ve všech činnostech člověka
- Atribut A2 Vymezení entity, správný popis s ní související problémové situace a formulace problému
- Atribut A3 K entitám je žádoucí přistupovat strukturovaně
- Atribut A4 Entity jsou posuzovány účelově, zásadní je posuzování podstatnosti
- Atribut A5 Entity jsou považovány za otevřené
- Atribut A6 Sleduje se cílové chování entit, jako projev jejich stavu
- Atribut A7 Entity jsou posuzovány komplexně
- Atribut A8 Entity jsou posuzovány hierarchicky
- Atribut A9 Entity jsou z různých hledisek posuzovány orientovaně
- Atribut A10 Entity jsou zkoumány v závislosti na čase, tedy z pohledu teorie systému „dynamicky“
- Atribut A11 Veškeré činnosti s entitami realizovat s ohledem na determinističnost

- Atribut A12 V entitách uvažovat možný výskyt deterministického chaosu a synergických procesu
- Atribut A13 Veškeré činnosti realizovat s využitím poznatku současné vědy a techniky
- Atribut A14 Ve všech činnostech s entitami je žádoucí zajišťovat úrovnovou vyváženost
- Atribut A15 Vytváří se podmínky pro tvorbu „algoritmu činností“
- Atribut A16 Zdůrazňuje se nenahraditelnost člověka při řešení nestandardních situací.
- Atribut A17 Proces řešení problému musí být zakončen analýzou dosažených výsledků řešení
- Atribut A18 Řešitel problému je zodpovědný za věrohodnost předávaných výsledků řešení
- Atribut A19 Dodržovat etické normy obecné, osobnostní, společenské a geo-ekologické.
- Atribut A20 Řešitel by měl mít zájem o způsob implementace výsledků řešení problému

5.5.1 Systémové postupy a metody při řešení problémů

Systémový postup je zobecněný algoritmus pro řešení problémů, respektující systémový přístup, vyžadující systémové myšlení a využívající systémové metody.

5.5.2 Zobecněný systémový postup při řešení poznávacích problémů

Jako příklad je uveden systémový postup při řešení problémů v rámci poznávacích procesů. Strukturu systémového postupu lze pro tento případ členit na tyto tři hlavní etapy:

I. Přípravná etapa:

- Vymezení problémové situace, její analýza a cíle řešení.
- Analýza objektu (soustavy), na níž se řeší problém.
- Formulace problému a cílů jeho řešení.
- Komplexní analýza problému - jedná se o tyto dílčí analýzy: typu problému (přímý, nepřímý), souboru omezení při řešení, vymezení hranic problému, stupně naléhavosti jeho řešení, stupně ostrosti problému, využití informačních a znalostních databází, možností kooperací, možností verifikace správnosti řešení problému, případně další specifické analýzy.
- Realizace rešeršních studií. Metaanalýza je statistický přístup ke zpracování studií, shrnujících doposud získané poznatky z konkrétního poznávacího procesu.

II. Realizační etapa:

- Vytvoření systému relevantních entit nebo veličin na objektu.
- Multikriteriální výběr efektivní metody řešení problému: metody systémové analýzy a syntézy, modelování, statistické metody.
- Zajištění vstupních údajů do algoritmů metod řešení.
- Zajištění SW a HW prostředků pro vybranou metodu řešení.
- Realizace algoritmů metody řešení problému – vlastní proces řešení problému.
- Prezentace výsledků řešení problému.
- Analýza výsledků řešení problému.
- Verifikace věrohodnosti (pravdivost, přesnost, úplnost) výsledků řešení problému.
- Analýza splnění cílů řešení problému.
- Závěrečné hodnocení výsledků řešení problému – náměty na řešení nových problémů.

III. Aplikační etapa:

- Interpretace výsledků řešení problému z jazyka jeho řešitele do jazyka jeho zadavatele a uživatele.
- Komunikační zajištění sdělení výsledků řešení zadavateli a uživateli problému.
- Spoluúčast řešitele problému na implementaci výsledků jeho řešení.
- Pokud je to možné, získávání poznatků z implementace řešení a jejich zpětný přenos k řešiteli.

5.5.3 Systémový přístup při řešení problémů v technických soustavách

Technické soustavy jsou označovány jako „tvrdé soustavy“, což souvisí s tím, že na rozdíl od společenských soustav, kterým se říká „měkké soustavy“. U technických soustav jsou téměř deterministicky formulovány problémy, je k dispozici velké množství experimentálních a výpočtových metod na jejich řešení a realizují se v kvantifikované formě.

Technické soustavy jsou charakterizované tím, že jejich struktura je tvořena prvky a vazbami etnického charakteru. Mohou mít různou strukturní složitost od technických komplexů (energetických, dopravních, komunikačních apod.), tvořených různými technickými objekty charakteru strojírenského, metalurgického, elektrotechnického a stavebního, až po technické dílce, vzniklé spojením dvou, nebo více součástí. Za technickou soustavu není považována součást, která je vymezena jako nedělitelný funkční prvek zhotovený bez montážní operace.

Při řešení problémů v technických soustavách lze využít několik druhů podpůrných metod zobrazených na Obr. 31.

5.5.4 Metody logické

Logické metody jsou charakterizovány tím, že k vyřešení problému využívají principy logiky a logického myšlení. Patří k nim zejména trojice tzv. „párových metod“ a dále metoda pozorování a metoda analogie:

I. indukce – dedukce II. analýza - syntéza III. abstrakce - konkretizace

1. **Indukce** - je to proces přechodu od specifického (zvláštního) k obecnému, tedy proces zobecnování. Na základě pozorovaných ojedinělých jevů, posuzování dílčích výroků, analýz dílčích poznatků o vlastnostech, procesech či projevech objektů se vyvozují obecné závěry.
2. **Dedukce** - proces přechodu od obecného ke specifickému (opak indukce). Jinými slovy dedukce je myšlenková operace, která z jedné, nebo více premis (předpokladů) vyvozuje výrok, který je jejich logickým důsledkem. Je to tedy takový způsob myšlení, při němž se z obecnějších závěrů, tvrzení a soudů přechází k méně obecným.
3. **Analýza** - proces rozkládání celku na jeho prvky. Je to dekompozice struktury objektu na prvky a vazby mezi nimi, která se provádí za určitým cílem, např. pro účely dalšího zkoumání. Descartes aplikoval analýzu jako „rozdělení každého z problémů na tolik částí, kolik je možno a kolik je třeba, aby se problém lépe rozřešil.“
4. **Syntéza** - proces vytváření strukturovaných objektů (reálných, abstraktních) z jednotlivých prvků tím, že se mezi nimi vytvářejí vazby. Lze též konstatovat, že je to intelektuální postup, který na základě zkušenosti, nebo logiky postupuje od nejjednodušších pojmů anebo výpovědí ke složitějším.

Analýza a syntéza se při řešení praktických i teoretických problémů vzájemně prolínají a doplňují. Proto je vhodnější používat pojem analyticko-syntetické metody.

5. **Abstrakce** - tento pojem lze chápat v těchto obsahových významech:
 - Slovem abstrakce se označuje myšlenková operace, při níž se ze strukturovaně chápané entity izoluje a zkoumá jeden její prvek nebo vazba, přičemž všechny ostatní se vyloučí, tj. abstrahuje se od nich. Např. při vytváření systému veličin se uvažují pouze ty veličiny, které jsou z hlediska problému podstatné.
 - Abstrakce se používá ve smyslu teoretického zevšeobecnění jako produkt abstrahování.

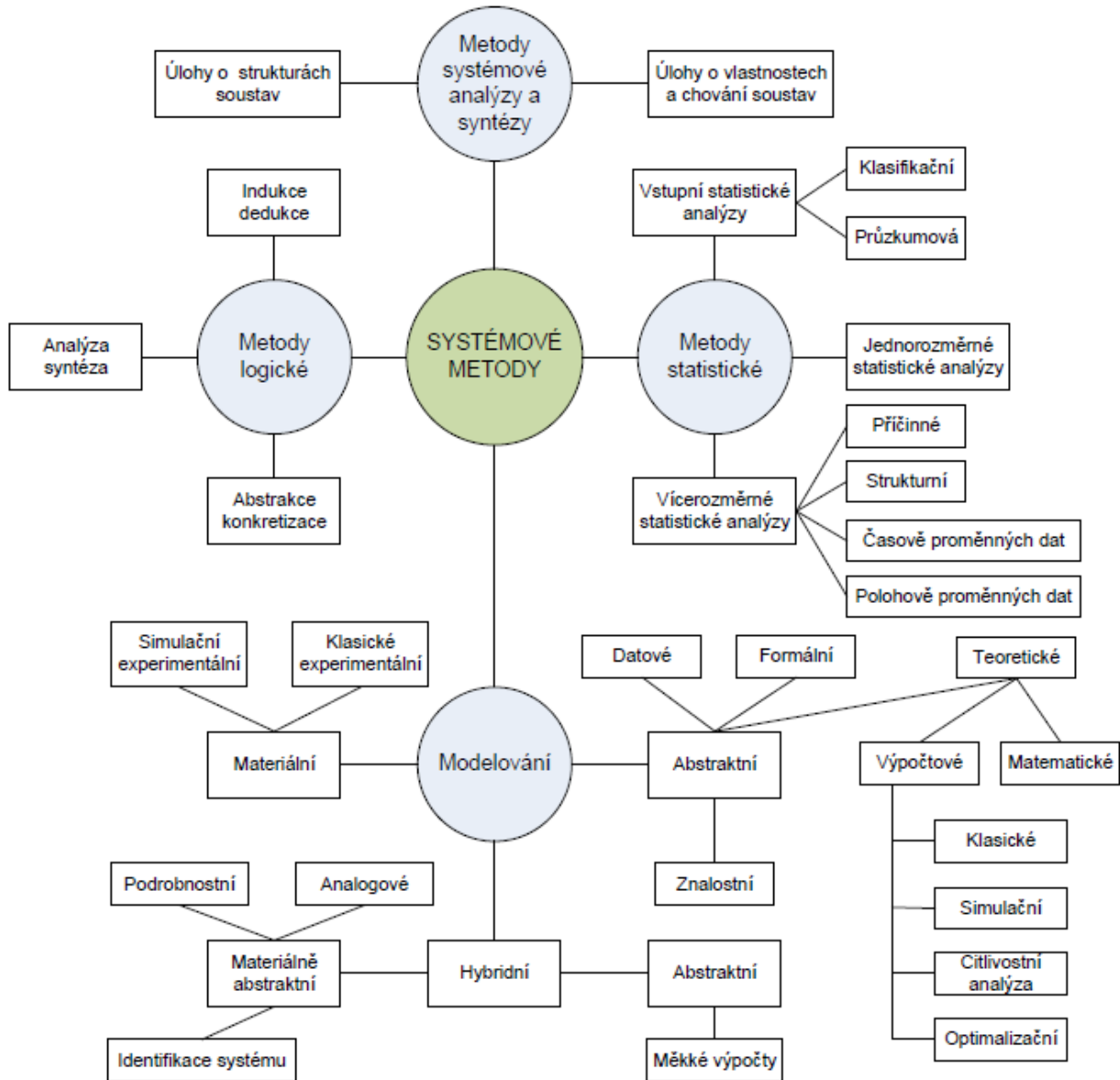
- Další význam spočívá v tom, že proces abstrakce je procesem vytváření nových pojmů.
- 6. **Konkretizace** - proces vyhledávání konkrétního prvku z určité třídy objektů. Proces konkretizace je charakteristický pro určování konkrétních vstupních údajů do algoritmů výpočtového modelování.
 - **Metoda pozorování** - pod touto metodou se rozumí plánovité, cílevědomé a systematické sledování konkrétních entit (objektů procesů, projevů atd.) a skutečností. V oboru techniky bývá pozorování součástí experimentálního modelování. V psychologii patří metoda pozorování k základním vědeckým přístupům.
 - **Metoda analogie** - je to vytváření analogií mezi různými procesy. Je na ní založeno analogové modelování - různé fyzikální procesy probíhající na strukturně a procesně různých objektech jsou popsány stejným matematickým operátorem. Hledání analogií mezi různými procesy je hnací silou poznávání.

5.5.5 Metody statistické

Statistické metody jsou založeny na teorii matematické statistiky a teorii pravděpodobnosti. V procesech řešení problémů se používají v těchto dvou aplikacích:

- **Jako samostatné metody** při zpracování hromadných dat při řešení různých oborových problémů. Např. v oboru mechaniky těles se může jednat o zpracování dat souvisejících s porušováním soudržnosti těles a s určováním elastických konstant (modulů pružnosti), v oblasti technologie se může jednat o určování četnosti vad v odlitcích, pórovitosti keramických materiálů atd. Statisticky zpracovaná data pak mohou být přímo řešením problému, nebo slouží jako vstupy do algoritmů výpočtového modelování.
 - **Jako součást výpočtového a experimentálního modelování.** V experimentálním modelování slouží statistické metody k objektivizaci výsledků měření, k testování statistických hypotéz a k vědecké indukci. Ve výpočtovém modelování mohou být použity při zpracování výsledků výpočtových simulací (počítačový experiment).
1. **Vstupní statistické analýzy** – patří sem: 1. klasifikační analýza, která se zabývá analýzou typů veličin v souborech hromadných dat a analýzou typu závislostí mezi veličinami (příčinné a důsledkové, časové, polohotové) a 2. průzkumová analýza (posuzuje vlastnosti a specifika souboru dat a ověřuje předpoklady pro statistickou metodu).

2. **Jednorozměrné statistické analýzy** – existují analýzy pro nenáhodné proměnné (kvantitativní a kvalitativní) a pro náhodné proměnné (kvantitativní spojité nebo diskrétní).
3. **Vícerozměrné statistické analýzy** – zde jsou uvedeny analýzy pro dvourozměrný soubor a s nenáhodnými a náhodnými znaky.



Obr. 31 Struktura systémových metod [15].

5.6 ZHODNOCENÍ VYUŽITELNOSTI KONSTRUKČNÍCH PŘÍSTUPŮ (STRATEGIÍ) V PRAXI

Metoda pokus – omyl

Znaky metody:

- Nízký nárok na zkušenosti konstruktéra.
- Zpravidla vede k cíli.
- Velký počet převážně neúspěšných řešení.

Nevýhody:

- Nesystémovost.
- Obyčejně dlouhá doba konstruování.
- Vysoké náklady.

Intuitivní metoda

Znaky metody:

- Přirozený způsob konstruování.
- Využití pouze dosavadních zkušeností konstruktéra.
- Obvykle krátká doba konstruování.

Nevýhody:

- Nesystémovost.
- Pouze jedno řešení konstrukčního problému.
- Netransparentnost

VDI

Znaky metody:

- Procedurální přístup ke konstruování.
- Postupné konstruování podle předem připravených směrnic, norem a algoritmů.
- Design for „X“ (Cost, Assembly, Manufacturing apod.).

Nevýhody:

- Příliš normovaný způsob konstruování.
- Nízké využití intuitivního přístupu ke konstruování.

Systémový přístup dle Janička

Znaky metody:

- Srozumitelná obecná definice systémového přístupu.
- Popis zobecněného systémového postupu při řešení poznávacích problémů.

- Seznam logických a statistických metod, metod systémové analýzy a syntézy, metody modelování.

Nevýhody:

- Popisuje systémový přístup pomocí definic a pojmů.
- Není přímo rozpracována na konstrukci strojů.
- Nejedná se o ucelenou metodu snadno použitelnou v praxi.

Vědecké konstruování

Znaky metody:

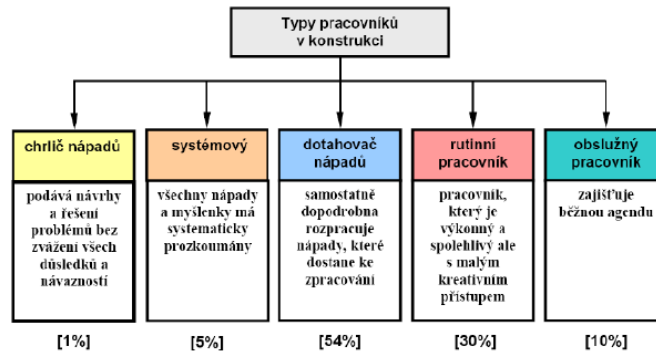
- Velmi podrobný obecný popis systémového konstruování včetně konstrukčního procesu.
- Využití morfologické matice pro tvorbu konstrukčních variant.
- Dopředu připravená „mapa“ konstruování.

Nevýhody:

- Přísné dodržování „mapy“ konstruování.
- Komplikované využití v praxi.
- Ve většině případů pomalejší způsob konstruování.

Aplikace většiny konstrukčních strategií a metod při vývoji technických objektů v praxi není lehká a je zapříčiněna zejména těmito důvody:

1. **Nevědomost odborné veřejnosti o těchto metodách.** Vývojem konstrukčních strategií a podpůrných metod se v minulosti i současnosti zabývá celá řada odborných pracovníků (Eder, Hubka, Cross, Maturana, Janíček, Hosnedl, Marek, atd.). Tyto metody jsou zakotveny v podvědomí zejména vysokoškolských pracovníků, ne však v podvědomí vývojářů a konstruktérů z praxe. Tato nevědomost je jedním z důvodů, proč tyto metody zůstávají použity zejména v teoretické rovině.
2. **Komplikovanost a obecné pojetí některých metod.** Většina metod sloužících k systémovému konstruování produktů patří mezi metody komplikované, jejichž aplikace je poměrně nesnadná. Některé metody jsou také velmi obecné, což neumožňuje jejich přímé a snadné praktické využití.
3. **Nízké procento konstruktérů schopných aplikovat tyto metody.** Aplikace metod pro podporu konstrukční strategie v praxi naráží na lidské vlastnosti konstruktérů viz. Obr. 32. Ne každý konstruktér je schopen a ochoten tento přístup chápat a dále jej aplikovat při řešení konstrukčních problémů [22].



Obr. 32 Typy pracovníků v konstrukci [22].

4. **Nedůvěra managementu k novým konstrukčním přístupům.** Jedním z hlavních úkolů řídicích pracovníků ve výrobní společnosti je snaha o maximální zkrácení doby potřebné k dodání stroje zákazníkovi. Cílem je tedy i zkrácení vývojové etapy. Většina moderních metod konstruování je poměrně komplikovaná a zejména její první použití je časově náročné, což z ekonomického hlediska nedovoluje využití těchto metod v praxi.

Výše definované důvody, které doposud neumožňují hromadné využití moderních metod konstruování v průmyslové praxi, by se měly stát určitým vodítkem při budoucím návrhu nebo úpravě stávající metodiky konstruování.

Pravděpodobně nejdůležitějším aspektem je přinést vývojářům a konstruktérům srozumitelnou a ne příliš komplikovanou metodiku, která umožní zvýšení kvality konstrukčního procesu. Velmi důležité je nejen začlenění metodiky do učebních osnov technických univerzit ale také využívání těchto metod ve vývojových univerzitních centrech a jejich následná prezentace. Rozhodne li se výrobní společnost v průběhu tvorby nového produktu využít jednu z moderních metod konstruování, mělo by vedení konstrukčního oddělení dobře analyzovat složení konstrukčního týmu a aplikaci těchto metod svěřit vhodným (systémově smýšlejícím) pracovníkům.

Obecným cílem moderních metod konstruování je zvýšení kvality návrhu daného stroje. Návrh OS se odehrává zejména v etapách Plánování a Vývoj, které se významnou měrou podílí na výsledných vlastnostech OS. Porození těmto etapám je alfou a omegou při snaze dosáhnout konstrukce stroje optimálního z technického i ekonomického hlediska.

6 POSTAVENÍ PLÁNOVACÍ A VÝVOJOVÉ ETAPY V ŽIVOTNÍM CYKLU OBRÁBĚCÍHO STROJE

Plánovací i Vývojová etapa v životním cyklu OS má zásadní vliv na všechny technické vlastnosti OS, ale také na konečné náklady spojené s vytvořením OS. Z těchto důvodů by měl každý výrobce OS klást velký důraz na porozumění těchto dvou etap z důvodu technického a ekonomického.

6.1 TECHNICKÉ DŮVODY POROZUMĚNÍ PLÁNOVACÍ A VÝVOJOVÉ ETAPY

V průběhu úvodních etap (Obchod, Plánování) životního cyklu OS se z technického hlediska definují hlavní parametry stroje. Ty vychází z požadavků zákazníka a mají zejména vliv na „vnější“ strukturu a koncepci stroje.

Mezi nejvýznamnější technické parametry OS, které bývají definovány v průběhu etap Obchod a Plánování patří:

- Typ stroje z hlediska hlavního druhu výrobní technologie (frézovací, vrtací, soustružnický stroj apod.).
- Stupeň automatizace (konvenční, NC, CNC).
- Kinematika (počet, orientace a druh pohybujících se os).
- Výkonové parametry (výkon hlavního motoru, otáčky vřetene, velikost pracovního prostoru, nosnost apod.).
- Přesnost.

Po specifikaci hlavních parametrů je možné začít s vlastním vývojem stroje. V průběhu této etapy se definuje, jakým způsobem bude dosaženo zvolených vlastností (parametrů), což ovlivňuje velkou měrou konstrukční tým, jehož úkolem je přeměnit zákaznickovy požadavky v technickou dokumentaci. V této části konstruktér dle vlastních zkušeností a poznatků vytváří detailní strukturu stroje, přičemž její tvar a druh použitých komponent závisí zejména na něm samotném.

Konstruktér OS ve Vývojové etapě zásadní měrou ovlivňuje „vnitřní“ vlastnosti stroje jako jsou:

- Komplikovanost struktury stroje.
- Vyrobitelnost jednotlivých dílů.
- Smontovatelnost.
- Funkčnost.
- Spolehlivost.
- Tuhost.
- Přesnost.

V průběhu Plánovací a Vývojové etapy dochází k zásadním a často nevratným rozhodnutím o budoucím uspořádání stroje, jeho vlastnostech a výsledné funkčnosti. Z těchto důvodů je velmi důležité, aby každý výrobce věnoval těmto úvodním fázím v životním cyklu OS velkou pozornost.

6.2 EKONOMICKÉ DŮVODY POROZUMĚNÍ PLÁNOVACÍ A VÝVOJOVÉ ETAPY

Obecně se dá prohlásit, že hlavním úmyslem každého výrobce OS je generovat zisk díky vyrobeným a následně prodaným strojům. Aby bylo tohoto cíle dosaženo, musí výrobce uvést na trh alespoň srovnatelný produkt jako konkurence, za srovnatelnou cenu a v co nejkratším čase. Všechny tyto podmínky velkou měrou ovlivňuje zejména úvodní etapa životního cyklu OS – „Vytvoření obráběcího stroje“ viz Obr. 9 a v ní pak zejména fáze Plánování a Vývoj.

Generovat zisk znamená, aby celkové náklady (N_c) vzniklé při vytvoření OS byly nižší než celkové výnosy podniku (V_c) z prodeje daného stroje. Konečný (celkový) zisk společnosti (Z_c) je rozdíl mezi celkovými výnosy společnosti z prodeje stroje a celkovými náklady na výrobu stroje.

$$Z_c = V_c - N_c \text{ [Kč]} \quad (1)$$

Výši zisku ovlivňují všechny faktory, které působí na náklady a na výnosy podniku. Mezi hlavní faktory patří [18]:

- Spokojenost zákazníků, proniknutí na nové trhy, vedoucí ke zvýšení prodejů a objemu výroby.
- Změny struktury sortimentu prodávaných výrobků.
- Prodej nových výrobků vysoce konkurenčeschopných s vysokou úrovní užítivosti a relativně vyšší cenou.
- Reingeneering podniku vedoucí ke snížení nákladů.
- Snížení fixních nákladů za období.
- Snížení proměnných (variabilních) nákladů za období.
- Zrychlení obratu oběžného majetku.
- Finanční restrukturalizace podniku vedoucí ke zvýšení ziskovosti vlastního kapitálu.

Navýšení zisku za prodaný stroj je v tomto případě možné dosáhnout dvěma hlavními způsoby. Buď zvýšením prodejní ceny (výnosů), nebo snížením nákladů podniku [4].

Náklady podniku vyjadřují synteticky v peněžních jednotkách účelově zaměřenou spotřebu vstupních faktorů při činnosti daného podniku za určité období, včetně dalších nutných nákladů spojených s činností podniku v tomto období. Jedná se o opotřebování dlouhodobého majetku, spotřebu zásob, vynaložení určitého množství práce (mzdu), cizí výkony. Jde tedy o snížení vlastního kapitálu. Naopak výnosy podniku jsou peněžní částky, které podnik „získal“ z veškerých svých činností za určité účetní období. Trvale je možné zajistit převahu výnosů nad náklady jedině prodejem výrobků, které jsou na úrovni uspokojující požadavky a očekávání zákazníků po všech stránkách včetně ceny, servisu atd. Trh není povinen přijmout nabízený výrobek, ani uhradit náklady, které jsou s jeho výrobou a prodejem spojeny [18].

Stále se zvyšující konkurence v oblasti OS ve většině případů neumožňuje navýšení prodejní ceny, proto se musí výrobce zejména snažit o snižování nákladů spojených s vytvořením stroje a provozem společnosti [4].

Pokud se výrobce OS rozhodne přinést na trh úplně nový stroj, nebo velkou měrou inovovat stroj stávající, musí si dopředu určit několik základních vlastností stroje:

- Typ stroje (soustružnický, frézovací apod.).
- Technická úroveň (kvalita) stroje (konvenční, NC, obráběcí centrum apod.).
- Trh (zákazníci), pro který je stroj určen (Česká Republika, Evropa, Svět apod.).
- Prodejní cena stroje (nízká, střední, vysoká apod.).

Potenciální kupující hodnotí předkládané zboží pomocí porovnání všech souvisejících charakteristik užítka s cenou. Tak lze charakterizovat komplex všech pozitivních prvků nabídky jako výkon, kde náklady k jeho získání představují cenu [28].

Jestliže chce být podnik úspěšný, musí orientovat utváření svých výkonů na požadavky poptávajících. Tato koncepce ve své podstatě znamená pravidlo, že nejde nutně o to generovat výkony s maximálním užtkem, ale uspokojit potřeby lépe než konkurence [28].

U většiny OS na celosvětovém trhu lze vyzorovat, že výkonnostní parametry těchto strojů se nepohybují na maximální hranici, kterou dovolují současné technické prostředky a použité komponenty. Hodnoty výkonnostních parametrů jsou u těchto strojů kompromisem mezi cenou, kterou jsou ochotni zákazníci za stroj zaplatit a náklady, které musí výrobce investovat do daného stroje.

Z tohoto důvodu jsou výkonnostní parametry koncepčně stejných strojů od několika různých výrobců podobné, nebo úplně stejné. To je dáno využitím stejných technických principů a komponent. Jakékoliv abnormální navýšení výkonnostních

parametrů většinou vede k velkému navýšení složitosti stroje, výrobních nákladů a tím i k navýšení prodejní ceny.

Stejně jako v každém odvětví i v oblasti OS existují společnosti, které produkují stroje nejvyšší možné kvality s výkonnostními parametry na samotné hranici technických možností. Takovéto špičkové OS pak udávají směr vývoje strojů v daném odvětví.

6.2.1 Strategie tvorby obráběcího stroje

Strategie tvorby OS lze rozdělit do šesti základních směrů [22]:

- **Strategie customizační.** Pokud firma má produkt, který je více či méně úspěšný na trhu, může tvorbu hodnoty pro zákazníka tvořit tím, že dokáže tento výrobek (službu) uzpůsobit potřebám zákazníka customizací. Tato customizační strategie znamená vysoké nároky na jednotlivé útvary podniku, zejména pak na konstrukční a vývojové oddělení, které danou koncepci produktu neustále obměňují dle potřeb zákazníka. Ne zřídka se stává, že tato „výhoda“ může firmě způsobit velké problémy s dlouhou dobou dodávky.
- **Strategie komplexní tvorby.** Jestliže firma provádí od konstrukce, výroby, nákupu a montáže vše sama, hovoříme o strategii komplexní tvorby. Vyžaduje to kvalitní řízení, zpravidla projektové, na všech úrovních podniku a na všech útvarech. Zdánlivou výhodou může být dojem, že tvorbou produktu v celém jeho životním cyklu bude dosaženo zisku a plnění požadavků zákazníka. Nákupní strategie naopak vychází z toho, že některé části produktu jsou nakupovány od externí firmy. Jedná se např. o konstrukci, výrobu, montáž. Při tomto způsobu tvorby produktu může docházet k velkým problémům. Míra problému je odvislá od toho, jak spolehliví a dobří jsou outsourcingoví partneři.
- **Strategie nákupní.** Pokud má firma velký inovační potenciál a umí přicházet se změnami nejenom produktu, ale i vlastních procesů v celém jeho životním cyklu, pak je žádoucí využít pro splnění cílů strategie inovátora na trhu.
- **Strategie inovátora na trhu.** Taktéž je nutné umět při takto zvolené strategii využít podnikatelské příležitosti, které turbulentní tržní prostředí nabízí. Tato vlastnost není cizí nově vzniklým podnikatelským subjektům, kteří se často učí z chyb „zkušených“ hráčů na trhu. Jistota a vědomí neotřesitelnosti pozice na trhu jsou mnohdy trhliny, které odstraní neinovující firmy na vedlejší kolej. Tuto strategii mohou použít i firmy, které mají vážné problémy se svými produkty, ale na rozdíl od sebevědomých „hráčů na trhu“ si jsou své situace vědomi a dokáží mít sebereflexi. Pak cílevědomou inovací produktu a procesů mohou upevnit svoji pozici na trhu.
- **Strategie krabicových produktů (služeb).** Ty podniky, které sází na sériovost a standardizaci, čímž je dán předpoklad nižších nákladů se snaží využívat strategie krabicových produktů. Zákazníkovi je nabízen produkt v daném

provedení s krátkou dodací lhůtou, ale přizpůsobení jeho potřebám je minimální. Je zcela nasnadě, že musí být velmi dobře zváženo, zda takovou strategii využít, protože trh může být rychle nasycen. Kromě velké sériovosti výroby produktů u vlastního podniku je možné využít nákupu části produktu (např. OS) u jiných výrobců a tento předělat dle zvyklostí ve firmě a opatřit svoji značkou. Tento trend je v současné době velmi oblíbený. Je nasnadě poznamenat, že tato strategie není příliš vhodná a prozíravá pro současný dynamický trh.

- **Strategie smíšená.** Tato strategie využívá kombinace z předešlých úvah. Nejčastější může být kombinace strategie customizační, komplexní tvorby, inovátorská a krabicová. Jeden produkt je dodáván jako krabicový, druhý je úspěšně customizován a třetí je inovátorský. Všechny jsou pak komplexně tvořeny v celém životním cyklu produktů.

Typy a atributy jednotlivých strategií tvorby OS jsou zobrazeny na Obr. 33.

Typ strategie	Výhoda	Nevýhoda	Riziko
Customizační	splnění všech přání zákazníka	pracnost pro jednotlivé útvary podniku	kolaps životního cyklu produktu
Komplexní tvorby	procesní řízení tvorby produktu	náročnost řízení a koordinace	krachu firmy
Nákupní	možnosti získání finančních výhod u dodavatelů	závislost na dodavatelích	špatná volba partnera
Inovátorská	vůdčí role na trhu	jako první prozkoumává nepoznané	nefunkčnost prototypů
Krabicových produktů	malá náročnost na variabilitě produktu	malé zisky	nasycenosti trhu a ztráta zákazníka
Smíšená	možnost volby optimální strategie pro různé produkty	u různých produktů mnoho strategií	krachu firmy

Obr. 33 Typy a atributy strategií [22].

6.2.2 Tvorba ceny obráběcího stroje

Na počátku vývoje nového, nebo inovaci, stávajícího stroje musí výrobce znát nejen jeho technické parametry, ale také přibližnou prodejní cenu. Tato cena obvykle odpovídá zvoleným parametrům stroje.

V Tab. 2 je zobrazena matice, obsahující devět možných umístěvacích strategií s ohledem na různou úroveň cen a jakosti výrobku [18].

Jakost obecně vyjadřuje míru splnění požadavků zákazníka v podobě vlastností daného produktu. V případě OS míra jakosti vyjadřuje výkonnost, spolehlivost, užitečnost stroje a také množství doplňkových funkcí stroje.

		Cena výrobku		
		Vysoká	Střední	Nízká
J a k o s t	Vysoká	Strategie získání mimořádné ceny 1	Strategie vysoké hodnoty 2	Strategie mimořádně vysoké hodnoty 3
	Střední	Strategie předražování 4	Strategie průměrné hodnoty 5	Strategie dobré hodnoty 6
	Nízká	Strategie okrádání 7	Neúsporná strategie 8	Úsporná strategie 9

Tab. 2 Matice umíst'ovací strategie ceny [18]

Umíst'ovací strategie, které jsou na diagonále (1, 5, 9), mohou společně existovat na stejném trhu. Prakticky to znamená, že jeden podnik nabízí výrobek vysoké jakosti za vysokou cenu, jiný výrobek průměrné jakosti za průměrnou cenu, další nabízí výrobek nízké jakosti za nízkou cenu. Všechny tyto konkurenční podniky mohou společně existovat na trhu tak dlouho, dokud na něm budou existovat tři skupiny zákazníků, tj. ti, kteří trvají na vysoké jakosti, ti, kteří trvají na nízké ceně a ti, jejichž požadavky na jakost a cenu jsou vyvážené [18].

Umíst'ovací strategie 2, 3, 6 představují možné způsoby, jak zaútočit na strategie umístěné na diagonále. Strategie 2: „náš výrobek je stejně jakostní jako výrobek č. 1, ale je levnější“. Strategie 3: říká totéž, avšak nabízí zákazníkovi ještě nižší cenu. Pokud zákazníci uvěří těmto konkurentům, pak u nich budou nakupovat a tím ušetří [18].

Umíst'ovací strategie 4, 7, 8 znamená relativní předražování výrobku vzhledem k jejich jakosti. Zákazníci budou mít pocit, že byli okradeni a budou si pravděpodobně stěžovat, nebo rozšiřovat o podniku negativní hodnocení [18].

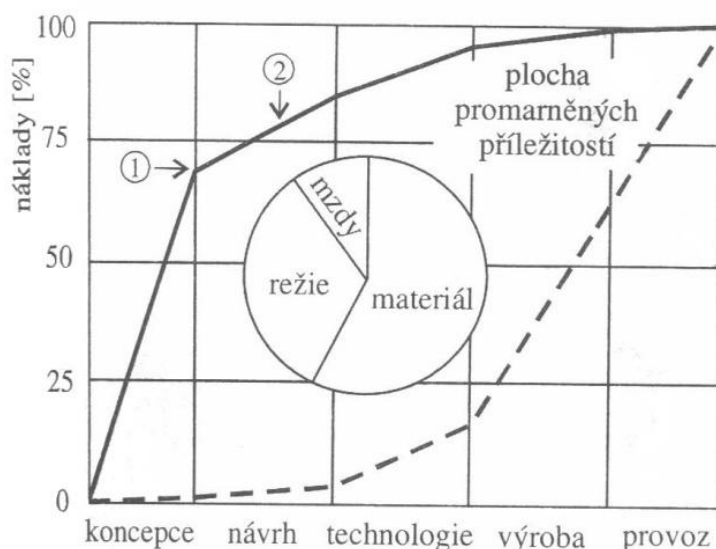
6.2.3 Definice nákladů spojených s produkcí obráběcího stroje

Jak již bylo popsáno v předchozí kapitole, jednou z cest jak zvýšit celkový zisk společnosti zabývající se výrobou a prodejem OS je snížení výrobních nákladů na vyráběný stroj. Dojede-li ke snížení výrobních nákladů, je možné snížit prodejní cenu stroje a tím zvýšit jeho konkurenceschopnost. Zachová-li výrobce i při snížených nákladech stejnou kvalitu stroje, může to vést ke zvýšení prodejů a tím k navýšení celkového zisku výrobce.

Před samotnou snahou snižovat náklady vzniklé při výrobě stroje je nejprve nutné zjistit reálně příčiny těchto nákladů. V této oblasti bylo provedeno mnoho výzkumů

a u standardních produktů bylo zjištěno, že hlavní podíl na tvorbě nákladů vzniká v Plánovací a Vývojové fázi, což jsou úvodní kroky v etapě „Tvorba obráběcího stroje“ viz Obr. 9.

Ve Vývojové etapě je přibližně ze tří čtvrtin známá velikost výrobních nákladů na vznik technického objektu, přičemž náklady, které jsou v ní čerpané, jsou velmi nízké. V této etapě se v největší míře rozhoduje o budoucích vlastnostech technického objektu a nejnadhěji se v ní realizují změny při návrhu technického objektu [15].



Obr. 34 Obecné časové průběhy nákladů na vznik technického objektu [15].

Křivky nákladů (implicitně určené a skutečně vzniklé) zobrazené na Obr. 34 představují střední hodnoty nákladů získaných statistickými analýzami informací poskytnutých mnoha výrobními podniky. Z křivek nákladů lze dedukovat tato konstatování [15]:

- Když je ukončen koncepční návrh technického objektu, je známo cca 70% výrobních nákladů (místo 1 na Obr. 34). Po aplikaci inženýrských analýz a výběru optimální návrhové varianty až 80% nákladů (místo 2).
- Na změny ve fázi inženýrských analýz tedy připadá cca 10% a na změny v procesu návrhu technologie a výroby taktéž cca 10% z celkových výrobních nákladů.
- Skutečně vzniklé (již realizované) náklady jsou v jednotlivých fázích návrhové etapy velmi nízké (pod 10%).
- Již v návrhové etapě se tedy z cca 80% ví, jaké náklady budou potřebné na výrobu. Příslušné vysoké finanční částky musí být připravené, ale tím pádem jsou vázané, zatímco naběhlé a skutečně čerpané náklady jsou velmi nízké (od 10% do 20%).

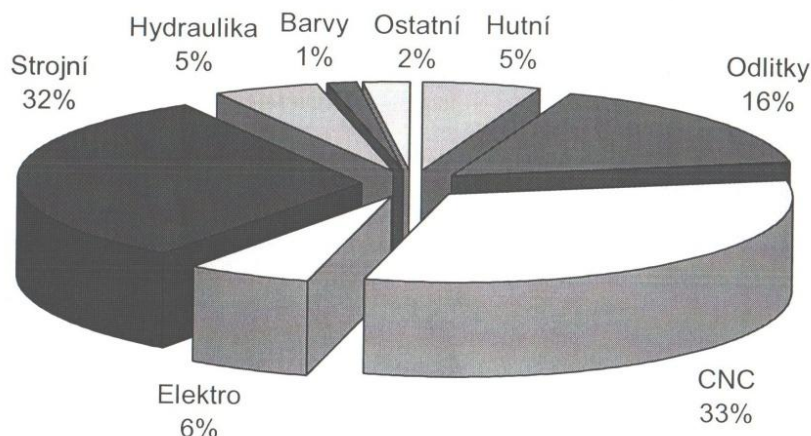
Z těchto skutečností vyplývá, že plánování a konstrukce představují vysloveně problémová místa, která rozhodujícím způsobem ovlivňují průběžnou dobu a tím i připravenost podniku k dodávce. Vedle časového zvažování průběhu produktů poukazuje zvažování nákladů na zvláštní význam těchto oborů, zejména pak konstrukce. Podstatný je přitom rozdíl mezi stanovením nákladů a zapříčiněním nákladů. Kdyby se totiž braly v úvahu jen náklady, které způsobují jednotlivá oddělení, tj. počet odpracovaných hodin a zaplacených faktur, přišli bychom k závěru, že konstrukce a technologická příprava práce mají jen nepatrný vliv na celkové náklady produktu. Je však skutečností, že obě tato oddělení určují svou prací největší část z celkových nákladů na produkt [21].

Pokud se tedy výrobce rozhodne snižovat náklady na vyrobený stroj, musí tyto úspory hledat zejména v počátečních etapách projektu.

Z těchto důvodů je důležité, aby se Plánovací a Vývojové etapě věnovala dostatečná pozornost, jelikož zpětné snižování nákladů je velmi komplikované a často málo účinné.

6.2.4 Rozdělení nákladů na obráběcí stroj z hlediska druhů použitých komponent

OS prošly za poslední století velmi intenzivním rozvojem stejně jako dopravní prostředky, spotřební zařízení a jiné složité stroje. Na tomto rozvoji má velký podíl vývoj v oblasti elektrických komponent a počítačového řízení. Dřívější OS byly vybaveny pouze jedním elektromotorem, který pomocí složitých mechanismů dovedl pohybovat několika osami stroje. Podíl elektrických komponent byl v té době minimální.



Obr. 35 Schéma procentuálního složení nákladů na OS z hlediska druhů použitých komponent [Toshulin a.s.].

V současné době je trend ve stavbě OS zcela opačný, každý stroj využívá alespoň jeden motor na každou pohybovou osu, přímá odměřování a komplikovaný řídicí systém. Podíl těchto komponent na výsledné náklady na výrobu stroje již není zanedbatelný a může tvořit i více než 40% z celkových nákladů, což je také ovlivněno typem stroje. Proto je nutné dnes rozlišovat náklady vznikající při výrobě stroje na náklady strojní a náklady elektro. Podrobné rozdělení tvorby nákladů stroje Powerturn společnosti Toshulin, a.s. je zobrazen na Obr. 35.

Strojní i elektro náklady je možné dělit do dvou podskupin. Jsou to náklady vzniklé přímo u výrobce, jako je výroba nebo montáž a náklady vyplývající z nákupu komponent použitých na stroji. Na Obr. 36 je zobrazeno dělení nákladů a také jejich stručný rozpis.

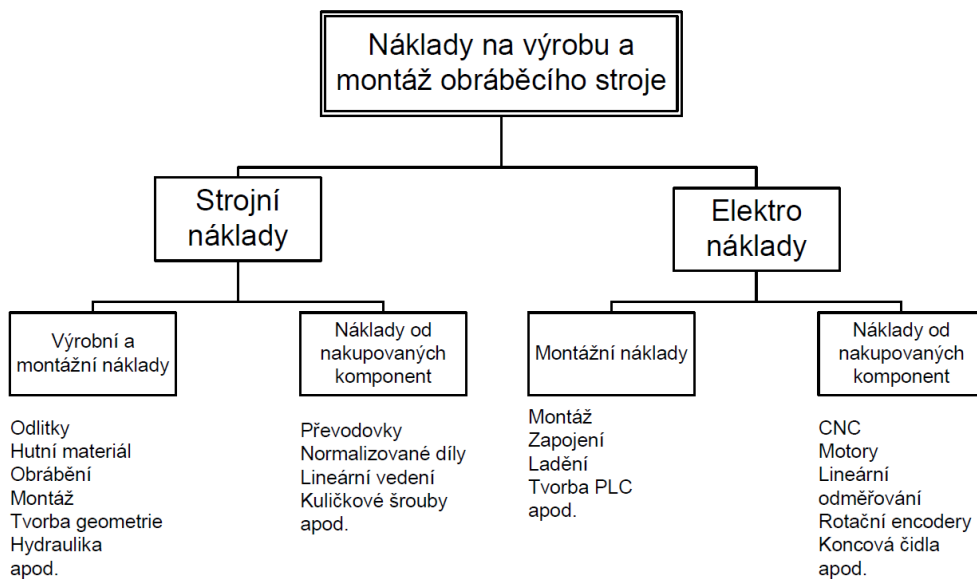
Z hlediska strojních nákladů mají většinou hlavní podíl náklady na výrobu a montáž než náklady způsobené nakupovanými komponenty. To je dáno tím, že hlavní části stroje si nejčastěji výrobce sám vyrábí, svařuje a někdy i odlévá, proto se nakupované strojní komponenty podílí na nákladech menším podílem.

Opačný případ je to s elektro náklady. Prakticky veškeré elektro komponenty se dnes musí nakupovat včetně toho nejsložitějšího - řídicího systému. Náklady, které jsou vytvořeny výrobcem, jsou v této oblasti hlavně z důvodu montáže a programování stroje.

Nakupované komponenty pro stavbu obráběcích strojů mají v dnešní konstrukci své nezastupitelné místo. Jejich časté využití je dáno jejich vysokou kvalitou a snadnou dostupností. Některé jednodušší obráběcí stroje je možné celé sestavit z nakupovaných komponent [5].

Při výběru nakupovaných komponent ve stavbě obráběcích strojů by měla být dodržována některá základní pravidla [5]:

- Komponent musí dostatečně splňovat všechny požadavky, které jsou na něj kladené.
- Pro snížení nákladů na konstruovaný stroj je dobré oslovit více různých dodavatelů.
- Při konečném výběru posoudit komponenty jednak z technického, ale i z ekonomického hlediska.



Obr. 36 Schéma rozdělení nákladů na výrobu a montáž OS.

Je-li cílem výrobce snížení výrobních a montážních nákladů, je nutné z hlediska strojního redukovat náklady zejména ve výrobní části a z hlediska elektro v oblasti použitých nakupovaných komponent.

6.3 ZHODNOCENÍ VÝZNAMU POROZUMĚNÍ PLÁNOVACÍ A VÝVOJOVÉ ETAPY V ŽIVOTNÍM CYKLU OBRÁBĚCÍHO STROJE

Plánovací a Vývojová etapa velkou měrou ovlivňuje výsledný stroj nejen z technického, ale také ekonomického hlediska.

V průběhu těchto dvou etap je nejprve definována základní koncepce stroje a poté detailní vnitřní struktura, což má zásadní dopad na funkčnost a parametry stroje.

Výsledné náklady, za které je stroj vyroben, jsou definovány strukturou stroje, množstvím nakupovaných dílů, výrobitelností dílců, smontovatelností apod.

Z těchto důvodů je velmi důležité, aby výrobce věnoval Plánovací a Vývojové etapě velkou pozornost, protože technická kvalita a výrobní náklady stroje přímo ovlivňují konkurenceschopnost stroje na trhu.

Plánovací a Vývojová etapa také velkou měrou ovlivňují všechny předešlé a následující etapy životního cyklu OS:

- **Vliv Plánovací a Vývojové fáze na etapu Obchod** - Při úvodní komunikaci mezi zákazníkem a výrobcem stroje se formulují zejména zákaznickovy požadavky, které většinou plynou z technologických potřeb a jeho osobních přání. Vliv konstruktéra v této fázi není vysoký, je ale nutné aby oponoval často nereálné požadavky zákazníka nebo managementu.
- **Vliv Plánovací a Vývojové fáze na etapu Realizace** – Konstruktor má hlavní vliv na výslednou složitost OS, použité materiály, komponenty a na smontovatelnost stroje. Tvar jednotlivých dílů, předepsané tepelné zpracování a výběr nakupovaných komponent často závisí pouze na konstruktérovi [7].
- **Vliv Plánovací a Vývojové fáze na etapu Distribuce** – Na úspěšnost prodeje OS má vliv mnoho aspektů. Spolehlivost, vzhled, a parametry stroje jsou jedny z mnoha vlastností, na které má konstruktér velký vliv [7].
- **Vliv Plánovací a Vývojové fáze na etapu Používání stroje** – Tato fáze je z hlediska délky trvání zpravidla nejdelší etapou v životním cyklu OS. Teprve při používání stroje se projeví jeho výkonnost, spolehlivost, hlučnost a ergonomie, což jsou vlastnosti stroje, které konstruktér ovlivňuje velkou měrou [7].
- **Vliv Plánovací a Vývojové fáze na etapu Retrofitting** – Touto etapou prochází pouze malé procento OS. Asi málokterý výrobce předpokládá, že jeho stroj bude za 30 let touto modernizací procházet. Na vhodnosti stroje k pozdější modernizaci má nejvyšší vliv nadčasovost zvolené koncepce a konstrukční provedení základních stavebních dílců stroje [7].
- **Vliv Plánovací a Vývojové fáze na etapu Likvidace** – Ekologická likvidace je v dnešní době velmi důležitá etapa jakéhokoliv zařízení. Konstruktor tuto etapu ovlivňuje zejména volbou použitých materiálů a obslužných médií [7].

7 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP PŘI NÁVRHU OBRÁBĚCÍCH STROJŮ V PLÁNOVACÍ A VÝVOJOVÉ ETAPĚ SYSTEMATIC APPROACH OF MACHINE TOOL DEVELOPMENT (SAoMTD)

V dnešní turbulentní době nelze nečinně čekat, až intuitivně vyřešíme nápad. Nápad vzniklý intuicí je třeba podrobit tvrdé kritice. Často se ukáže, že to byl ten nejlepší nápad, čímž se potvrzuje i okřídlené konstruktérské rčení, že vždy je nejlepší první nápad. I do intuitivního konstruování lze vnést zásady systematickosti, které jsou charakteristické pro systematické přístupy. Systematickost v intuitivním vynalézání konstrukcí spočívá např. ve studiu již hotových konstrukcí, studiu prospektů, konkurenčních řešení, návodů pro obsluhu apod. [21].

Spojí-li se cit pro konstrukci, zkušenosti a systémový přístup je možné dosáhnout zkrácení doby nutné pro zkonstruování stroje, dodržet všechny požadavky, které jsou na stroj kladeny, a tím i snížit konečné náklady na vytvořené OS.

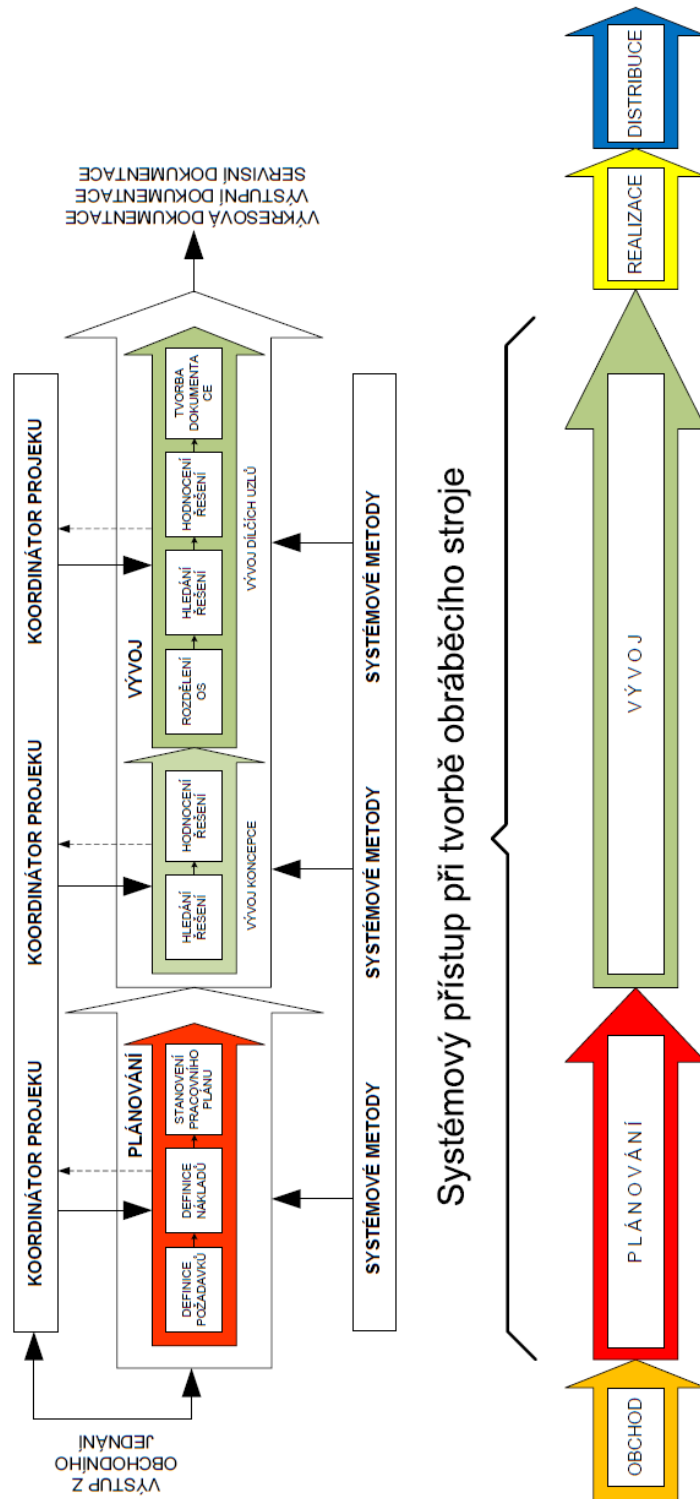
Systémový přístup je tedy nástroj vědeckého i praktického poznání, přispívající k efektivní realizaci poznávacích procesů, a tím i k řešení problémových situací na strukturně a procesně složitých entitách, nezávisle na jejich oborových podstatách [15].

Návrh obráběcího stroje je nehmotná část životního cyklu OS, která se skládá z etap Plánování a Vývoj. Na základě požadavků zákazníka, nebo trhu je nejprve definována předběžná koncepce stroje, která je posléze do detailu rozpracovaná a konečným výstupem je kompletní dokumentace, podle níž je možné požadovaný stroj vyrobit, smontovat a bezpečně provozovat.

Systémový přístup při návrhu obráběcího stroje je tvůrčí posloupný proces návrhu OS, jehož průběh je řízen koordinátorem, při kterém je využito systémového přístupu při řešení dílčích úkolů a vzniklých problémů.

V další části této práce bude definován systémový přístup při návrhu OS, tedy v průběhu etap Plánování a Vývoj.

Hlavním cílem této práce je předložit výrobcům OS ucelenou strategii, která by mohla být využita v Plánovací a Vývojové etapě jako celek, nebo jen její dílčí části. Cílem systémového přístupu při návrhu OS je maximalizace užitku ze stroje nejen pro výrobce, ale i pro zákazníka při dodržení všech normativních požadavků kladených na stroj. Zjednodušené schéma systémového přístupu při návrhu OS je zobrazeno na Obr. 37.



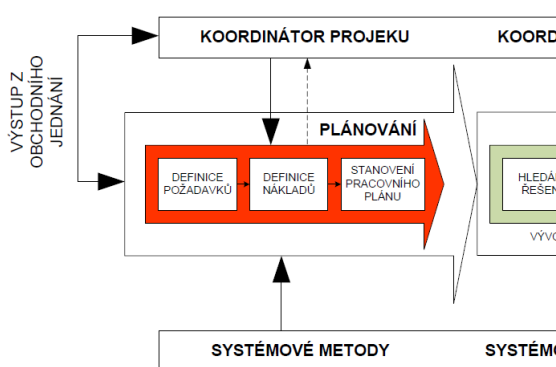
Obr. 37 Schéma systémového přístupu v etapách Plánování a Vývoj.

8 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP V ETAPĚ PLÁNOVÁNÍ

Etapa „Plánování“ navazuje na první etapu z životního cyklu OS fázi „Obchod“. V této etapě se vychází z obchodního jednání se zákazníkem, nebo z výstupních informací z provedeného průzkumu trhu. Tato etapa se dá rozdělit do tří fází dle Obr. 38.

V průběhu této etapy dochází k:

- Detailnímu definování požadavků na OS.
- Určení maximálních výrobních nákladů stroje.
- Stanovení pracovního plánu a vytvoření vhodného týmu pracovníků.



Obr. 38 Rozdělení etapy Plánování do tří základních fází.

8.1 DETAILNÍ DEFINOVÁNÍ POŽADAVKŮ NA OBRÁBĚCÍ STROJ

V závěru kapitoly 2.1 byly definovány tři hlavní skupiny požadavků kladených na OS. Jsou to:

- Požadavky z hlediska zákazníka.
- Požadavky z hlediska výrobce.
- Požadavky z hlediska platných norem.

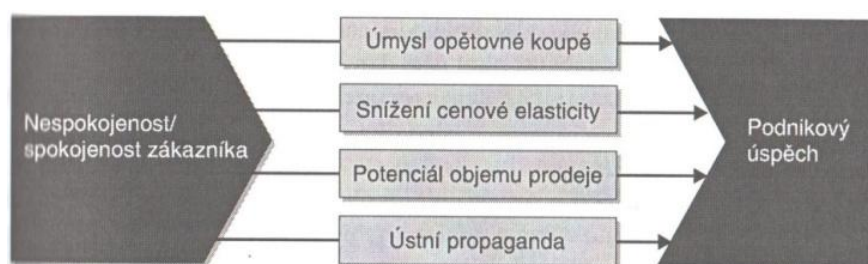
8.1.1 Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska zákazníka

Při inovaci stávajícího, nebo tvorbě nového OS by měl výrobce nejprve provést základní průzkum trhu, jehož cílem je odhalit požadavky svých stávajících i potenciálních zákazníků. Stejně tak je důležité získat informace nejen o koncepci a parametrech konkurenčních strojů, ale také o případné orientaci konkurenta na trhu.

Obecně se dá říci, že při tvorbě koncepce produktu musí výrobce dbát především na to, aby základ užitku jeho produktu pokud možno exaktně odpovídal očekávání užitku na straně poptávajícího. Shoda potřeb poptávajících s nabídkou výkonů rozhoduje o úspěchu podniku na trhu. Ovšem není třeba bezpodmínečně vyvíjet

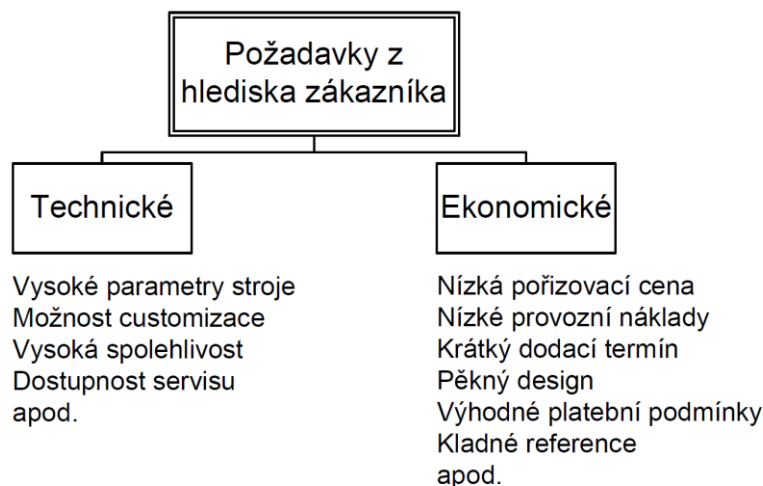
výrobek s maximálním užitekem, měl by se však podobat konkurenčním výrobkům ve všech relevantních dimenzích užítku [28].

Spokojenost zákazníků, zajišťující opětovné nákupy a doporučení jiným zákazníkům má význam pro úspěšnost podniku a představuje významnou nemateriální hodnotu. Souvislost mezi spokojeností a podnikovým úspěchem znázorňuje Obr. 39. Argumentem, o kterém je třeba se zmínit, je to, že vysokou spokojenost provází redukce cenové elasticity zákazníka. Spokojený zákazník vykazuje vysokou ochotu zaplatit více za výkon a neutíká při zvýšení ceny ke konkurenci. Tato nízká cenová citlivost otevírá nabízející firmě prostor pro možnost akcí v oblasti cenové politiky a redukuje současné taktické volby konkurence [28].



Obr. 39 Souvislost mezi uspokojením zákazníka a podnikovými úspěchy [28].

Základní požadavky většiny zákazníků jsou pravděpodobně stejné ve všech obchodních odvětvích. Cílem je dosáhnout maximálního užítku při minimálních vstupních nákladech na pořízení a užívání zakoupeného produktu.

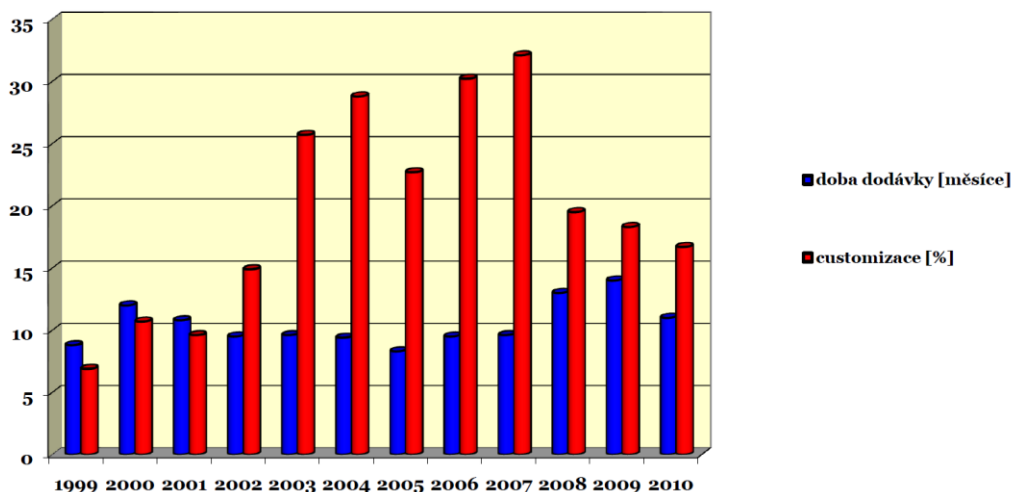


Obr. 40 Hlavní požadavky zákazníka kladené na OS.

Požadavky zákazníků, kteří uvažují o koupi OS můžeme rozdělit do dvou základních skupin. Jsou to požadavky technické a ekonomické. Definice hlavních požadavků zákazníka na OS je zobrazen Obr. 40.

Technické požadavky vycházejí z technologických potřeb zákazníka. Jinými slovy se dá říci, že záleží k čemu hodlá kupující stroj používat. V současné době je možné pořídit vysoce univerzální OS, který disponuje několika různými technologiemi anebo také stroj vyvinutý speciálně dle požadavků zákazníka na určitý opakovaný druh práce. V posledních letech stále více zákazníků požaduje upravit standardní OS dle svých specifických požadavků (tzv. customizace). Na Obr. 41 je zobrazen graf procentuálního podílu customizace stroje a jeho dodací termín v průběhu let 1999 až 2010 u společnosti Toshulin a.s..

Ekonomické požadavky zákazníka souvisí zejména s pořizovací cenou stroje, jeho provozními náklady, referencemi výrobce, a také s případnou budoucí likvidací.



Obr. 41 Procentuální podíl customizace stroje a jeho dodací termín v průběhu let 1999 až 2010 u společnosti Toshulin. [Toshulin a.s.].

8.1.2 Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska výrobce

Každý výrobce OS si klade za cíl generovat zisk. To znamená, že náklady vzniklé při vývoji a výrobě stroje musí být nižší než prodejní cena.

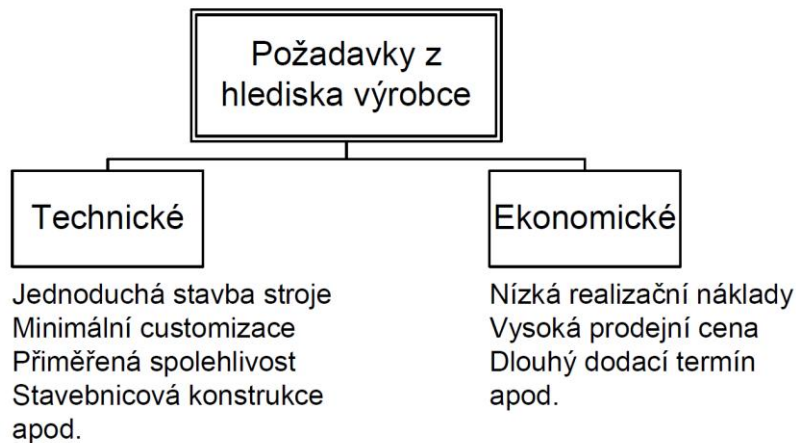
Dalo by se tedy říci, že hlavními požadavky výrobce na vyráběný stroj je, aby byl dobře prodejný a přitom výrobní náklady byly co nejnižší.

Těchto požadavků není zejména v oblasti OS jednoduché dosáhnout. Aby byl stroj dobře prodejný, měl by plnit nejen technické, ale i ekonomické požadavky zákazníků, což na jedné straně znamená vyrábět stroj dobrých parametrů a vysoké kvality a na straně druhé prodávat stroj za příznivé ceny pro zákazníka.

Výrobce by měl v počáteční fázi, kdy definuje parametry budoucího stroje rozhodnout, jaký zvolí poměr mezi technickou kvalitou a náklady na stroj, a tím také definovat jaké druhy zákazníků hodlá svými stroji oslovit.

Stejně jako zákazník tak i výrobce klade na OS zejména technické a ekonomické požadavky (Obr. 42).

Z ekonomického hlediska je kladen důraz zejména na minimalizování nákladů spojených vývojem, výrobou a dodáním stroje zákazníkovi. Z technického hlediska výrobce po stroji požaduje, aby byla stavba stroje (konstrukční uspořádání) jednoduchá, spolehlivost v prvních letech provozu vysoká a aby při vývoji stroje byly respektovány technologické a montážní schopnosti výrobní společnosti.



Obr. 42 Hlavní požadavky výrobce kladené na OS.

8.1.3 Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska platných norem

V průběhu plánování i vývoje OS by měl být vývojový tým seznámen s celou řadou zákonů, směrnic a nařízeních vlády, které se vztahují k bezpečnosti strojů, ekologičnosti, ergonomii, elektrické kompatibilitě apod.

OS patří mezi zařízení, která mohou být pro svoji obsluhu velmi nebezpečná. Jedná se o stroje, jehož pohybující se části mohou dosahovat vysokých rychlostí, obrobky či nástroje často rotují velmi vysokými otáčkami a při třískovém obrábění odletuje z řezného procesu velké množství třísek spolu s chladicí kapalinou. Všechny tyto vlivy mohou způsobit zranění obsluhy i kolemjdoucích. Různé materiály, nebo technologické postupy, které jsou při stavbě OS použity mají rozdílný dopad na životní prostředí. Obecným cílem je tento dopad snižovat. Základní ergonomická pravidla jsou taktéž upravována směrnicí tak, aby obsluha stroje byla příjemná a přirozená.

Při uvádění výrobku na trh musí výrobce, nebo jeho zplnomocněný zástupce zajistit, aby výrobek splňoval všechny náležité technické požadavky stanovené podle zákona č. 22/1997 sb. o technických požadavcích na výrobky. Při předávání výrobku musí být vypracovaná patřičná technická dokumentace včetně návodu k používání. Výrobce musí dále vydat tzv. prohlášení o shodě, kde výrobce potvrzuje, že výrobek splňuje všechny technické požadavky na něj kladené. Takovýto výrobek je poté doplněn o označení shody CE.

Pokud se týká posuzování shody, je třeba si především uvědomit několik základních fakt, týkajících se kategorizace výrobků. Při uvádění výrobku na trh v první řadě záleží na skutečnosti, zda tento výrobek spadá do regulované sféry, nebo se jedná o výrobek ze sféry neregulované [MPO].

Do neregulované sféry spadají výrobky, které nepředstavují zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu. Tyto výrobky nepodléhají posuzování shody podle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. Pro tyto výrobky nejsou stanoveny zvláštní technické požadavky pro uvádění na trh. Takové výrobky musí splnit pouze obecné požadavky bezpečnosti [MPO].

Do regulované sféry jsou naopak řazeny tzv. stanovené výrobky ve smyslu § 12 zákona 22/1997 Sb.. Jedná se o výrobky představující zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu. Vláda tyto výrobky a požadavky na ně stanoví prostřednictvím jednotlivých nařízení vlády k provedení zákona o technických požadavcích na výrobky. U těchto výrobků musí být před jejich uvedením na trh posouzena shoda [MPO].

OS není uveden v příloze IV směrnice evropského parlamentu a rady 2006/42/ES, tzn., že výrobce nebo jeho zplnomocněný zástupce použije postup posuzování shody podle přílohy VIII dle směrnice 2006/42/ES (posuzování shody interním řízením výroby strojního zařízení).

Vládní požadavky na výrobky se liší podle druhu výrobku, jeho složení, prostředí, ve kterém je používán a výrobce musí posoudit které nařízení vlády a zákony musí výrobek splňovat.

OS by měli splňovat požadavky dle následujících nařízení vlády a zákonů:

- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení.
- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 616/2006 Sb., o technických požadavcích na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility.
- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 179/1997 Sb., kterým se stanoví grafická podoba české značky shody, její provedení a umístění na výrobku.
- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 17/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na elektrická zařízení nízkého napětí.
- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 14/1999 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výtahy.
- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 9/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku.
- NAŘÍZENÍ VLÁDY č. 27/2003 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na výtahy.

Každá ze skupin (zákazník, výrobce i stát) klade na OS specifické požadavky. Tyto požadavky vyplývají z potřeb zákazníka, výrobce, a také z nutnosti chránit bezpečnost obsluhy stroje a životní prostředí. Je prakticky nemožné, aby OS

splňoval nejen patřičné normy, ale také všechny požadavky zákazníka a výrobce. Normativní požadavky musí být vždy splněny a mezi požadavky zákazníka a výrobce je třeba najít určitý kompromis.

Tato rovnováha mezi požadavky zákazníka a výrobce je velmi těžko dosažitelná, jelikož výrobce a zákazník mají protichůdné požadavky zejména z hlediska ekonomického. Ekonomické požadavky zákazníků často nutí výrobce minimalizovat náklady spojené s produkcí strojů, což se může negativně podepsat na výsledné technické kvalitě stroje.

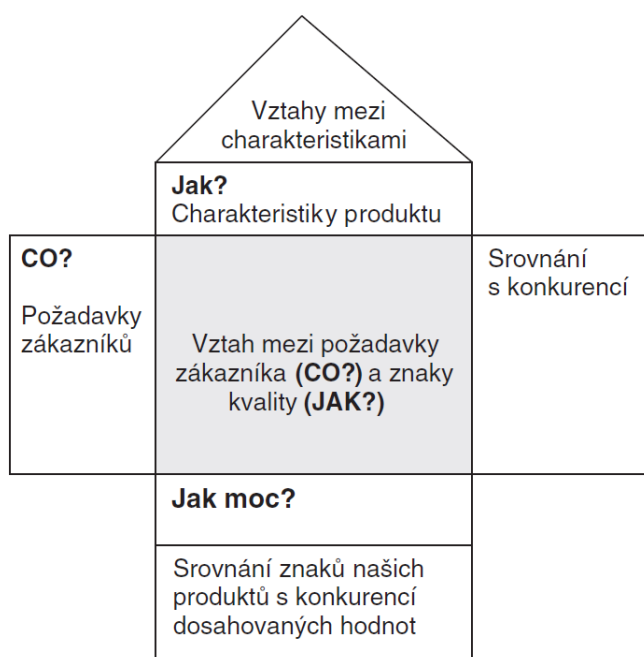
8.1.4 Definice požadavků zákazníka metodou QFD

Metoda QFD se využívá v etapě návrhu výrobku, nebo služby při jejich zlepšování, nebo při optimalizaci procesů. Metoda přináší prohloubení zaměřením se na zákazníka, efektivní spolupráci zaměstnanců, jako preventivní nástroj vede k nižšímu výskytu vad ve výrobě, zkracuje dobu vývoje a inovací. Je určena pro práci v týmech [2].

Cílem metody QFD je [2]:

- Objasnit požadavky kladené na jakýkoliv produkt a stručně je prezentovat.
- Určit priority a stanovit cíle, které odpovídají požadavkům zákazníků.

Základní schéma metody QFD je zobrazen na Obr. 43. Hlavním přínosem QFD je získání plánovacího nástroje, který pomůže zkrátit čas dodávek a efektivněji využívat zdroje. To je obzvláště důležité pro etapu návrhu produktu. Použitím QFD se sníží množství změn při návrhu, zvláště těch změn, které bývají objeveny až ve fázi výroby.



Obr. 43 Základní schéma metody QFD [2].

Rovněž náklady na reklamace a záruky budou nižší. Dalším efektem QFD, který není přímo finanční, je využití týmu z mnoha oddělení společnosti, které prolomí komunikační bariéry. Tento multidisciplinární přístup pomáhá rychle identifikovat dopady rozhodnutí na celý podnik. Problémové oblasti mohou být posouzeny z mnoha úhlů pohledu. Tak se lépe rozhodneme a zabráníme nákladným chybám [2].

Postup aplikace metody QFD [2]:

- 1) Zjištění požadavků zákazníků a důležitosti těchto požadavků.
- 2) Zjištění charakteristik produktu (výrobky, služby) a zjištění vztahů mezi požadavky zákazníků a znaky produktu, ohodnocení významu těchto vztahů.
- 3) Zjištění vztahů mezi jednotlivými znaky produktu.
- 4) Zjištění, jak zákazník posuzuje konkurenční produkt.
- 5) Srovnání znaků našich produktů s konkurencí dosahovaných hodnot.

Metoda QFD je účinný nástroj při hledání průniku mezi požadavky kladenými na OS zákazníkem a výrobcem. Pomocí této metody je možné optimalizovat parametry stroje tak, aby vyhovoval velkému množství zákazníků, což může vést ke zvýšení úspěchu stroje na trhu.

8.2 URČENÍ LIMITNÍCH VÝROBNÍCH NÁKLADŮ OBRÁBĚCÍHO STROJE

Správně fungující management ve výrobní společnosti by si měl klást za cíl snížit celkové náklady spojené s dodáním stroje na trh, aniž by se snížila jeho technická kvalita. To znamená snížit náklady zejména v průběhu celé etapy „Tvorba OS“ (vývoj, výrobu, montáž i distribuci).

Jak bylo zmíněno v kapitole 6.2.3, náklady na vyráběný stroj jsou definovány v Plánovací a Vývojové etapě až z 80%. Pokud tedy chce výrobce snižovat náklady na vyráběný stroj, měl by se zaměřit na hledání úspory právě v průběhu těchto dvou etap.

8.2.1 Machine tool cost reduction method

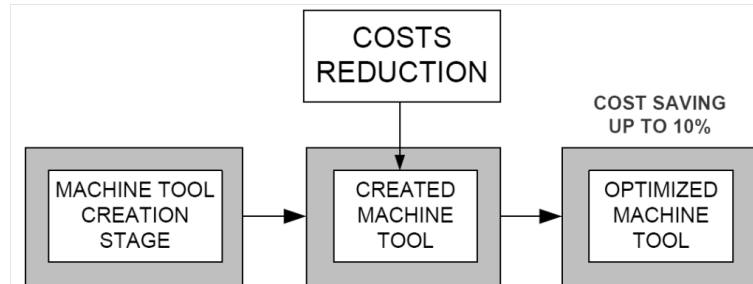
Pro efektivní snížení celkových nákladů spojených s tvorbou obráběcího je možné využít Machine tool cost reduction method (MTCRM). Tato metoda se zaměřuje na snížení nákladů na tvorbu OS, které vznikají ve vývojové etapě.

Nabízejí se dvě možnosti jak snížit náklady na tvorbu OS. Po vytvoření prvního stroje, nebo v průběhu jeho tvorby [4]:

- Ekonomická optimalizace již vytvořeného obráběcího stroje.
- Ekonomická optimalizace v průběhu tvorby obráběcího stroje.

8.2.2 Zpětná redukce nákladů již vytvořeného stroje [4]

Tato metoda se aplikuje až po dokončení prvního kusu stroje a zjištění reálných nákladů spojených s výrobou stroje (před výrobou dalších stejných strojů) viz Obr. 44.



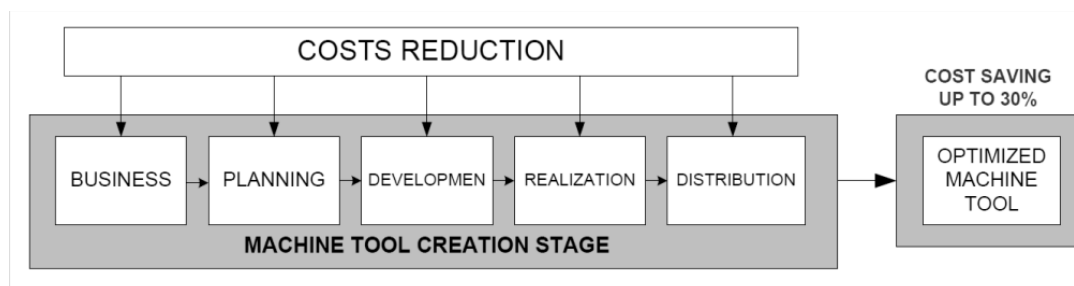
Obr. 44 Schéma metody zpětné redukce nákladů na tvorbu OS [4].

Tato metoda se zdá být snadná a efektivní z toho důvodu, že se vychází z reálných čísel, která byla zjištěna při tvorbě stroje. Bohužel ale úspory, které jsou touto metodou vytvořeny se pohybují maximálně do 10% [Toshulin a.s], a to z těchto hlavních důvodů:

- Je velmi komplikované na již vyrobeném stroji změnit jednu část, tak aby se to nedotklo zbývajících částí stroje.
- Nepochotou konstruktérů měnit již zkonstruovaný stroj.
- Nemožnost snadno zaměnit a nahradit některé nakupované komponenty.

8.2.3 Redukce nákladů v průběhu tvorby obráběcího stroje [4]

V tomto případě se MTCRM používá tehdy, plánuje-li výrobce přinést na trh nový stroj, nebo z velké části inovovat stroj, který již produkuje. Tento stroj může vznikat na základě konkrétních požadavků zákazníka, nebo požadavků trhu. MTCRM by se měla aplikovat v průběhu všech etap životního cyklu OS, kdy se stroj vytváří, zejména pak ve vývojové etapě Obr. 45.



Obr. 45 Schéma Machine tool cost redusction method [4].

U této metody se v počátku stanovuje hlavní cíl = maximální náklady, které by se měly při tvorbě OS dodržet. Dopředu je nutné znát základní parametry

navrhovaného stroje a jeho hlavní vlastnosti. Výše maximálních nákladů by měly vycházet z reálných zkušeností výrobce stroje, nebo nákladů konkurenčních výrobců.

Postupuje-li při optimalizaci stroje výrobce důsledně, je možné touto metodou snížit náklady na stroj až o 30% [Toshulin a.s.].

Vysoká účinnost této metody je zapříčiněna včasnou aplikací, tedy již při plánování a vývoji OS. Konstruktor není svázán dřívějším řešením, proto je schopen nalézt řešení, které je levnější, avšak na stejné, nebo vyšší technické úrovni.

8.2.4 Postup Machine tool cost reduction method [4]

Jako první krok se definují všechny hlavní funkce stroje (F_n). Funkce jsou parametry stroje a jeho vlastnosti. Parametry stroje by měly být srovnatelné, nebo lepší s parametry konkurenčních strojů (F_k).

$$F_n \sim F_k \quad (2)$$

Příklad některých funkcí nově vyvíjeného vertikálního soustruhu:

- $F_1 \uparrow$ kroučící moment upínací desky (vyšší než konkurence)
- $F_2 \downarrow$ průchodnost pod příčnickem (nižší)
- $F_3 \uparrow$ nosnost upínací desky (vyšší)
- $F_4 =$ průměr otočné desky (rovno)

Na základě zkušeností výrobce, vlastností nového stroje a koncových cen konkurenčních výrobců dojde ke stanovení současných nákladů (celkové náklady výrobce na stroj daných parametrů bez použití metody na snižování nákladů) na nově vyvíjený stroj (N_c).

Současné celkové náklady se ponížší o hodnotu S v procentech, která bude znamenat cílené úspory v nákladech na tvorbu celého stroje.

$$N_o = N_c * \frac{100-S}{100} \quad (3)$$

Aby došlo k redukci celkových nákladů na výrobu OS není možné tento stroj posuzovat jako jeden celek. Je nutné jej rozdělit do několika menších podskupin a ty posuzovat samostatně.

$$N_{oSk1} = N_{cSk1} * \frac{100-S}{100} \quad (4)$$

$$N_{oSk2} = N_{cSk2} * \frac{100-S}{100} \quad (5)$$

↓

$$N_{oSkn} = N_{cSkn} * \frac{100-S}{100} \quad (6)$$

Výsledné celkové náklady na výrobu stroje po jejich redukování jsou rovny součtu celkových nákladů na jednotlivé podskupiny. Tato hodnota by se pak měla přibližně rovnat celkovým požadovaným nákladům, které si výrobce stanovil na počátku redukce nákladů.

$$N_{oSkn} = N_{oSkn1} + N_{oSkn2} + \dots + N_{oSkn} \sim N_o \quad (7)$$

Machine Tool Reduction Costs Method se jeví jako účinný způsob jak snížit celkové náklady na vývoj, výrobu i distribuci stroje a tím zvýšit jeho konkurenceschopnost na trhu.

Aby byly celkové náklady maximálně snížené, je třeba při jejich redukcí postupovat po krocích a zaměřit se zejména na Plánovací a Vývojovou etapu, které mají největší vliv na výsledné náklady spojené s výrobou stroje.

Aby byla redukce nákladů na tvorbu OS efektivní, musí se optimalizovat stroj nejen z hlediska výroby a montáže, ale také z hlediska použitých nakupovaných komponent. Tyto komponenty mohou tvořit náklady více než z 50% Obr. 35. To znamená, že optimalizace v této oblasti je také velmi důležitá.

Důležité je, aby redukcí nákladů konstruktéři nevnímali jako snahu zasahovat do jejich práce, ale spíše je motivovat a jako jednu z funkcí stroje vedle výkonnostních parametrů také definovat maximální náklady na výrobu konstruovaného stroje.

Vždy je ale třeba dbát na to, aby stroj po technické stránce splňoval všechny požadavky zákazníka, patřičné normy a aby spolehlivost a výkonnost byla srovnatelná, nebo převyšovala stroje konkurenční.

8.3 PLÁNOVÁNÍ PROJEKTU – KONSTRUKCE OBRÁBĚCÍHO STROJE

Plánování projektu je důležitou etapou, jejíž úspěšné zvládnutí může napomoci realizaci všech úkolů v požadovaném čase bez velkých výstupních odchylek. V tomto případě je projektem konstrukce OS.

Projekty mají trojrozměrný cíl (tzv. trojimperativ), což znamená současné splnění požadavků na věcné provedení, časový plán a rozpočtové náklady. Úspěšné řízení projektu vyžaduje, aby tyto tři podmínky byly měřitelné (tj. konkrétní a ověřitelné) a dosažitelné. Je opravdu mimořádně důležité, aby lidé, kteří na projektu pracují, věděli jak cíle projektu (trojimperativ) splnit [26].

Z hlediska konstrukce OS můžeme definovat tyto tři cíle:

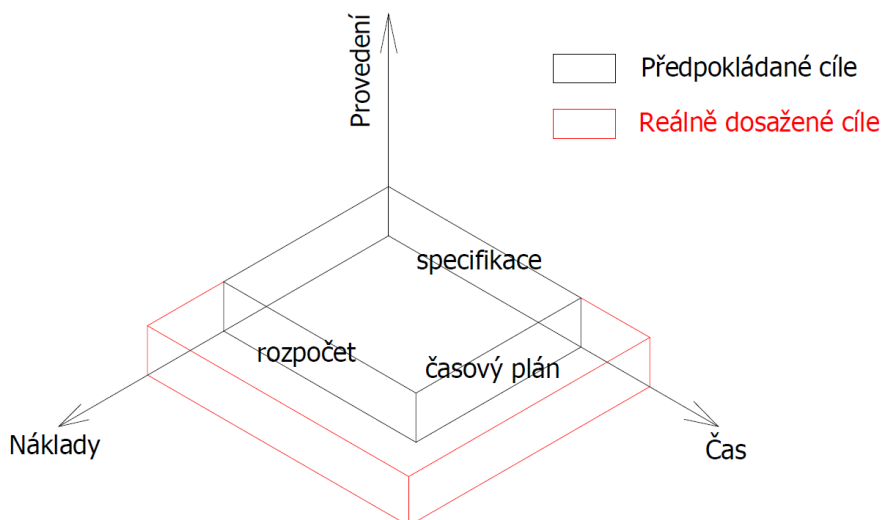
- Splnění požadavků kladených na stroj zákazníkem, výrobcem a normami.
- Dodržení časového fondu, který je určený ke konstrukci stroje.
- Nepřesáhnutí stanovených maximálních nákladů spojených s konstrukcí, následnou výrobou a expedicí stroje.

Je mnoho způsobů jak charakterizovat projekt. „Hmotný projekt“ a „nehmotný projekt“ jsou běžné termíny v závislosti na tom, zda konečným výsledkem je hmotný produkt (hardware), či zpráva nebo nějaká jiná forma dokumentace (software) [26].

Hlavním výstupem z projektu konstrukce OS je výkresová dokumentace (nehmotný projekt) a výstupem z projektu výroby a montáže stroje je reálný funkční stroj (hmotný projekt). Celý projekt tvorby OS se tedy skládá jak z nehmotného tak i z hmotného projektu.

Podmínky splnění „troimperativu“ je bohužel velmi obtížné splnit, protože vše, k čemu může během realizace jakéhokoliv projektu dojít, znamená hrozbu, že nebudou dosaženy požadované specifikace provedení a práce na projektu se zpozdí, takže dojde ke skluzu a tím i k překročení rozpočtu [26].

Plánování projektů napomáhá koordinaci a komunikaci, poskytují základ pro sledování průběhu projektu, často jsou nutné pro splnění požadavků zadavatele a umožňují vyhnout se problémům [26].



Obr. 46 Rozdíl mezi předpokládaným cílem projektu a reálně splněnými.

Při plánování konstrukce OS je nezbytně nutné počítat s dostatečnou časovou rezervou. V průběhu konstrukce stroje mohou nastat nečekané konstrukční problémy, výpadky lidských zdrojů a jiné komplikace, což bývá příčinou prodloužení doby konstrukčních prací a tím i prodloužení celého dodacího termínu stroje a zvýšení konečných nákladů. Často se stává, že požadované cíle projektu jsou odlišné od cílů dosažených viz Obr. 46. Specifikace a vlastnosti stroje jsou většinou dodrženy, kdežto náklady a doba tvorby OS bývají často překročeny.

8.3.1 Nástroje časového plánování

Hierarchická struktura činností je vhodnou metodou pro rozdělení projektu do pracovních balíčků, úkolů nebo činností. Hierarchická struktura činností snižuje

pravděpodobnost, že Vám něco vypadne. Jinak řečeno, účelem hierarchické struktury činností je zajistit, aby všechny požadované projektové činnosti byly logicky identifikovány a propojeny. V projektu konstrukce nového výrobního zařízení pro takový produkt je identifikace a následná realizace všech požadovaných úkolů klíčová pro včasné dokončení [26].

Časová dimenze plánu seřadí činnosti tak, že mezi nimi můžete identifikovat logické časové vazby. Obecně existují tři metody časového plánování: úsečkový diagram, milníky a síťové grafy. Obr. 47 uvádí přehled hlavních metod časového plánování. Úsečkové diagramy znázorňují časový plán činností nebo úkolů a diagram milníků ukazuje vybrané klíčové události. Síťové grafy znázorňují činnosti, události nebo obojí a zřetelně zobrazují jejich vzájemnou souvislost s těmi, které jim předchází, nebo po nich následují [26].

Grafické zobrazení	Lineární časová stupnice	
	Ne	Ano
Ne	Seznam úkolů nebo milníků	Úsečkové diagramy nebo diagramy milníků
Ano	Síťové grafy - Události v uzlu	Časově rozvržené úkoly s viditelnými vazbami vzájemně závislých úkolů
	Činnost v uzlu, Činnost na hraně	
	Kombinace s čímkoli v uzlu nebo na hraně	

Obr. 47 Tabulka srovnání metod časového plánování [26].

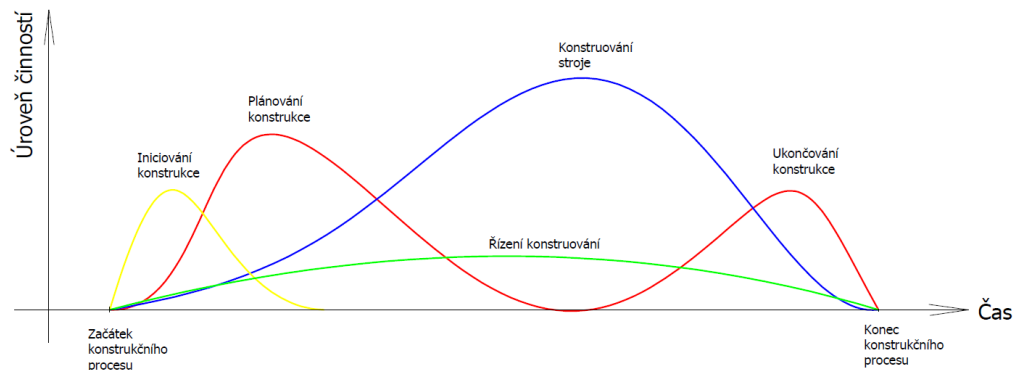
8.3.2 Řízení projektů

Úspěšné řízení projektů znamená dosáhnout požadované parametry provedení v daném termínu, nebo před ním a v rámci rozpočtových nákladů [26].

Řízení a realizace projektu (konstrukce OS) je proces, který je zajišťování pomocí skupin podprocesů (Obr. 48):

- **Iniciování konstrukce** je proces, ve kterém dochází k rozhodnutí a definování konstruovaného stroje.
- **Plánování konstrukce** zabezpečuje rozvržení konstrukčních prací v závislosti na časovém fondu, velikosti konstrukčního týmu a finančních limitech.
- **Konstruování stroje** přetváří požadavky zákazníka v patřičnou etnickou dokumentaci podle předem stanoveného pracovního plánu.
- **Řízení konstruování** dohlíží na průběh konstruování, zda jsou plněny požadavky na stroj, zda je postupováno podle stanoveného časového plánu a v případě komplikací v projektu tvoří opatření, aby byl projekt splněn v předem stanoveném čase a kvalitě.

- **Ukončování konstrukce** provádí vyhodnocení splnění požadavků kladných na konstrukční tým a uzavírá samotný konstrukční proces.



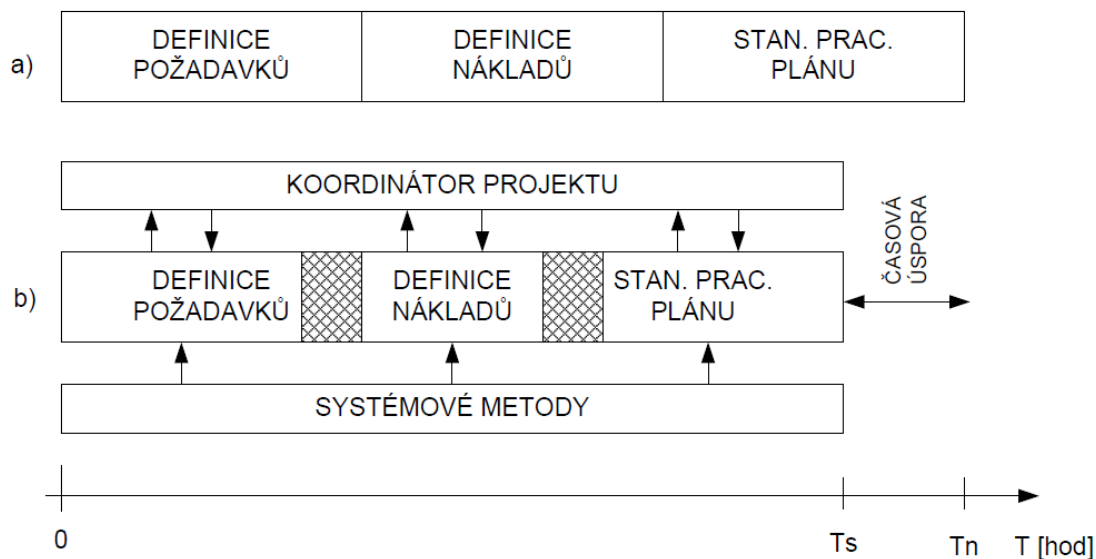
Obr. 48 Zobrazení základních procesů v průběhu řízení konstrukce stroje.

Tyto hlavní procesy obvykle řídí vedoucí projektu (vedoucí konstrukce). Ten má na starosti nejen koordinaci lidských zdrojů (konstruktérů), ale také komunikaci mezi dalšími středisky výrobního podniku, které se na tvorbě stroje podílí.

8.4 PŘÍNOS VYUŽITÍ SYSTÉMOVÉHO PŘÍSTUPU V ETAPĚ PLÁNOVÁNÍ

Využitím systémového přístupu v průběhu etapy Plánování by mělo dojít ke zvýšení kvality vykonávaných prací ze čtyř hledisek:

- **Zkrácení potřebného časového fondu pro etapu Plánování.** V současné době se stále ve většině výrobních společností vykonávají všechny úkony spojené s etapou Plánování posloupně tak, že jeden úkon následuje ten předešlý až po jeho finálním dokončení. V tomto případě je nutné vyčlenit pro etapu Plánování poměrně velký časový fond. Některé činnosti se ovšem dají provádět paralelně. Již v počátku projektu jsou totiž známy hlavní požadavky na rozměry a koncepce stroje. Tyto vlastnosti mají hlavní podíl na výrobních nákladech stroje, a také počtu konstruktérů, kteří se na vývoji budou podílet. Z těchto důvodů je možné paralelně pracovat na definici nákladů a plánování lidských zdrojů, neboť drobná změna v zadání projektu nemá na tyto navazující fáze příliš zásadní vliv. Na Obr. 49 je zobrazen časový průběh etapy Plánování při použití nesystémového a systémového přístupu při návrhu OS.



Obr. 49 Časový průběh etapy Plánování při použití nesystémového (a) a systémového přístupu (b) při návrhu OS.

- **Detailní rozbor požadavků kladených na požadovaný obráběcí stroj** je velmi důležitý, jelikož včasné a důkladné porozumění požadavkům zákazníka výrobce i státu má zásadní vliv na výslednou spokojenost zákazníka i výrobce. Na dnešní zákazníky pozitivně působí možnost přizpůsobení stroje dle jejich požadavků a přání. Pokud budou na začátku projektu známy detailně všechny požadavky zákazníka, nemělo by poté docházet v průběhu projektu ke změně zadání, a tím ke komplikacím spojených s konstrukcí a dodacím termínem výkresové dokumentace.
- **Redukce nákladů na vytvoření obráběcího stroje** je možné dosáhnout několika způsoby. Jako velmi účinný způsob se jeví využití Machine tool cost reduction method. Tato metoda se využívá při tvorbě zcela nového, nebo výrazně inovovaného OS. Cílem je postupně snížit výrobní náklady všech částí stroje o předem stanovenou hodnotu. Snižování nákladů na vytvoření OS při zachování stávající technické kvality by měl být jeden z hlavních cílů konstrukčního týmu.
- **Podrobné naplánování harmonogramu prací** napomáhá ke splnění předem dohodnutého dodacího termínu, což je jeden ze tří hlavních požadavků kladených OS. Využitím metod plánování projektů dochází k podrobnému naplánování průběhu prací na tvorbě OS. Stanovený plán je pak možné snadno konfrontovat se skutečností a pokud dojde ke zpoždění v projektu, je možné provádět patřičné zásahy včas.

9 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP V ETAPĚ VÝVOJ

Vývojová etapa v životním cyklu OS patří mezi jeho nejkomplicovanější fáze. Ve většině případů se jedná o nejdelší část v etapě tvorby OS. Vstupem do této etapy jsou technické parametry stroje, požadavky zákazníka nebo trhu, časový plán a rozpočet. Výstupem pak souhrn informací, které umožní výrobu a montáž OS.

Vývojová etapa je souhrnný termín pro etapu životního cyklu OS, kde se požadavky zákazníka mění v dokumentaci ke stroji. OS se ale ve většině případů konstruuje.

Vývojový proces je mnohem více abstraktní než konstrukce. Na počátcích bývají definovány cíle vývoje. Dopředu ale není známo, zda a jak budou cíle splněny. Cílem vývoje je obvykle definování nových materiálů, technologií nebo systémů. Výstupem bývá závěrečná zpráva, funkční vzorek nebo prototyp, pro který se hledá uplatnění v praxi.

V oblasti OS se v posledních několika desítkách let nejvíce investovalo do vývoje nakupovaných mechanických a elektrických komponent. Z mechanických komponent to jsou např. kuličkové šrouby, přesné valivé lineární vedení, velkorozměrová ložiska apod. U elektrických komponent jsou velkým přínosem digitální řídicí systémy, absolutní rotační i lineární odměřování, digitální pohony apod.

Při konstrukci OS se pak využívá těchto nakupovaných komponent a díky nim je možné dosáhnout stále vyšších výkonnostních i přesnostních parametrů.

Konstruování je v mnoha případech komplikovaný proces, na jehož počátku jsou přesně definovány požadavky na konstruované zařízení, přibližná doba konstruování a maximální náklady.

Konstruktor pak studuje minulé díla, vybírá, odkrývá, přeskupuje a kombinuje. Tomuto procesu se říká syntéza. Syntéza je racionální (rozumový) přístup ke konstruování, při kterém konstruktor nakládá se známými skutečnostmi, myšlenkami, možnostmi, rovnicemi a dalšími informacemi tak, aby dosáhl svého konstrukčního cíle [24].

Výstupem je obvykle výrobní dokumentace k zařízení, montážní postupy, návody na obsluhu a další nezbytné dokumenty. OS, které jsou dnes konstruovány, zpravidla nepřinášejí na trh převratná řešení a novinky. Spíše se jedná o inovace stávajících řešení a doplnění strojů o dílčí technologie, nebo aplikaci nových prvků vyvinutých v univerzitním prostředí.

OS jsou tedy spíše konstruovány než-li vyvíjeny. Ve většině případů je jednoznačné zadání a vychází se z osvědčených řešení předešlých strojů, které se do určité míry inovují a doplňují. Vývoj v oblasti OS se odehrává zejména na technických univerzitách, u dodavatelů speciálních komponent a u několika špičkových výrobců OS.

9.1 OPTIMALIZACE V OBLASTI KONSTRUKCE OBRÁBĚCÍHO STROJE

Optimalizace je proces, jehož úkolem je nalezení optimálního řešení zadaného problému, nejčastěji pomocí matematických nástrojů. Optimální řešení je nejlepší možné řešení (ideální), které však v konstrukci OS ve většině případů nelze dosáhnout [8].

V oblasti OS mohou být v určitých případech použity tři druhy optimalizace:

- Matematická optimalizace.
- Optimalizace konstrukce.
- Optimalizace stavby OS.

9.1.1 Matematická optimalizace

Matematická teorie optimálních procesů se zabývá teoretickými i praktickými otázkami spojenými s řešením optimalizačních úloh. Optimalizační úlohou se rozumí úloha nalézt bod, v němž jistý funkcionář či funkce nabývá svého extrému.

Optimalizační úlohy rozdělujeme dle charakteru neznámých veličin na dvě základní skupiny. Na úlohy parametrické optimalizace a na úlohy optimalizace funkční [24].

V případě úloh parametrické optimalizace jde o úlohy o nalezení bodu (hodnot jistého návrhového vektoru) x , v němž daná funkce $f(x)$ dosahuje svého extrému (maxima či minima) při splnění jistých podmínek, které jsou předepsány ve formě soustavy rovnic a nerovnic. Úlohou funkční optimalizace nazýváme úlohu o nalezení funkce (či souboru funkcí) $y(x)$ p -rozměrné proměnné x definované na jisté množině $\Omega \subset E_p$, v nichž nabývá daný funkcionář největší (případně nejmenší) hodnoty mezi všemi funkcemi splňujícími další (tzv. vedlejší) podmínky dané soustavou nějakých algebraických, transcendentních, diferenciálních, či integrálních rovnic případně nerovnic [24].

Čistě matematická optimalizace je v konstrukci OS obtížně využitelná, jelikož je komplikované optimalizovaný objekt a veškeré vstupy a výstupy popsat matematicky.

9.1.2 Optimalizace konstrukce

Princip konstrukční optimalizace spočívá v takové volbě změnitelných (tedy těch, které lze měnit - navrhovat) faktorů (činitelů), aby efektivita systému byla maximální při současném splnění požadavku účelovosti vyjádřeného ve formě vedlejší podmínky [24].

Teorie výpočetního konstruování se většinou soustředí na určení optimálních rozměrů pro různé druhy forem při zatížení a na určení tendencí, které vycházejí z pozorování a srovnání dosažených výsledků. V posledních desetiletích se však dosáhlo značného pokroku také v oblasti optimalizace materiálu, tvaru a topologie formy [24].

Navrhování konstrukce je proces, při němž dochází k určení konfigurace (materiálu, formy a rozměrů) konstrukce, na kterou je kladen jistý požadavek účelovosti (např. z hlediska neseného zatížení) při snaze o dosažení co nejlepšího výsledku v jistém způsobu zavedené míry efektivity. Forma konstrukce popisuje tvar a vzájemné uspořádání jednotlivých prvků konstrukce (čili topologie konstrukce). Rozměry jsou veličiny, které definují velikost jednotlivých prvků konstrukce a velikost konstrukce jako celku [24].

Obecný postup, jímž se vytváří návrh konstrukce v případě využití optimalizačních metod se nazývá Metodologický postup optimalizace konstrukce. Tento postup je ve formě systematické krokové procedury rozdělené do osmi fází [24].

Metodologický postup konstrukční optimalizace [24]:

Technická formulace konstrukčních cílů:

- I. Fáze – Poznání vnějších podmínek.
- II. Fáze – Stanovení kritérií určení optima.
- III. Fáze – Specifikace formy a volba návrhových proměnných.
- IV. Fáze – Stanovení vedlejších podmínek.
- V. Fáze – Sestavení matematického modelu fyzikálně zjednodušené technické úlohy.

Vlastní optimalizace:

- VI. Fáze – Výběr vhodné matematické optimalizační metody a formalizace extrémální úlohy.
- VII. Fáze – Matematické řešení formalizované extrémální úlohy.
- VIII. Fáze – Technická interpretace získaného řešení.

Optimalizace konstrukce je výpočtový nástroj, který se v dnešní době v konstrukci OS příliš nepoužívá. Tato metoda je určena spíše pro optimalizaci konstrukcí jeřábů, mostů, budov apod.

Počítačová podpora pevnostních výpočtů v konstrukci strojů

Všechny analytické a numerické nástroje, jež v sobě odráží teorie mechaniky těles a dalších technických disciplín, ať už jsou realizovány myšlenkově a manuálně (tedy na papíře), nebo myšlenkově za pomoci programového vybavení (s počítačovou podporou), mají za úkol tvůrcům objektů poskytnout informaci v situacích, kdy je potřeba učinit rozhodnutí, jež přesahuje schopnosti lidského mozku, lidské představitivosti a zkušenosti, zda provozní chování technických objektů (reakce na zatížení...) jsou takové, jaké jsou objednány, jaké se očekávají či požadují od nově vznikajících výrobků. Výstupem technických výpočtů je zejména informace, která slouží jako podklad pro tvůrčí a rozhodovací činnosti projektanta [21].

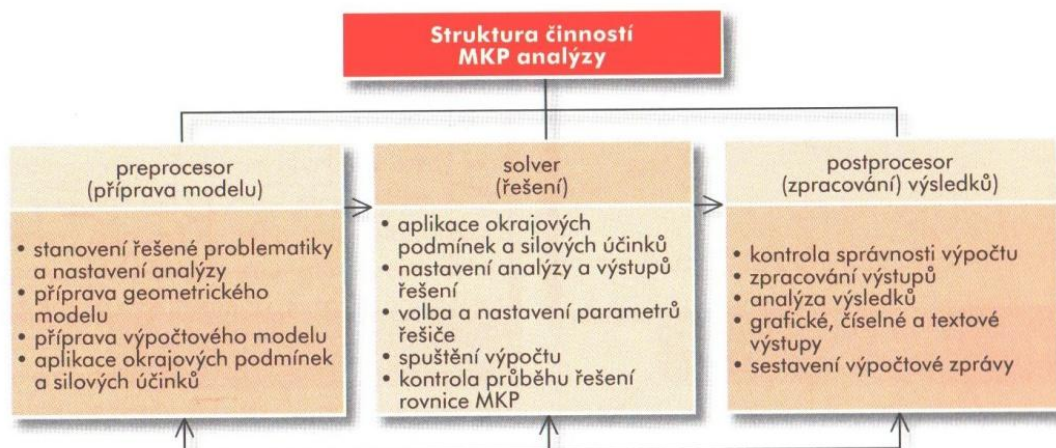
Na jedné straně se vzniklé konstrukční problémy řeší živelně, tzv. pokus-omyl, kdy mezním stavem dokonalosti tohoto přístupu je hledání řešení „co pokus, to omyl“ (vyčerpáním všech mylných či špatných řešení zůstává řešení správné). Problém je v tom, že na rozdíl od (jednoho, několika málo) správných řešení těch

mylných může být nekonečně mnoho. Obecně je z důvodu časových, kapacitních, finančních, společenských atd. nepřijatelné realizovat činnosti, které nepřinášejí užitek, proto je nezbytné řešení problémů usměrnit systémovým přístupem. Řešení problému systémovým přístupem, tj. přístupem, který splňuje systémové atributy, vede po všech stránkách ke zvýšení efektivity a zvýšení pravděpodobnosti nalezení správného (akceptovatelného) řešení [21].

Výpočtovému modelování a řešení problémů mechaniky těles zejména pak pružnosti a pevnosti v současnosti dominuje metoda koncepcních prvků (MKP). Pomocí nástrojů této numerické metody lze řešit i úlohy statiky, kinematiky, dynamiky a další, přitom základní disciplínou mechaniky těles zůstává analytická mechanika [21].

Počítačová podpora technických výpočtů metodou konečných prvků

Na Obr. 50 je zachycena struktura základních činností (zároveň odpovídá struktuře konečnoprvkového programu), které výpočtář musí během výpočtového modelování učinit. Preprocessor je oblast přípravy výpočtového modelu. Sestává ze dvou intelektuálních tvůrčích činností, které nelze svěřit programu (nelze je automatizovat) [21].



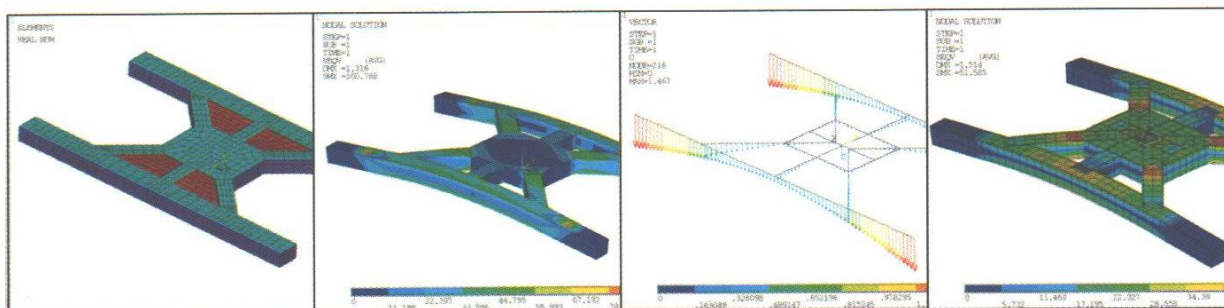
Obr. 50 Základní činnosti výpočtového programu v prostředí MKP programu [21].

Řešení výpočtového modelu je z velké části záležitostí konečno-prvkového programu. Diskretizovaný model reálného objektu, který uživatel vidí na monitoru, je pouze vizualizovaná podoba srozumitelná uživateli. Pro počítač výpočtový model představuje soustavu rovnic, kterou je spolu se spuštěním výpočtu potřeba vyřešit.

Dominující postprocesor je generování a zpracování výsledků výpočtů. Obsahuje výbavu programových příkazů, které uživateli umožňují získat co nejvíce výstupů z počítačového modelu. Obsaženy jsou příkazy pro získání hledaných závislých veličin analytické teorie. Samozřejmostí jsou posuvy, deformace, napětí a napjatosti v hlavních a vedlejších směrech dle základních analytických formulací. Zobrazit lze reakční síly, vykreslit deformační křivky [21].

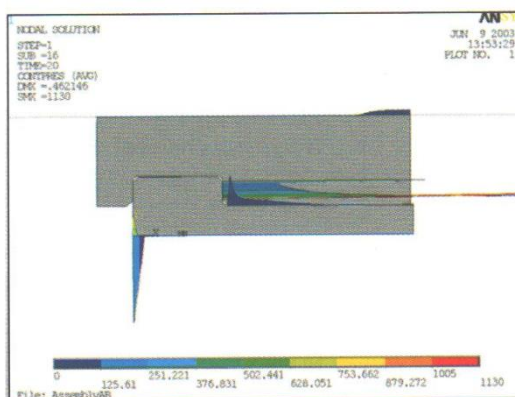
Základní typy konečněprvkových úloh v oboru obráběcích strojů

Výpočtové modelování v oblasti konstrukce a vývoje OS pomocí výše uvedených metod se zaměřuje na dílčí konstrukční celky Obr. 51, jednotlivé součásti a naproti tomu zejména celé nosné struktury – rámy. Snahou konstruktérů a výpočtářů je nalézt takové uspořádání a geometrické řešení rámu, aby dosahovaly co největší statickou a dynamickou tuhost [21].



Obr. 51 Rám manipulátoru řešeného pomocí skořepinového (vlevo) a prutového modelu (vpravo) [Toshulin].

U součástí přenášejících velké výkony, velká silová zatížení je naopak cílem dosáhnout co největší únosnosti součástí (mnohdy při zachování vysoké tuhosti), obvykle za rozměrových omezení a jejich velké tvarové složitosti. V prvním případě jsou sledovány zejména deformace, ve druhém napětí a napjatost. Úlohy jsou díky materiálovým vlastnostem a kontaktům Obr. 52 obvykle nelineární [21].



Obr. 52 Rozložení kontaktních napětí v mechanickém zámku [Toshulin].

Metoda konečných prvků dokáže řešit úlohy (simulovat chování objektů) velmi účinně bez ohledu na její složitost (zejména geometrickou). To znamená, že pomocí MKP dospěje ke správnému řešení kontroly pera, ložisek, šroubového spoje, stejně tak i celého rámu stroje [21].

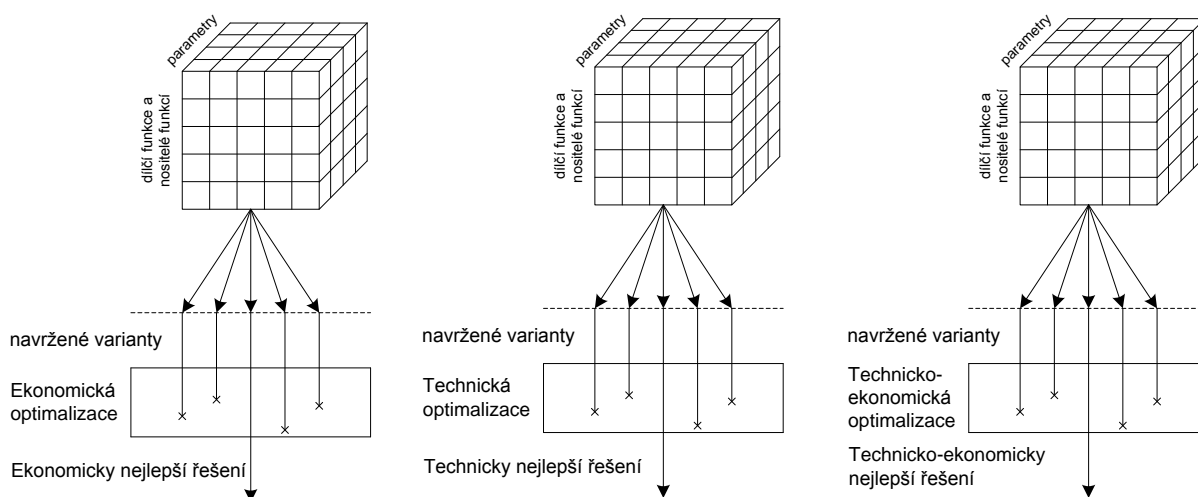
MKP je v současné době velmi často používaný nástroj při řešení dílčích konstrukčních úkolů. V konstrukci OS se využívá zejména k optimalizaci tvaru či materiálu součástí vzhledem k požadovaným vlastnostem. Dále pak ke zjišťování mezních stavů navržených částí stroje a tím k predikci poruch a případným zraněním obsluhy.

9.1.3 Optimalizace stavby obráběcího stroje

Optimalizaci stavby OS není možné chápat jako ryze matematickou úlohu, proto není jednoduché využít čistě matematických metod pro výběr optimální stavby OS. Optimalizace konstrukce OS je úkol, jehož cílem je především nalezení nejlepší možné funkční struktury stroje, výběr vhodných komponentů a správná volba navrženého konstrukčního řešení [8].

K prvotní optimalizaci OS by mělo docházet již při definici počátečních konstrukčních zadání. Tyto úkoly většinou vyplývají z průzkumu trhu, nebo potřeb zákazníka. Často ale dochází k prvním rozporům již při stanovování konstrukčního úkolu. Cílem marketingu je uvést na trh výrobek splňující požadavky širokého okruhu zákazníků, výrobek inovativní a konkurenceschopný. Tyto požadavky se ale mnohdy neslučují s potřebami výroby. Minimální využití již používaných komponent, zavádění, pro výrobu, neznámých technologií a používání nových materiálů se negativně projevuje na složitosti konstrukce i výroby a tím i výsledné výrobní ceně, což může zpětně snížit i konkurenceschopnost výrobku na trhu [8].

K určitému kompromisu by se mělo dospět již v této počáteční fázi života navrhovaného produktu. V dnešním konkurenčním prostředí je jistě nutné rychle reagovat na požadavky trhu, ale je třeba brát ohled na konstrukční a výrobní schopnosti dané společnosti [8].



Obr. 53 Schéma ekonomické, technické a technicko-ekonomické optimalizace [8].

Při stavbě OS bývají nejčastěji využívány tři druhy optimalizace (Obr. 53) [8]:

- Technická optimalizace.
- Ekonomická optimalizace.
- Technicko-ekonomická optimalizace.

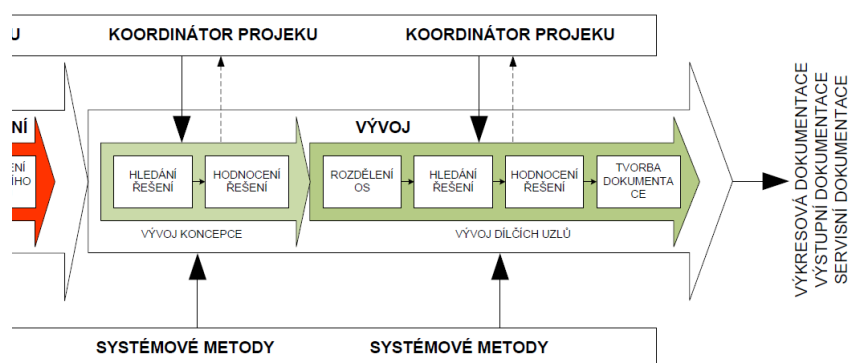
Při technické optimalizaci je snaha vytvořit OS na maximální možné technické úrovni, splňující nejvyšší nároky na výkonnostní, tuhostní a přesnostní parametry. Je-li kladen nejvyšší důraz na celkové náklady nutné k výrobě OS, mluvíme o optimalizaci ekonomické. Je-li cílem navrhnout OS na relativně vysoké technické úrovni při zachování přiměřených nákladů na vývoj a výrobu, volí se technicko-ekonomická optimalizace [8].

V oblasti OS se nejčastěji setkáváme s optimalizací technicko-ekonomickou. Většina výrobců se snaží produkovat stroje s poměrně vysokými výkonnostními parametry a užitnými vlastnostmi při zachování příznivé ceny pro zákazníka. V praxi to často znamená, že nejdůležitější části stroje, jako jsou vřeteníky, nebo pohybové osy, bývají vybaveny komponenty na špičkové technické úrovni a naopak aby výrobce dosáhl konkurenceschopné ceny stroje, musí hledat úspory např. na přídatných zařízeních, příslušenství, nebo dodávkách části strojů z mimoevropských trhů.

Technicko-ekonomická optimalizace stavby OS tedy znamená nalezení optimálního řešení stavby OS, které nejlépe splňuje technické i ekonomické požadavky kladené na OS.

9.2 ROZDĚLENÍ ETAPY VÝVOJ

Jak již bylo popsáno výše, Vývojovou etapou rozumíme zejména konstrukční proces, v průběhu kterého vzniká dokumentace k výrobě a smontování stroje dle požadavků zákazníka. Celou Vývojovou etapu je možné rozdělit do dvou hlavních fází (Vývoj koncepce stroje a Vývoj dílčích uzlů) viz Obr. 54.

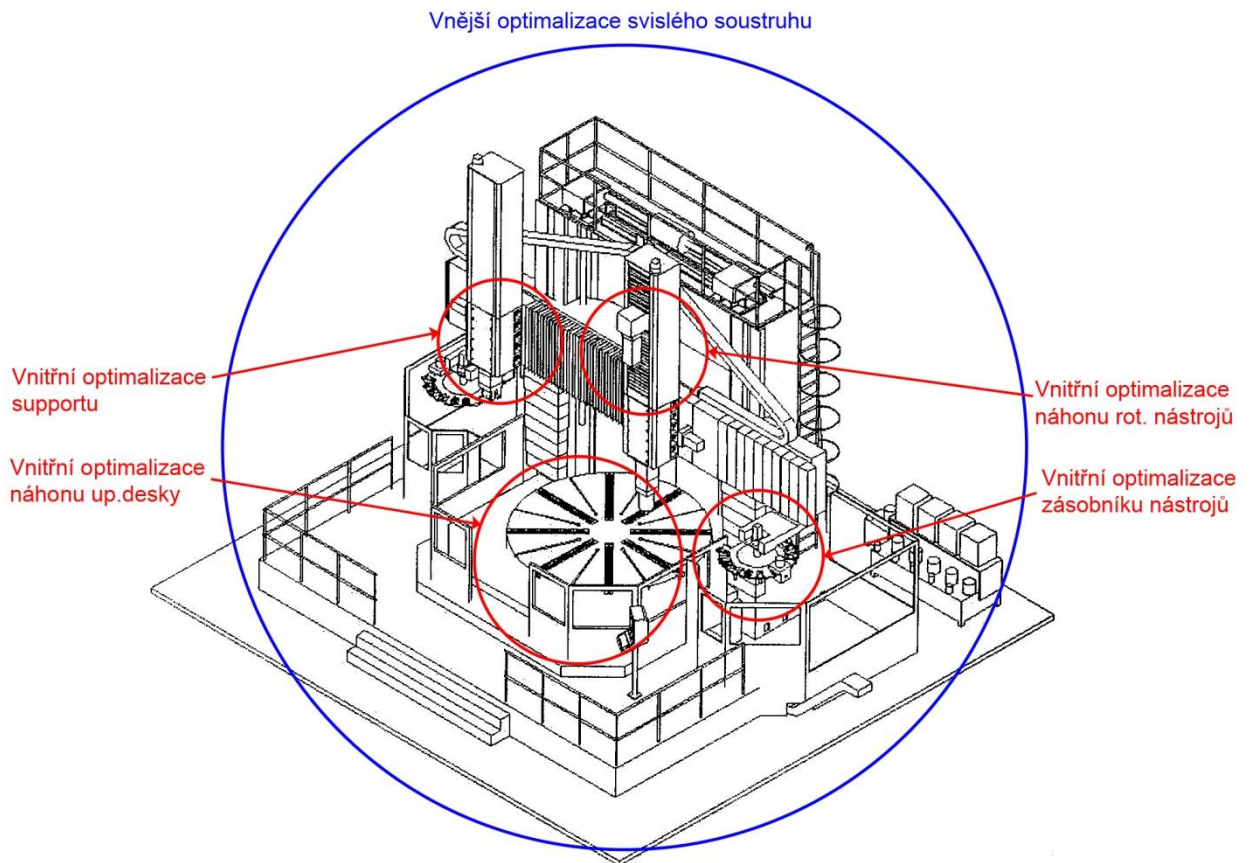


Obr. 54 Schéma rozdělení etapy vývoj do dvou hlavních fází.

V první části této etapy (Vývoj koncepce) je tvořena koncepce budoucího stroje. Je velmi důležité, aby byly důkladně prostudovány požadavky na stroj (zejména technické a ekonomické) a na základě zkušeností pracovníků a vnější optimalizace stavby OS byla zvolena vhodná kinematika stroje, pojezdy, rozměry, parametry vřeteníků, nosnosti skupin apod. Tato etapa má velký vliv na výsledné reálné chování stroje, jeho přesnost, tuhost, náklady apod.

Ve druhé části Vývojové etapy (Vývoj dílčích uzlů) dochází k vlastní detailní konstrukci a vnitřní optimalizaci celého stroje. V této fázi se nejprve stroj rozdělí do jednotlivých uzlů a ty se začínají postupně konstruovat. Při konstruování se vychází ze zvolené koncepce stroje a výstupem této etapy je kompletní dokumentace ve formě výkresů a kusovníků.

V průběhu Vývojové etapy se tedy hledá optimální řešení (v případě OS řešení, které nejlépe splňuje technické a ekonomické požadavky) vnější i vnitřní stavby OS. Na Obr. 55 je zobrazen konkrétní příklad vnitřní i vnější optimalizace stavby obráběcího centra.

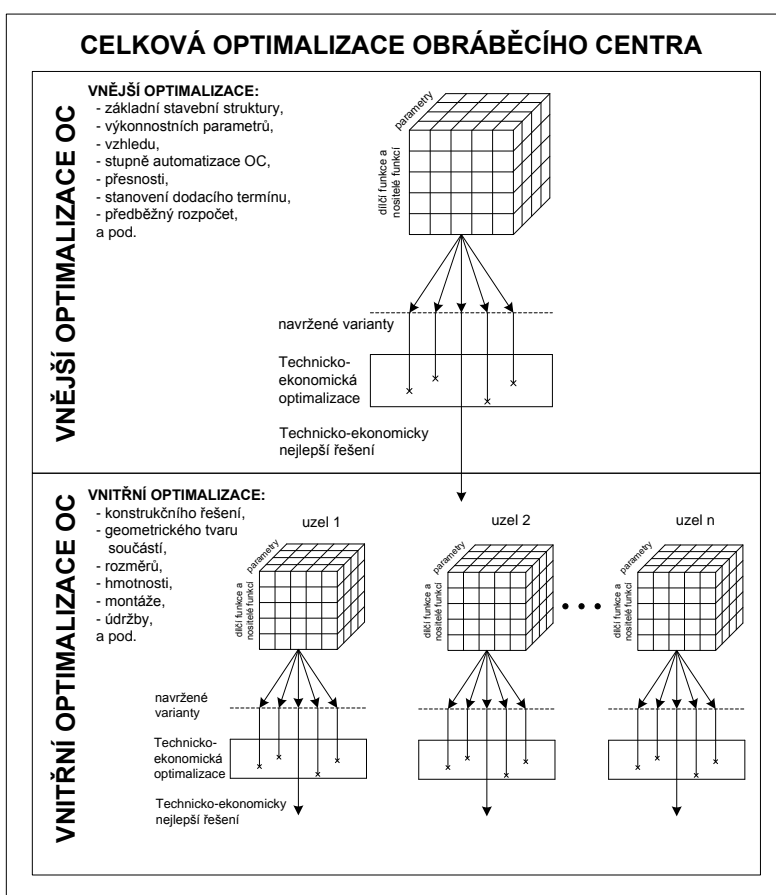


Obr. 55 Konkrétní příklad vnitřní a vnější optimalizace stavby svislého soustruhu společnosti TOSHULIN [8].

Při optimalizaci OS je nejčastěji používána technicko - ekonomická optimalizace, neboť zákazník ve většině případů upřednostňuje stroj s poměrně vysokými

technickými parametry, ale zároveň také stroj finančně dostupný. V první fázi (vnější optimalizace) je OS posuzován jako celek a z několika navržených variant je pomocí vícekritériálního hodnocení variant zvoleno jedno řešení, které se dále rozpracuje. Ve druhé fázi (vnitřní optimalizace) je nejčastěji posuzována konstrukční struktura a použité komponenty u jednotlivých uzlů stroje. Stavební struktura těchto uzlů vyplývá z požadovaných parametrů kladených na jednotlivé části stroje a i zde je možné vytvořit několik koncepčních variant, které je nutné posoudit jak z hlediska technického, tak i ekonomického.

Velké OS jsou často vyvíjeny několika konstrukčními týmy najednou, a proto je třeba mít vždy na mysli, že jednotlivé uzly OS na sebe musí navzájem navazovat a spolupracovat. Na Obr. 56 je znázorněn postupný proces technicko-ekonomické optimalizace OS.



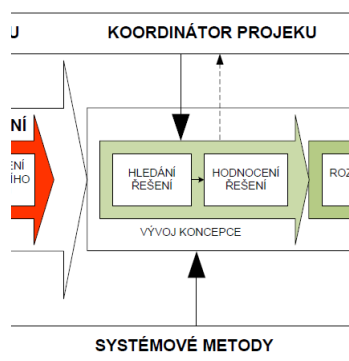
Obr. 56 Schéma postupné technicko-ekonomické optimalizace OS [8].

9.3 HLEDÁNÍ OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ KONCEPCE OBRÁBĚČÍHO STROJE (VNĚJŠÍ OPTIMALIZACE)

Koncepce OS může být pro tým konstruktérů, kteří se následně podílí na konstrukci daného stroje charakterizována také jako mapa. Z této mapy konstruktéři vyčtou základní parametry stroje, zvolenou kinematiku a všechny jeho hlavní funkce.

V tomto kroku nejsou posuzovány tvary dílčích součástí, nebo výkony posuvových pohonů apod., v této části se stroj posuzuje zvenčí.

Stanovení a výběr vhodné koncepce není jednoduchý a závisí na mnoha aspektech, zejména na technických a ekonomických požadavcích zákazníka, ale i výrobce.



Obr. 57 Schematický průběh Vnější optimalizace OS.

Hledání optimálního řešení koncepce OS můžeme nazvat jako Vnější optimalizace koncepce OS. V této fázi dochází k upřesnění základní skladby stroje, požadovaných výkonnostních parametrů, pojezdových rozsahů, výběr vhodné kinematiky apod. Cílem vnější optimalizace není jen nalezení nejvhodnější koncepce a parametrů stroje, ale také navržení stroje bezpečného, cenově dostupného a přizpůsobení stroje požadavkům zákazníka.

Vzhledem k důležitosti správného výběru koncepce stroje je nutné postupovat systematicky ve dvou hlavních krocích Obr. 57. Nejprve Hledání řešení a poté Hodnocení řešení.

9.3.1 Hledání řešení

Cílem této etapy je navrhnout několik variant koncepcí požadovaného stroje, které budou dále posuzovány a hodnoceny. Tyto varianty by měly vyplynout z analýzy všech požadavků na OS z hlediska zákazníka, zaměstnavatele a také platných norem a zákonů v zemi, kde bude stroj provozován.

Etapa Hledání řešení se rozděluje na fáze:

- Analýza zadání.
- Tvorba variant řešení.

Analýza zadání

V této fázi by již požadavky na OS měly být konečné (neměly by se výrazně měnit), což je důležité pro další etapy tvorby OS. Pokud by se v průběhu vývoje stroje požadavky zákazníka, nebo výrobce změnil, mohlo by to znamenat zpoždění projektu a tím i zvýšení celkových nákladů a případné komplikace ve výrobě.

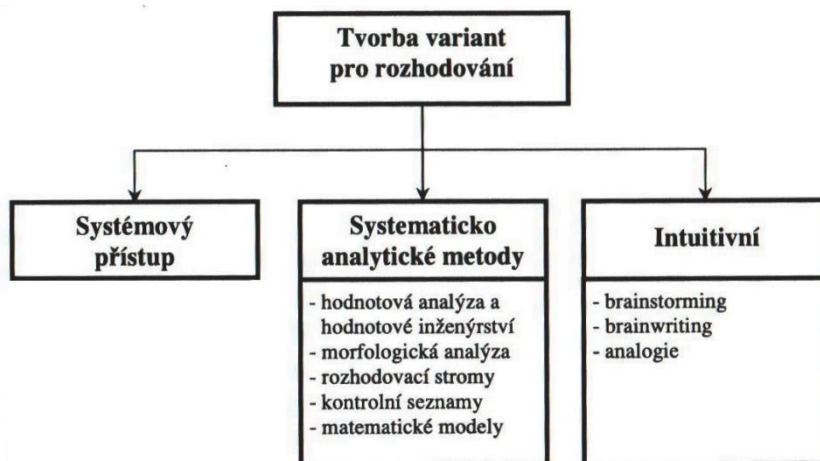
Důkladné porozumění požadavkům kladených na budoucí OS má pozdější vliv na jeho stavbu i funkčnost. V této fázi je stále možné komunikovat s obchodním oddělením a zákazníkem pro upřesnění konstrukčního zadání.

Tvorba variant řešení

Dá se říci, že téměř každá technická úloha lze řešit několika různými způsoby. U jednoduchých úloh není nutné složitě vytvářet a dokumentovat několik způsobů realizace. Tento proces je vhodný zejména při hledání řešení komplikovaných úloh, jako je např. koncepce stavby OS.

Při výběru variant je možné se dopustit řady chyb. Podvědomě již v počáteční fázi může konstruktér některou variantu preferovat. Konstruktéři mají přílišnou důvěru ve svoje první nalezené řešení. Naopak často mohou podceňovat variantu, která je málo a nedostatečně popsána. Je možné pozorovat snahu, kdy je subjektivně přisuzována větší váha snadno popsatelným kritériím [22].

Tři možné směry tvorby variant jsou zobrazeny na Obr. 58.



Obr. 58 Tvorba variant [22].

Při tvorbě variant koncepce stroje je důležité, aby konstruktér již měl základní představu o tom, jak by mohl stroj „vypadat“ (jaká koncepce bude pro dané požadavky zřejmě vyhovující). Zkušený konstruktér většinou dovede velmi rychle ze zadaných parametrů určit koncepci stroje, se kterým se již v minulosti setkal. V případě že se jedná o OS v něčem nový, nebo má-li koncepci vytvořit méně zkušený konstruktér, je vhodné využít morfologickou matici pro vytvoření několika variant koncepce.

V prvním kroku je nutné zjednodušeně ve funkcích popsat daný stroj, nebo jeho část. Ke všem jeho hlavním funkcím je přiřazeno několik různých způsobů jejich realizace. V takto vzniklé morfologické matici je možné definovat velký počet stávajících, ale i úplně neznámých variant koncepce stroje. Na Obr. 59 je zobrazena obecná morfologická matice s provedeným výběrem jedné varianty řešení hledaného problému.

Funkce 1	způsob realizace 1	způsob realizace 2	způsob realizace 3	způsob realizace 4
Funkce 2	způsob realizace 1	způsob realizace 2	způsob realizace 3	způsob realizace 4
Funkce 3	způsob realizace 1	způsob realizace 2	způsob realizace 3	způsob realizace 4
Funkce 4	způsob realizace 1	způsob realizace 2	způsob realizace 3	způsob realizace 4
Funkce 5	způsob realizace 1	způsob realizace 2	způsob realizace 3	způsob realizace 4

Obr. 59 Obecná morfologická matice.

Morfologická matice je nástroj, s jehož pomocí lze sestavit velké množství variant řešení zadaného problému a je možné ji velmi dobře aplikovat v případě hledání variant koncepce OS.

Tvorba variant pomocí morfologické matice by neměla být prováděna zcela náhodně. Vždy je nutné již při výběru hlavních funkcí stroje a jejich variant znát dobře požadované vlastnosti a parametry. Podle těchto hlavních znaků musí konstruktér vybírat vhodné základní uspořádání stroje, nejdůležitější použité komponenty apod.

Tímto způsobem získané varianty jsou pak dále hodnoceny podle zvolených kritérií.

9.3.2 Hodnocení řešení

Výstupem z této fáze životního cyklu OS by měla být jedna optimální varianta koncepce OS. Tato varianta je získána výběrem z několika vstupních možností plynoucích z morfologické matice.

Jednotlivé varianty jsou v této fázi hodnoceny podle několika kritérií. Tyto kritéria jsou v podstatě požadavky kladené na OS. Vzhledem k tomu, že výrobce i zákazník kladou na stroj technické i ekonomické požadavky, měla by se každá varianta hodnotit z technického i ekonomického hlediska.

Pro posuzování vybraných variant je možné využít metodu vícekritériálního hodnocení variant. Jedná se o jednu z mnoha optimalizačních metod. Tato metoda se používá tehdy, je-li známo několik možných variant, které je nutné vyhodnotit na základě několika daných kritérií.

Etapa Hodnocení řešení se rozděluje na fáze:

- Stanovení technických kritérií pro vnější optimalizaci OS.
- Stanovení ekonomických kritérií pro vnější optimalizaci OS.
- Hodnocení vah kritérií.
- Hodnocení variant.

Stanovení technických kritérií pro vnější optimalizaci obráběcího stroje

Technická kritéria slouží k posouzení zejména vnějších technických vlastností OS. Tato kritéria by měla vést k hodnocení stroje vzhledem k požadavkům výrobce, zákazníka a platných norem. Cílem je výběr optimální varianty, která nejlépe splňuje zadané technické požadavky na konstruovaný OS. Rozdělení a výběr základních technických kritérií pro hodnocení koncepce stroje je zobrazeno na Obr. 60.

Technická kritéria pro vnější optimalizaci struktury OS mohou být rozdělena do tří hlavních kategorií:

- **Kritéria vzhledem k požadavkům výrobce** odrážejí požadavky výrobce na hlavní technické vlastnosti OS. Jedná se zejména o kinematiku stroje, jeho výkonnost, stupeň automatizace, vnější rozměry, hmotnost apod.
- **Kritéria vzhledem k požadavkům zákazníka** souvisí s požadavky zákazníka na OS. V tomto případě zákazníka zajímají výkonnostní parametry stroje, možnost upravení stroje, způsob řízení apod.
- **Kritéria vzhledem k platným normám** slouží k posouzení hledané koncepce OS z hlediska míry splnění normativních požadavků na bezpečnost, ekologičnost a elektro-kompatibilitu.

Kritéria vzhledem k požadavkům výrobce:

1. Kritéria vzhledem ke koncepci stroje:

- Konstruktivní kritéria:
 - **Stupeň automatizace** (kritérium slouží k hodnocení OS podle úrovně automatizace, zda se jedná o stroj konvenční nebo stroj, který může pracovat v bezobslužném provozu, apod.).
 - **Počet pohybujících se os** (kritérium slouží k hodnocení OS podle počtu hlavních lineárních, rotačních nebo kyvných pracovních os).
 - **Počet pracovních jednotek** (kritérium slouží k hodnocení OS podle počtu hlavních a vedlejších pracovních jednotek, které vyvozují hlavní řezný pohyb obrobku nebo nástroje).
 - **Tvar, velikost a nosnost pracovního prostoru** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska tvaru, polohy, velikosti, nosnosti a dostupnosti pracovního prostoru OS).
 - **Druh pohonů** (kritérium slouží k hodnocení OS podle vhodnosti zvolených pohonů pro danou aplikaci a způsobu jejich řízení).
 - **Novost koncepce** (kritérium slouží k hodnocení celkové koncepce OS vzhledem k současným trendům v oblasti OS a v porovnání s konkurenčními výrobci koncepčně podobných OS).
 - **Technická složitost** (kritérium slouží k hodnocení náročnosti budoucí výroby, montáže a testování OS).
- Kritéria hodnotící interakci OS s okolím:

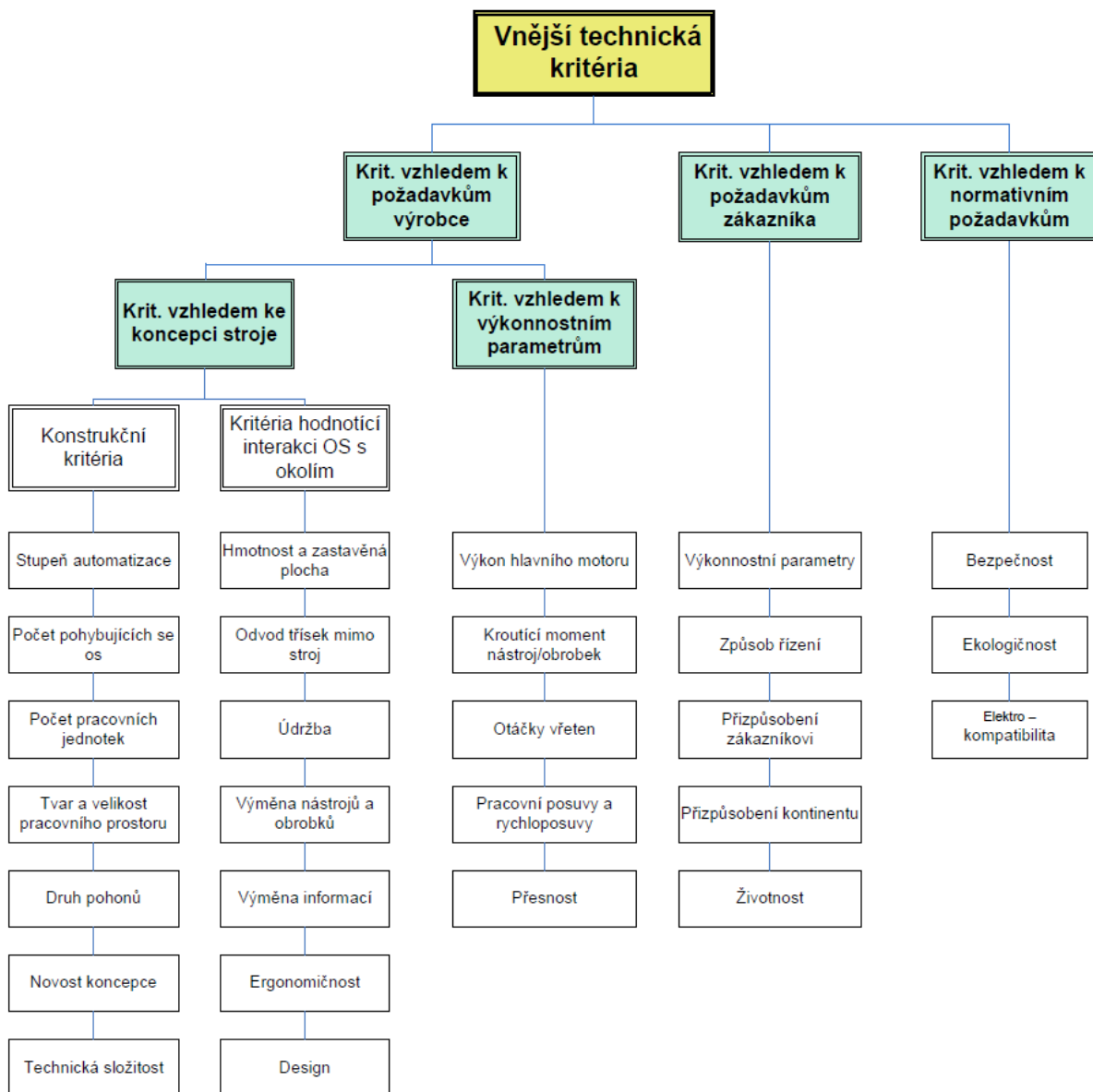
- **Hmotnost a zastavěná plocha** (kritérium slouží k hodnocení celkové hmotnosti a zástavbových rozměrů OS).
 - **Odvod třísek mimo stroj** (kritérium slouží k hodnocení schopnosti OC odvádět třísky z řezného procesu mimo stroj).
 - **Výměna nástrojů a obrobků** (kritérium slouží k hodnocení obtížnosti výměny nástroje v zásobníku OS a náročnosti výměny obrobku v pracovním prostoru).
 - **Výměna informací** (kritérium slouží k hodnocení způsobu komunikace OS s obsluhou a IT technologiemi v rámci podniku).
 - **Ergonomie** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska splnění požadavků na snadné a intuitivní ovládání obsluhou).
 - **Design** (kritérium slouží k hodnocení vnějšího vzhledu OS).
 - **Údržba** (kritérium slouží k hodnocení obtížnosti a frekvenci vykonávání pravidelných údržbových prací na OS).
2. Kritéria vzhledem k výkonnostním parametrům:
- **Výkon hlavního motoru** (kritérium slouží k hodnocení OS podle velikosti výkonu hlavního pohonu).
 - **Kroutící moment nástroj/obrobek** (kritérium slouží k hodnocení OS podle velikosti kroutícího momentu přeneseného na obrobek, nebo rotační nástroj).
 - **Otáčky vřetena** (kritérium slouží k hodnocení OS podle velikosti a rozsahu otáček přenesených na obrobek, nebo rotační nástroj).
 - **Pracovní posuvy a rychloposuvy** (kritérium slouží k hodnocení OS podle velikosti pracovních posuvů a rychloposuvů).
 - **Přesnost** (kritérium slouží k hodnocení OS podle předpokládané dosažené pracovní a opakované přesnosti).

Kritéria vzhledem k požadavkům zákazníka:

- **Výkonnostní parametry** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska splnění požadavků zákazníka na výkonnostní parametry OS).
- **Přizpůsobivost zákazníkovi** (kritérium slouží k hodnocení koncepce OS vzhledem ke splnění požadavků zákazníka na změny v konstrukčním provedení OS).
- **Přizpůsobivost kontinentu** (kritérium slouží k hodnocení koncepce OS z hlediska míry splnění konstrukčních změn požadovaných legislativou a podnebními podmínkami v zemi zákazníka).
- **Životnost** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska splnění požadavků zákazníka na životnost a poruchovost stroje).
- **Způsob řízení** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska splnění požadavků zákazníka na úroveň řídicího systému).

Kritéria vzhledem k platným normám:

- **Bezpečnost** (kritérium slouží k hodnocení bezpečnosti OS vůči obsluze a míru splnění legislativních požadavků kladených na stavbu OS).
- **Ekologičnost** (kritérium slouží k hodnocení OS podle míry splnění požadavků na ekologičnost a podle dopadu výroby montáže a provozu stroje na ekologii).
- **Elektro-kompatibilita** (kritérium slouží k hodnocení OS podle míry splnění požadavků na elektro-kompatibilitu a magnetickou kompatibilitu stroje).



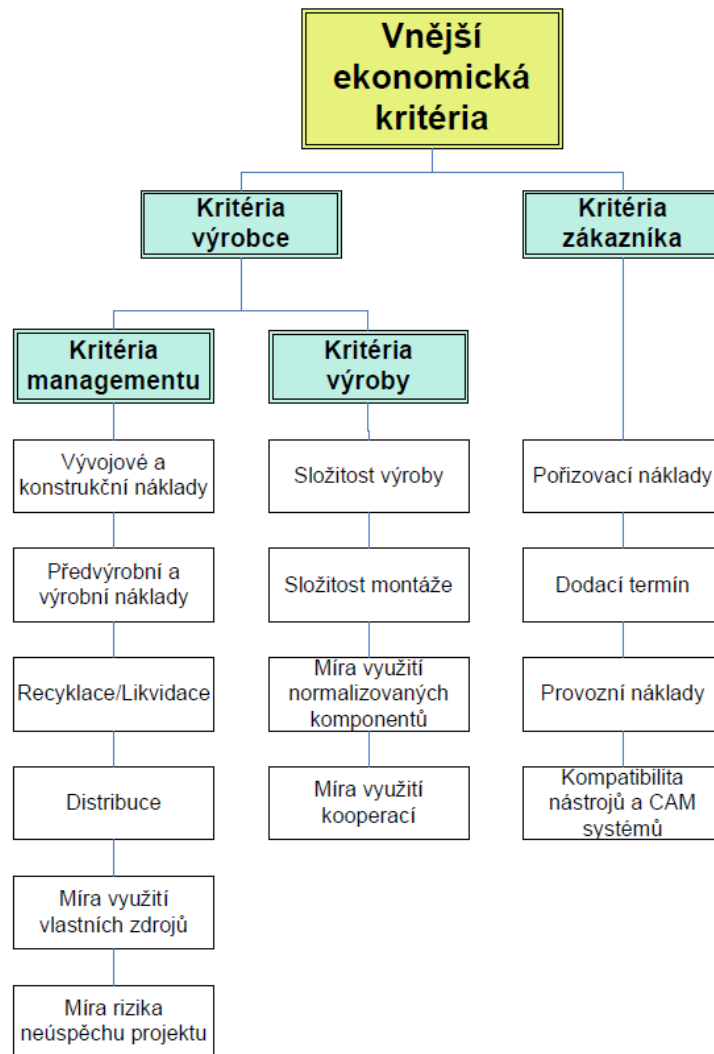
Obr. 60 Rozdělení technických kritérií pro vnější optimalizaci OS.

Stanovení ekonomických kritérií pro vnější optimalizaci obráběcího stroje

Ekonomická kritéria pro hodnocení koncepce stroje slouží k posouzení struktury OS z hlediska ekonomického. Ekonomická kritéria jsou ve většině případů protikladem k technickým kritériím, proto není vždy jednoduché nalézt kompromis mezi technickými a ekonomickými požadavky kladenými na konstruovaný OS. Ekonomická kritéria slouží k optimalizaci OS z hlediska ekonomických požadavků výrobce a zákazníka.

Požadavkem výrobce je obvykle maximální zisk z prodeje OS, což znamená minimální náklady spojené s konstrukcí, výrobou, montáží apod. Hlavními ekonomickými požadavky zákazníka jsou minimální pořizovací náklady na OS, minimální náklady spojené s provozem a údržbou a pokud možno, co nejrychlejší návratnost investice do OS.

Rozdělení a výběr základních ekonomických kritérií pro hodnocení koncepce OS je zobrazeno na Obr. 61.



Obr. 61 Rozdělení ekonomických kritérií pro vnější optimalizaci OS.

Ekonomická kritéria pro vnější optimalizaci struktury OS mohou být rozdělena do dvou hlavních kategorií:

- **Kritéria vzhledem k požadavkům výrobce** odrážejí požadavky výrobce na ekonomickou rentabilitu uvedení stroje na trh. Kritéria slouží k hodnocení koncepce OS z hlediska vývojových, výrobních, montážních nákladů apod.
- **Kritéria vzhledem k požadavkům zákazníka** vyplývají z požadavků zákazníka na ekonomickou ziskovost z následného používání OS. Kritéria slouží k hodnocení koncepce OS z hlediska pořizovacích a provozních nákladů, dodacího termínu, apod.

Kritéria vzhledem k požadavkům výrobce:

- Kritéria managementu:
 - **Vývojové a konstrukční náklady** (kritérium slouží k hodnocení základní koncepce OS z hlediska předpokládaného počtu konstruktérů a časového fondu nutného k zhotovení výkresové dokumentace).
 - **Předvýrobní a výrobní náklady** (kritérium slouží k hodnocení předpokládaných nákladů spojených s nákupem nových strojů, technologií a následné výroby OS).
 - **Distribuce** (kritérium slouží k hodnocení složitosti balení, přepravy a instalace OS).
 - **Recyklace/likvidace** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska složitosti recyklace, nebo likvidace stroje po ukončení jeho provozu).
 - **Míra využití vlastních zdrojů** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska míry využití vlastních konstrukčních, technologických a výrobních možností společnosti).
 - **Míra rizika neúspěchu projektu** (kritérium slouží k hodnocení OS z hlediska míry možného neúspěchu při realizaci projektu).
- Kritéria výroby:
 - **Složitost výroby** (kritérium slouží k hodnocení koncepce OS z hlediska složitosti výroby).
 - **Složitost montáže** (kritérium slouží k hodnocení koncepce OS z hlediska snadné montáže).
 - **Míra využití normalizovaných komponentů** (kritérium slouží k hodnocení OS podle množství použitých normalizovaných a nakupovaných komponentů).
 - **Míra využití kooperace** (kritérium slouží k hodnocení koncepce OS do jaké míry budou při výrobě využívány externí dodavatelé).

Kritéria vzhledem k požadavkům zákazníka:

- **Pořizovací náklady** (kritérium slouží k hodnocení OS podle konečné ceny pro zákazníka).
- **Dodací termín** (kritérium slouží k hodnocení OS podle předpokládaného termínu dodání stroje zákazníkovi).
- **Provozní náklady** (kritérium slouží k hodnocení OS podle nákladů spojených s provozem, údržbou, servisem apod.).
- **Kompatibilita nástrojů a CAM systémů** (kritérium slouží k hodnocení kompatibility OS se současným nástrojovým a softwarovým vybavením zákazníka).

Hodnocení vah kritérií

Kritérium je hledisko, podle kterého je každá varianta hodnocena. Kritéria by měla být volena odborně podle požadavků kladených na výsledný produkt a jeho vlastnosti. Po určení všech kritérií je možné sestavit kritériální matici, kde jsou všechny varianty ohodnoceny podle všech kritérií.

Ve většině případů je každé kritérium jinak důležité, proto je nutné seřadit kritéria podle jejich váhy (důležitosti). Preference jednotlivých kritérií mohou být stanoveny různými metodami.

Určení důležitosti jednotlivých kritérií je jedním z prvních kroků při samotném vícekritériálním hodnocení variant. Nejen v konstrukci strojů má velký význam cena jednotlivých variant, ale také spolehlivost a technická vyspělost. U strojů na vysoké technické úrovni může být výsledná cena méně důležitá než vyspělost a funkčnost celého stroje. Ve většině případů je váha jednotlivých kritérií rozdílná, a proto je nutné se jejich významem zabývat a pro další rozhodování určit, které kritérium je více nebo méně důležité.

Má-li řešitel dostatek informací, aby mohl určit, která kritéria jsou více nebo méně důležitá, a je-li schopen porovnat jednotlivá kritéria mezi sebou, potom je možné použít metodu pořadí, bodovací nebo Saatyho metodu.

Metoda pořadí se s výhodou používá ve výrobních podnicích, kde je několik odborníků, kteří mohou kritéria obodovat dle svých vlastních zkušeností $(n, n-1, \dots, 1)$, kde n je počet kritérií a b_j je počet bodů od každého experta. Nejméně důležité kritérium je hodnoceno 0 body a nejvíce důležité kritérium n body.

Normovaná váha jednotlivých kritérií v_j od každého experta se vypočítá dle rovnice 8.

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (8)$$

Výsledná váha jednotlivých kritérií v_c je definována rovnicí 9.

$$v_c = \frac{\sum_{j=1}^n v_j}{n}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

Hodnocení variant

Výběr optimální varianty je závěrečnou částí etapy Hledání optimálního řešení koncepce OS. Dříve vytvořené varianty se v této fázi hodnotí podle vybraných kritérií. Varianta, která obdrží nejvíce bodů, nejlépe splňuje požadavky zákazníka, výrobce i norem, a proto by měla být dále rozpracována.

Pro výběr optimální varianty koncepce OS se nejčastěji používá prostá bodovací metoda. U této metody je možné porovnávat jednotlivé varianty i podle kritérií, která nelze jednoznačně číselně definovat (např. technická vyspělost, tuhost, teplotní stabilita apod.).

Při této metodě je každá varianta ohodnocena podle každého kritéria. I zde je vhodné ohodnotit varianty více experty. Varianty jsou hodnoceny body od 1 do 10, přičemž 10 bodů může získat varianta, která je z hlediska daného kritéria nejlepší.

Po ohodnocení jednotlivých variant dle vybraných kritérií je možné vypočítat výsledné hodnocení každé varianty dle rovnice 10, kde b_i je celkové hodnocení varianty, h_{ij} je dílčí hodnocení varianty dle jednoho kritéria a v_v je váha kritéria. Tato metoda zohledňuje také váhu jednotlivých kritérií.

$$b_i = \sum_{j=1}^k h_{ij} \cdot v_v, j = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

Výše definovaným postupem je možné poměrně snadno a rychle za pomoci jednoduchých matematických nástrojů vytvořit několik variant řešení koncepce OS na základě požadavků, které jsou na něj kladeny. Tyto varianty jsou pak hodnoceny podle technických a ekonomických kritérií a výstupem je optimální varianta řešení koncepce stavby požadovaného OS z technického i ekonomického hlediska.

9.4 HLEDÁNÍ OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ DÍLČÍCH PODSKUPIN OBRÁBĚCÍHO STROJE (VNITŘNÍ OPTIMALIZACE)

V kapitole 9.3 byl popsán postupný proces, při kterém byla stanovena konečná optimální koncepce OS na základě hlavních požadavků a parametrů. Vybraná koncepce je vstupní parametr do další fáze tvorby OS.

Koncepce OS je poměrně obecný údaj, který vypovídá pouze o základní struktuře stroje a jeho hlavních výkonnostních parametrech, počtu pohybujících se os, požadovaném příslušenství apod. Z těchto rámcových informací musí tým

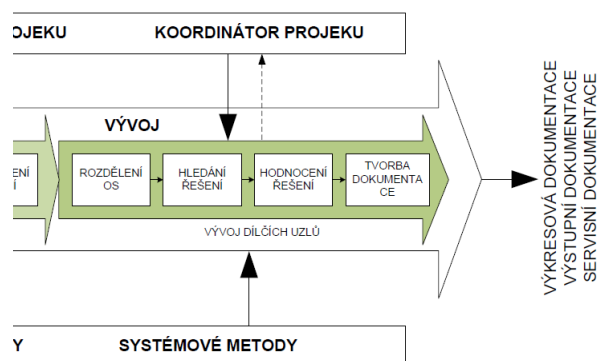
konstruktérů zpracovat dokumentaci vedoucí k výrobě a smontování požadovaného stroje.

Hledání optimálního řešení dílčích podskupin OS můžeme nazvat jako Vnitřní optimalizaci struktury OS. Jedná se o další krok v optimalizaci stavby OS. V této etapě dochází nejprve k rozdělení OS na dílčí uzly, u kterých se dále hledá optimální varianta vnitřní struktury. Cílem je nalézt optimální uspořádání vnitřní stavební struktury stroje, optimalizovat tvar a materiál nosných komponent a zvolit vhodné normalizované a nakupované komponenty. Jakmile je známa detailní struktura OS dochází k detailnímu rozkreslení všech součástí a tvorba dokumentace.

Vnitřní optimalizaci OS můžeme rozdělit do čtyř hlavních fází:

- Rozdělení OS na jednotlivé uzly.
- Hledání řešení.
- Hodnocení řešení.
- Tvorba dokumentace.

Schematický průběh Vnitřní optimalizace je zobrazen na Obr. 62.



Obr. 62 Schematický průběh Vnitřní optimalizace OS.

9.4.1 Rozdělení obráběcího stroje na jednotlivé uzly stroje

OS patří svou strukturou mezi komplikovaná technická zařízení, a proto nelze jejich vnitřní strukturu optimalizovat v jednom kroku (dohromady). V této fázi je tedy nutné nejprve rozdělit stroj do několika nezávislých uzlů (např. vřeteník, koník, krytování, revolverová hlava apod.), které se budou optimalizovat nezávisle na sobě.

Vnitřní struktura všech podskupin by měla mít společné znaky (např. sjednocený druh lineárního vedení hlavních pohybových os, shodné ovládací napětí apod.), aby byla zajištěna vzájemná kompatibilita a návaznost. Z tohoto důvodu konstrukci jednotlivých uzlů nejde od sebe úplně oddělit. Je důležité, aby konstruktéři, kteří na těchto uzlech pracují navzájem úzce spolupracovali.

9.4.2 Hledání řešení

Cílem této etapy je navržení několika variant řešení všech dílčích podskupin stroje. Hledání řešení se provádí u každé podskupiny samostatně. Je ale nutné, aby nad všemi podskupinami dohlížel vedoucí projektu (koordinátor), který zajistí jejich vzájemnou kompatibilitu.

Jednotlivé varianty, které jsou v této etapě vytvořeny by měly vycházet ze zvolené koncepce OS, což zajistí naplnění požadavků na OS z hlediska zákazníka, výrobce i platných norem.

Etapa Hledání řešení se rozděluje na fáze:

- Analýza zadání.
- Tvorba variant řešení.

Analýza zadání

V této etapě je již OS rozdělen do uzlů, na které jsou kladeny určité požadavky. Tyto požadavky vychází jednak ze zvolené koncepce OS, ale také z vnitřních požadavků jednotlivých uzlů. Např. zvolený druh a tvar lineárního vedení hrotového soustruhu má vliv na přípojovací rozměry koníku i nožového suportu.

V této fázi je důležité, aby již konstrukční tým měl představu, jak budou jednotlivé podskupiny realizovány, aby na sebe při montáži a používání přesně navazovaly.

Tvorba variant řešení

Po rozdělení OS a analyzování požadavků na jednotlivé uzly dochází k vytvoření variant řešení každého z nich. V této etapě je opět výhodné použít Morfologickou matici, které byla podrobně definována v 9.3.1.

Pomocí morfologické matice je možné definovat několik variant řešení dílčích uzlů, které jsou dále hodnoceny podle zvolených kritérií.

9.4.3 Hodnocení řešení

Výstupem z této fáze životního cyklu OS by měla být optimální varianta řešení všech uzlů OS. Každá optimální varianta je získána výběrem z několika možných variant plynoucích z morfologické matice.

V této etapě jsou také posuzovány vybrané varianty řešení dílčích uzlů OS podle zvolených kritérií. Vnitřní optimalizace se týká zejména vnitřní struktury OS, na kterou ve většině případů nemá zákazník přímé požadavky. V této etapě se posuzují vybrané varianty pouze podle technických a ekonomických kritérií výrobce stroje.

I v této fázi je výhodné pro posouzení vybraných variant a výběru té optimální využít metodu vícekritériálního hodnocení variant.

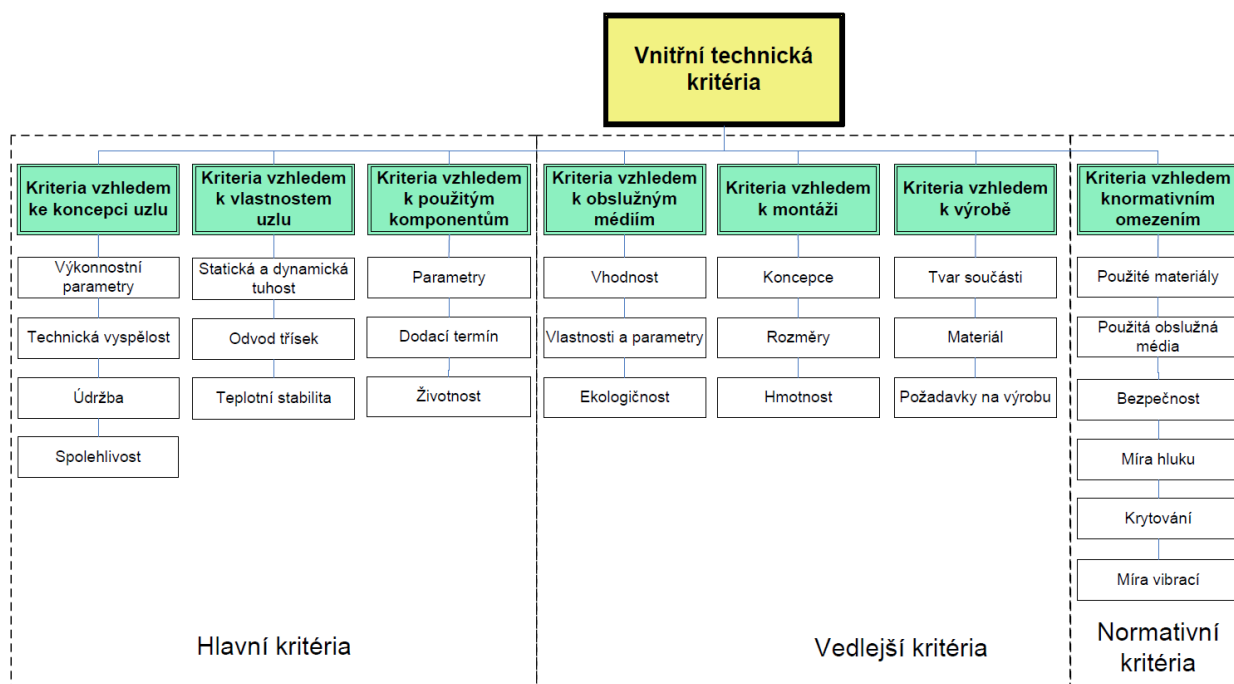
Etapu hodnocení řešení je možné rozdělit do čtyř fází:

- Stanovení technických kritérií pro vnitřní optimalizaci OS.
- Stanovení ekonomických kritérií pro vnitřní optimalizaci OS.

- Hodnocení vah kritérií.
- Hodnocení variant.

Stanovení technických kritérií pro vnitřní optimalizaci obráběcího stroje

Při vnitřní technické optimalizaci by měl být každý uzel stroje posouzen z technického hlediska, tak aby splňoval technické požadavky plynoucí ze zvolené koncepce a základních parametrů stroje. V této etapě se optimalizuje tvar a materiál nosných prvků, stavební uspořádání vnitřní struktury, způsob náhonu pohybových os, použitá média apod. Vnitřní technická kritéria tedy slouží k posouzení vnitřní struktury OS z technického hlediska.



Obr. 63 Rozdělení technických kritérií pro vnitřní optimalizaci OS.

Technická kritéria pro posouzení vnitřní struktury OS mohou být rozdělena do třech hlavních kategorií:

- **Hlavní kritéria** mají vztah zejména ke koncepci a hlavním vlastnostem konstruovaného uzlu. Ve většině případů bývají tato kritéria nejvýznamnějším měřítkem při posuzování a hodnocení variant uzlů OS.
- **Vedlejší kritéria** mají vztah zejména k životním etapám OS, které následují po etapě Vývoj. Patří sem montážní, výrobní a jiné vlastnosti, které bývají často při konstrukci OS neprávem opomíjeny. V některých případech mohou mít tyto kritéria vyšší váhu než kritéria hlavní.
- **Normativní kritéria** vychází z požadavků, které na OS klade Česká republika, Evropská unie, nebo případný stát, do kterého je stroj přivezen a zprovozněn.

Tyto požadavky musí být splněny vždy a konstrukce celého stroje se jim musí přizpůsobit.

Rozdělení a výběr základních technických kritérií pro hodnocení optimálního řešení dílčích podskupin OS je zobrazeno na Obr. 63.

Hlavní vnitřní technická kritéria:

1. kritéria vzhledem ke koncepci podskupiny:
 - **Výkonnostní parametry** (kritérium slouží k hodnocení dosažitelných výkonových parametrů jednotlivých uzlů OS).
 - **Technická vyspělost** (kritérium slouží k hodnocení technické dokonalosti posuzovaného uzlu OS v porovnání s konkurencí a současnými trendy ve stavbě OS).
 - **Údržba** (kritérium slouží k hodnocení složitosti provádění údržby hodnoceného uzlu OS).
 - **Spolehlivost** (kritérium slouží k hodnocení podskupin OS z hlediska předpokládané míry spolehlivosti OS za provozu).
2. kritéria vzhledem k vlastnostem podskupiny:
 - **Statická a dynamická tuhost** (kritérium slouží k hodnocení jednotlivých uzlů z hlediska maximální dosažitelné statické a dynamické tuhosti).
 - **Teplotní stabilita** (kritérium slouží k hodnocení jednotlivých uzlů z hlediska maximální dosažitelné teplotní stability OS).
 - **Odvod třísek** (kritérium slouží k hodnocení schopnosti jednotlivých uzlů odvádět třísky z prostoru obrábění nebo celého stroje).
3. kritéria vzhledem k použitým nakupovaným komponentům:
 - **Parametry** (kritérium slouží k hodnocení parametrů (vlastností) nakupovaných komponentů použitých ve stavbě OS).
 - **Životnost** (kritérium slouží k hodnocení životnosti nakupovaných komponent).
 - **Dodací termín** (kritérium slouží k hodnocení nakupovaných komponent z hlediska délky dodacího termínu).

Vedlejší vnitřní technická kritéria:

1. Kritéria vzhledem k obslužným médiím:
 - **Vhodnost** (kritérium slouží k hodnocení správné volby použitých nejen obslužných, ale i hlavních médií).
 - **Vlastnosti a parametry** (kritérium slouží k hodnocení parametrů a vlastností použitých médií ve stavbě OS).
 - **Ekologičnost** (kritérium slouží k hodnocení dopadu použitých médií na ekologii).

2. Kritéria vzhledem k montáži:

- **Koncepce** (kritérium slouží k hodnocení zvolené koncepce vzhledem ke snadné montáži).
- **Rozměry** (kritérium slouží k hodnocení dílčích i celkových rozměrů a jejich vliv na montáž).
- **Hmotnost** (kritérium slouží k hodnocení dílčích i celkových hmotností a jejich vliv na montáž).

3. Kritéria vzhledem k výrobě:

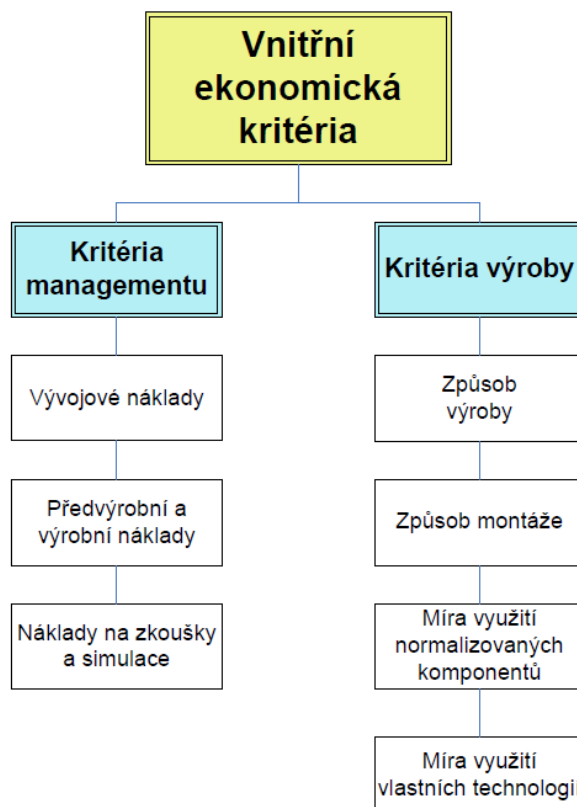
- **Tvar součástí** (kritérium slouží k hodnocení vhodnosti geometrického tvaru součásti pro výrobu).
- **Materiál** (kritérium slouží k hodnocení volby materiálu jednotlivých vyráběných dílů z hlediska obrobitelnosti a dostupnosti).
- **Požadavky na výrobu** (kritérium slouží k hodnocení vyráběných součástí z hlediska tepelného zpracování, kvality povrchu a rozměrových a geometrických přesností).

Vnitřní normativní technická kritéria:

- **Použité materiály** (kritérium slouží k hodnocení materiálů použitých při konstrukci a jejich vliv na ekologii).
- **Použitá obslužná média** (kritérium slouží k hodnocení obslužných médií použitých při konstrukci a jejich vliv na ekologii).
- **Bezpečnost** (kritérium slouží k hodnocení bezpečnosti jednotlivých uzlů OS zejména vůči obsluze stroje).
- **Krytování** (kritérium slouží k hodnocení použitého krytování a jeho vliv na bezpečnost celého OS).
- **Míra hluku** (kritérium slouží k hodnocení míry vyzařovaného hluku jednotlivých uzlů OS a jejich soulad s hygienickými normami).
- **Míra vibrací** (kritérium slouží k hodnocení míry vyzařování vibrací jednotlivých uzlů OS a jejich soulad s hygienickými normami).

Stanovení ekonomických kritérií pro vnitřní optimalizaci obráběcího stroje

Nejen při tvorbě koncepce OS, ale i při detailním konstruování vnitřních ulů je důležité, aby byl na ekonomické hledisko kladen velký důraz, aby výsledný stroj byl konkurenceschopný. Ekonomická kritéria při vnitřní optimalizaci OS slouží především k posouzení jednotlivých variant konstruovaných uzlů z ekonomického pohledu.



Obr. 64 Rozdělení ekonomických kritérií vnitřní optimalizace OS.

Při vnitřní optimalizaci OS vychází ekonomické požadavky zejména z potřeb výrobce. Ekonomické požadavky zákazníka byly stanoveny v počátcích projektu, kde velkou měrou ovlivnily vnější optimalizaci (konceptci OS). Vybraná koncepce OS a stanovené maximální náklady spojené s vývojem a výrobou stroje jsou vstupními požadavky do vnitřní ekonomické optimalizace.

Ekonomická kritéria pro vnitřní optimalizaci OS vyplývají především z požadavků výrobce OS a můžeme je rozdělit na:

- **Kritéria managementu** slouží k hodnocení jednotlivých variant zejména z hlediska nákladů spojených s vývojem, výrobou a distribucí stroje.
- **Kritéria výroby** hodnotí jednotlivé varianty podle náročnosti výroby a montáže každého uzlu stroje.

Rozdělení a výběr základních ekonomických kritérií pro hodnocení optimálního řešení dílčích uzlů OS je zobrazeno na Obr. 64.

Kritéria vzhledem k požadavkům managementu:

- **Vývojové náklady** (kritérium slouží k hodnocení jednotlivých uzlů OS z hlediska předpokládaného počtu konstruktérů a časového fondu nutného k zhotovení výkresové dokumentace).

- **Předvýrobní a výrobní náklady** (kritérium slouží k hodnocení předpokládaných nákladů spojených s nákupem nových strojů, technologií a následné výroby každého uzlu OS).
- **Náklady na zkoušky a simulace** (kritérium slouží k hodnocení nákladů spojených s předvýrobními simulacemi a záběhovými testy každého uzlu OS).

Kritéria vzhledem k požadavkům výroby:

- **Způsob výroby** (kritérium slouží k hodnocení každého uzlu OS z hlediska komplikovanosti výroby).
- **Způsob montáže** (kritérium slouží k hodnocení každého uzlu OS z hlediska komplikovanosti montáže).
- **Míra využití normalizovaných a nakupovaných komponent** (kritérium slouží k hodnocení každého uzlu OS podle množství použitých normalizovaných a nakupovaných komponent).
- **Míra využití výrobních technologií uvnitř podniku** (kritérium slouží k hodnocení daného uzlu OS podle nutnosti využití výrobních technologií v kooperaci).

Hodnocení vah kritérií

Kritéria určená pro hodnocení variant všech uzlů OS mívají stejně jako kritéria vnější optimalizace různou váhu, která vychází z požadavku kladených na OS. Ohodnocení vah jednotlivých kritérií probíhá u vnitřní optimalizace stejným způsobem jako u vnější optimalizace viz. kapitola 9.3.2.

Hodnocení variant

Cílem této fáze je vybrat optimální variantu řešení pro každý uzel OS. V této etapě se z navržených několika variant vybírá ta, která nejlépe splňuje požadavky, které jsou na daný uzel kladeny. Každá varianta se hodnotí podle kritérií, která byla dříve vybrána.

I při výběru optimální varianty vnitřní struktury stroje se nejčastěji používá prostá bodovací metoda, která je podrobně popsána v kapitole 9.3.2.

Účelem vnitřní optimalizace OS je nalezení takové vnitřní struktury stroje, která nejlépe splňuje jak technické, tak i ekonomické požadavky, které jsou na stroj kladeny.

Při vnitřní optimalizaci se vychází z vnější optimalizace OS, kde byla definována koncepce OS a vnitřní struktura stroje se optimalizuje zejména z technického a ekonomického hlediska výrobce stroje.

9.4.4 Tvorba dokumentace

Jakýkoliv druh, nebo typ OS je poměrně komplikované technické zařízení. Pro jeho konečné uvedení na trh je nutné vypracovat velké množství dokumentace. Tuto dokumentaci je možné rozdělit do tří hlavních podkategorií:

- Výkresová dokumentace.
- Výstupní dokumentace.
- Servisní dokumentace.

Výkresová dokumentace

Účelem výkresové dokumentace je připravit podklady nutné pro výrobu a následnou montáž OS. Na tvorbě této dokumentace se podílí zejména oddělení mechanické a elektrické konstrukce. Výkresová dokumentace se dělí na:

- **3D dokumentace** je v dnešní době téměř nepostradatelná forma zobrazení virtuálního stroje v průběhu jeho konstrukce. Tato dokumentace umožňuje vytvoření digitálního prototypu stroje ještě před jeho výrobou. V některých případech usnadňuje rutinní práce konstruktérů a k predikci jejich chyb. Tento druh dokumentace je možné použít následně při výrobě součástí pomocí CAM software.
- **2D dokumentace** (výkresová dokumentace) má stále nezastupitelnou roli při výrobě jednotlivých komponent. Je zdrojem kompletních informací o každé součásti použité při stavbě stroje. Definiuje jejich rozměry, tvar, materiál, tepelné zpracování, drsnost povrchu, geometrické tolerance apod. Kvalita provedení 2D dokumentace má velký vliv na následnou výrobu a montáž stroje.
- **Elektroinstalační dokumentace** je vytvářena paralelně s 3D a 2D dokumentací. Je nositelem informací o použitých elektrických komponentech ve stavbě stroje. Základním výstupem je dokumentace zapojení hlavní rozvodné skříně, schéma propojení elektrických uzlů a popis nastavení všech komponent. V případě, že je stroj vybaven řídicím systémem, je nutné připravit také PLC program.
- **Montážní dokumentace** se skládá zejména z 2D výkresů jednotlivých sestav (montážních celků), které umožňují montáž stroje, a také z kusovníků (rozpisek), které jsou určeny k objednávání vyráběných i nakupovaných dílů.

Výstupní dokumentace

Vzhledem ke složitosti současných OS a přísné legislativě musí být každý stroj expedován k zákazníkovi spolu s velkým množstvím různé dokumentace. Mezi hlavní patří:

- **Návod k obsluze a údržbě** slouží k seznámení majitele a obsluhy stroje s jeho hlavními uzly, základními parametry, způsobem používání, bezpečností práce, provozními pokyny, ekologií apod.

- **Elektroinstalační dokumentace** obsahuje např. seznam M-funkcí, chybová a PLC hlášení, servisní manuály, seznam náhradních dílů, elektrická schémata apod.
- **Provozní kniha** zobrazuje rozpis kontrol a údržbových prací, které se musí na stroji v průběhu jeho používání provádět. Dále také dokumentuje veškeré kontrolní a údržbové činnosti provedené obsluhou stroje.
- **Návody k obsluze nakupovaných komponent** by měly být připojeny k návodu k obsluze a údržbě. Mohou to být např. návody k obsluze k řídicímu systému, technologickému příslušenství, převodovkám, dopravníku třísek, hydraulickým agregátům, chladicímu zařízení apod.
- **Protokol o průběhu montáže stroje** slouží k zaznamenávání průběhu montáže stroje u zákazníka. V tomto protokolu jsou podrobně popsány montážní práce včetně případných zdržení ze strany zákazníka.
- **Prohlášení o shodě** potvrzuje, že OS na základě jeho koncepce a konstrukce, stejně jako dodané provedení stroje, odpovídá příslušným základním bezpečnostním požadavkům nařízení vlády.
- **Protokol o předání stroje** slouží k potvrzení zákazníkem, že předávaný OS odpovídal uzavřené smlouvě, že stroj vykazuje bezzávadný chod a že práce byly vykonány v požadovaném rozsahu a kvalitě.
- **Zpráva o revizi elektrického zařízení pracovního stroje** popisuje soulad OS s normami ČSN332000 ČSN EN60204.
- **Předávací geometrické protokoly** slouží k ověření geometrické přesnosti stroje a daného příslušenství při předpřejímce u výrobce a následné přejímce u zákazníka.

Servisní dokumentace

K závěrečným fázím životního cyklu OS patří instalace stroje u zákazníka a jeho provoz.

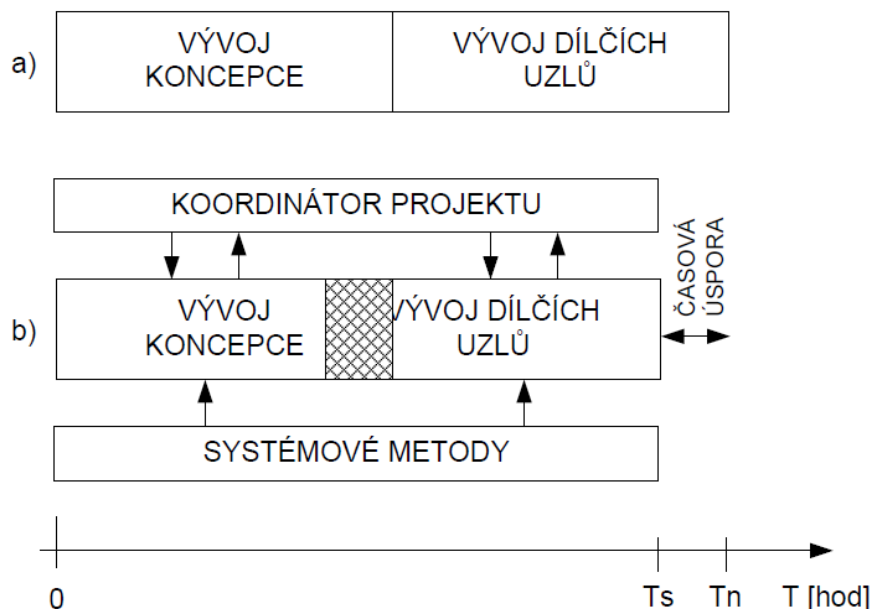
Při instalaci stroje musí být technici vybaveni dostatečným množstvím informací, které umožní stroj smontovat a uvést do provozu. K tomu jsou zapotřebí výkresy montážních sestav stroje a dále schémata zapojení elektrických komponent, hydraulických a pneumatických rozvodů.

Servis stroje v průběhu provozu provádí buď sám výrobce, nebo smluvní partner. V každém případě musí být připravena srozumitelná dokumentace, která usnadní a zrychlí práci servisních techniků. Servisní technici se často neobejdou bez výkresů podsestav stroje a se seznamem použitých komponent. Z elektrického hlediska musí být servisní technik také vybaven schémata zapojení a návody k nastavení všech elektrických zařízení.

9.5 PŘÍNOS VYUŽITÍ SYSTÉMOVÉHO PŘÍSTUPU V ETAPĚ VÝVOJ

Využitím systémového přístupu v průběhu etapy Vývoj by mělo dojít ke zvýšení kvality vykonávaných prací v pěti oblastech:

- **Zkrácení potřebného časového fondu pro etapu Vývoj.** V průběhu etapy Vývoj se dají práce konstruktérů provádět „sériově“ (po dokončení jedné etapy se začne pracovat na další), nebo „paralelně“ (před dokončením jedné etapy se začne pracovat na další). V některých výrobních společnostech se dnes stále ještě pracuje sériovým způsobem. Tento přístup se ale neslučuje s požadavky na zkracování doby vývoje stroje. Při dobrém naplánování a řízení projektu je možné zkrátit dobu vývoje a tím i snížit náklady na Vývojovou etapu. Konstrukční tým nemusí čekat na definitivní schválení koncepce OS, jelikož hlavní požadavky na stroj většinou tuto koncepci definují a tak mohou s konstrukcí OS začít dříve.



Obr. 65 Průběh etapy Vývoj při použití nesystémového a systémového přístupu při návrhu OS.

Další časovou úsporou je možné vytvořit tým, že výkresy velkých odlitků a svařovaných součástí jsou odevzdány do výroby ještě před finálním dokončením výkresové dokumentace, což umožní započít s Výrobní etapou ještě před dokončením etapy Vývoj. Na Obr. 65 je zobrazen průběh etapy Vývoj při použití nesystémového a systémového přístupu při návrhu OS.

- **Zvýšení technické kvality stavby OS** není jednoduché dosáhnout při intuitivním způsobu konstruování, kde je konstruktér upnut pouze k jednomu řešení. Při systémovém přístupu tvorby koncepce stroje i jednotlivých uzlů lze pomocí technicko-ekonomické optimalizace nalézt několik variant řešení

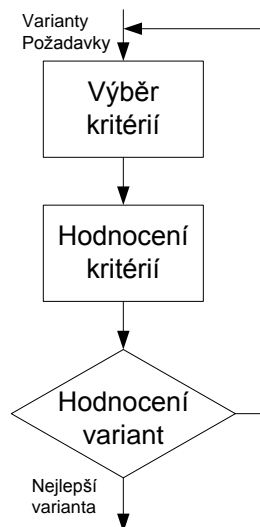
zadaného problému a z těchto variant pak pomocí vícekritériálního hodnocení vybrat variantu optimální. Touto metodou lze vytvořit nové koncepce řešení konstrukčních problémů, které mohou vést ke zvýšení technické kvality OS.

- **Snížení nákladů spojených s výrobou a montáží OS.** V etapě Vývoj jsou zásadní měrou definovány konečné náklady spojené s výrobou, montáží a distribucí OS. Při systémovém přístupu návrhu OS je možné tyto náklady snižovat za pomoci technicko-ekonomické optimalizace, kterou lze aplikovat nejen při optimalizaci stavby OS, ale také při výběru nakupovaných komponent, nebo dodavatelů služeb.
- **Stanovení technických a ekonomických kritérií pro hodnocení variant.** Tyto kritéria slouží při technicko-ekonomické optimalizaci jako měřítko splnění daného požadavku na každou variantu. Většinou vychází z požadavku zákazníka a výrobce na OS. V oblasti optimalizace stavby OS jsou tato kritéria podobná pro více druhů strojů, proto je možné některé z nich např. využít při optimalizaci stavby vertikálního soustruhu i frézovacího centra.
- **Prohloubení týmové spolupráce v konstrukčním oddělení.** Při systémovém přístupu návrhu OS je za pomoci koordinátora projektu kladen důraz na častou komunikaci nejen uvnitř konstrukčního oddělení, ale také napříč celým výrobním podnikem. Tento způsob práce nejen prohlubuje týmovou spolupráci uvnitř společnosti, ale také vede k předcházení chyb, které jsou často způsobeny právě nedostatkem komunikace uvnitř společnosti.

10 SHRUTÍ HLAVNÍCH KONSTRUKČNÍCH TAKTIK VYUŽITELNÝCH PŘI OPTIMALIZACI STAVBY OBRÁBĚCÍHO STROJE

Hledání optimální struktury konstruovaného uzlu patří mezi každodenní práci konstruktéra. Každá část stroje musí dobře splňovat požadovanou funkci a musí bezchybně spolupracovat a navazovat na ostatní části stroje. Jak již bylo výše zmíněno optimalizace stavby OS spočívá zejména ve vyhodnocování různých konstrukčních variant a výběr nejlepšího možného řešení. V průběhu Plánovací a Vývojové etapy lze využít velké množství konstrukčních taktik, které je možné aplikovat nejen při optimalizaci stavby OS v počátečních fázích projektu, ale stejně tak v jeho průběhu i závěru.

Vícekriteriální hodnocení variant je jedna z mnoha optimalizačních metod, která se používá v případech, je-li známo několik možných variant, které musíme vyhodnotit na základě několika daných kritérií. Cílem vícekriteriálního hodnocení variant může být výběr nejlepší možné varianty, seřazení variant, nebo rozdělení variant na dobré a špatné. Schéma průběhu Vícekriteriálního hodnocení variant je zobrazeno na Obr. 66.



Obr. 66 Vývojový diagram průběhu metody vícekriteriálního hodnocení variant.

Při konstrukci OS dochází velmi často k situacím, kdy konstruktér musí nestranně a odborně vybrat nejlepší variantu.

Vícekriteriální hodnocení variant je možné považovat za vhodný nástroj pro řešení náročných rozhodovacích úloh ve stavbě OS. Tuto metodu lze využít nejen při výběru optimální varianty koncepce OS, optimální vnitřní struktury OS, ale také např. při výběru některých nakupovaných komponent (převodovky, motory, apod.), nebo dodavatelů.

Brainstorming se dá volně přeložit jako „bouře mozků“. Tuto techniku první popsal Alex Osborne a slouží k řešení nejen konstrukčních problémů za pomoci diskuze mezi sedmi až deseti odborníky [2].

Podstata této techniky je založena na třech základních poznacích [2]:

- Čím více nápadů, přístupů a myšlenek, tím spíše nalezneme správné řešení.
- Skupina dokáže vyprodukovat v krátkém čase podstatně více a především podstatně originálnějších nápadů než to dokáže stejný počet jednotlivců.
- Naše myšlení potřebuje oddělit tvůrčí fázi myšlení od kritické, resp. myšlení intuitivní od logického.

Brainwriting je obdobou známějšího brainstorming. Zásadní rozdíl mezi těmito metodami je v důsledném zapisování všech myšlenek v průběhu brainwritingu. Každá myšlenka nebo návrh jsou zapsány na tabuli, nebo papír a všichni účastníci jej mají stále na před sebou. Tyto návrhy pak mohou různě kombinovat, nebo doplňovat.

Mezi hlavní výhody brainwritingu patří [2]:

- Žádný nápad není zapomenut, jelikož je důkladně zapsán.
- Při písemném projevu nedohází k rušení ostatních kolegů, což usnadňuje jejich koncentraci.
- Ne každý je schopen sebevědomě prosazovat své myšlenky a nápady ústní formou.

Synektika je opět metoda určená pro týmové rozhodování, nebo hledání řešení daného úkolu. Tato metoda je založena na spojování zdánlivě nesouvisejících prvků. Tím je myšleno jednak vytvoření skupiny lidí s různým vzděláním, což zajistí širokou perspektivu pohledů na danou věc a jednak využívání analogií [2].

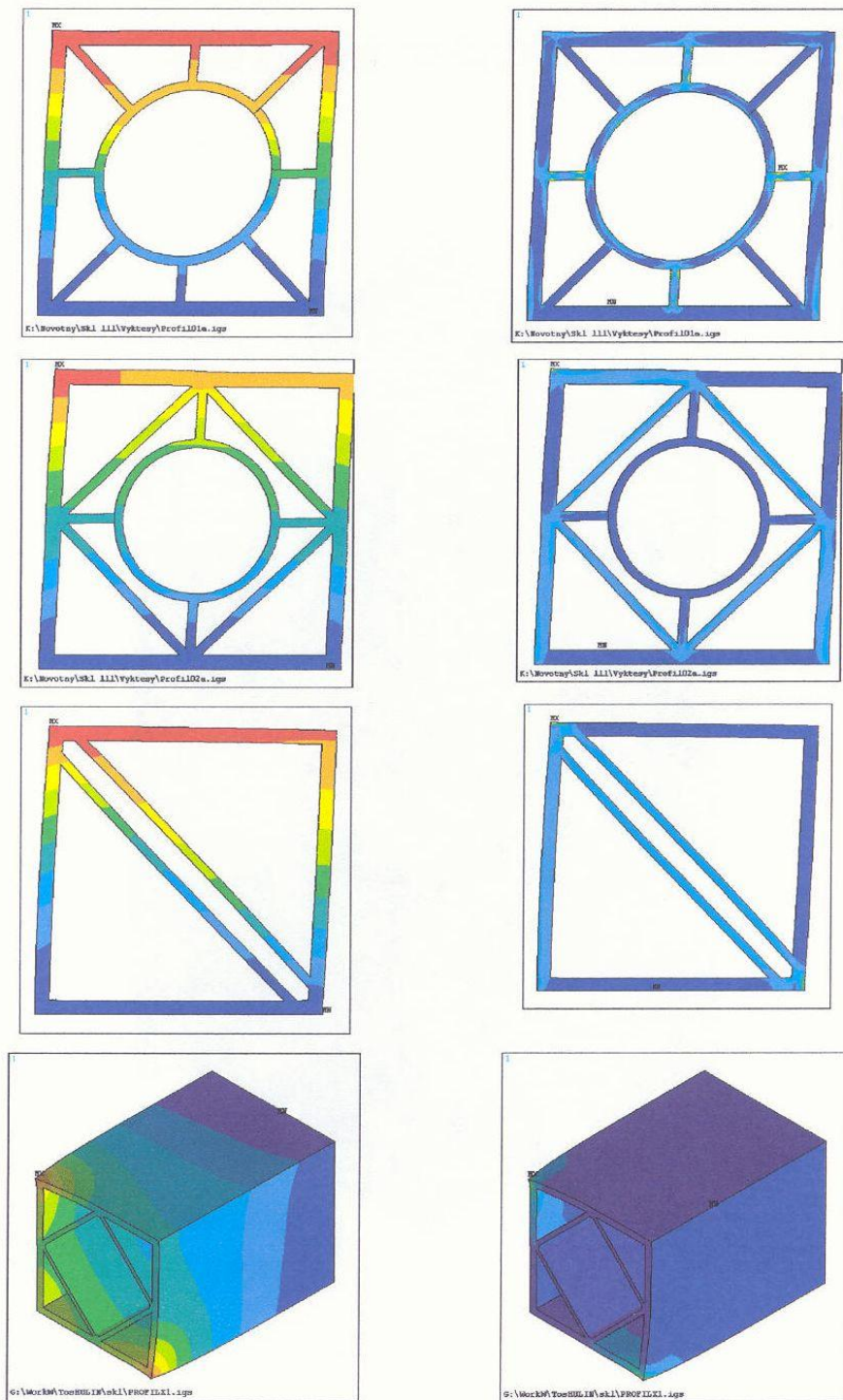
Průběh této metody je podobný jako u metod brainstorming a brainwriting. Rozdíl je v tom, že zadaný problém se nejprve řeší velmi obecně. Vedoucí diskuze pak začne problém postupně konkretizovat a až téměř na konci samotné diskuze definuje konkrétně řešený úkol [2].

Metoda konečných prvků (MKP) se v konstrukci OS nejčastěji používá při optimalizaci geometrických tvarů, hmotnostních a tuhostních parametrů apod. Pomocí této metody je možné nalézt např. nejlepší rozmístění žebířů u odlitku, nebo kompromis mezi tuhostí a hmotností konstruované součásti. Tato metoda může být využita také pro řešení dynamicky a teplotně namáhaných součástí, nebo úlohy z oblasti termodynamiky, elektromagnetismu apod.

Využití této metody při optimalizaci tvaru příčnicku svíslého soustruhu je zobrazeno na Obr. 67.

V současné době MKP dosahuje vysokých přesností a značnou měrou přispívá ke zdokonalování mechanických vlastností konstruovaných OS. Její použití ovšem

vyžaduje vysokou úroveň znalostí z oblasti materiálového inženýrství, mechaniky, pružnosti pevnosti, apod.



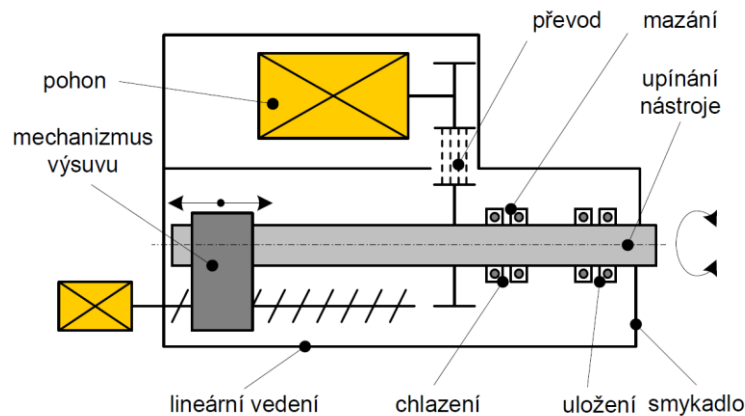
Obr. 67 Vnitřní technická optimalizace geometrického tvaru příčnicku svislého soustruhu metodou konečných prvků [23].

10.1 PŘÍKLAD OPTIMALIZACE KONCEPCE VŘETENÍKU HORIZONTÁLNÍHO VYVRTÁVACÍHO STROJE

V této kapitole je na příkladu prezentováno praktické využití vícekritériálního výběru variant při optimalizaci koncepce vřeteníku horizontálního vyvrtávacího stroje.

Úlohou vřeteníku na horizontálních vyvrtávacích strojích je vyvození přesného rotačního a translačního pohybu nástroje, který slouží k odebrání materiálu (frézování, vrtání, vyvrtávání apod.).

Základními stavebními prvky vyvrtávacího vřeteníku jsou: hlavní pohon, vložený převod, uložení vřetená, smykadlo, mechanismus pro výsuv vřetená, upínání nástroje, mazání ložisek, lineární vedení výsuvu vřetená a chlazení ložisek. Zjednodušené schéma horizontálního vyvrtávacího vřeteníku je zobrazeno na Obr. 68.



Obr. 68 Schéma vyvrtávacího vřeteníku

Každá z výše uvedených částí vřeteníku je i se svými možnými variantami zapsána do morfologické matice (Obr. 69). Propojením jednotlivých polí matice je možné vytvořit několik konstrukčních variant, v tomto případě byly vybrány čtyři varianty viz. Obr. 70.

Pohon	Asynchronní motor	Synchronní motor	Vřetenové servo
Převod	Šipový řemen	Klínový remen	Ozubený řemen
Uložení	Kluzné	Válečková lož.	Kuličková lož.
Smykadlo	Svarek	Odlitek	Polymerbeton
Výsuv	Trapézový šroub	Kuličkový šroub	Hydraulický píst
Upínání	Bez vnitřního up.	Vnitřní up. s chlaz.	Vnitřní up. bez chlaz.
Mazání	Samomazná lož.	Olej	Tuk
Lin. vedení výsuvu	Kluzné	Profilové valivé	Valivé tanky
Chlazení ložisek	Bez chlazení	Vzduch	Olej

Obr. 69 Morfologická matice pro hledání koncepce vyvrtávacího vřeteníku.

	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D
Pohon	Vřetenové servo	Vřetenové servo	Vřetenové servo	Vřetenové servo
Převod	Šířkový řemen	Ozubený řemen	Ozubený řemen	Klínový řemen
Uložení	Kuličková lož.	Kuličková lož.	Kuličková lož.	Kuličková lož.
Smykadlo	Odlitek	Odlitek	Svarek	Odlitek
Výsuv	Kuličkový šroub	Kuličkový šroub	Kuličkový šroub	Kuličkový šroub
Upínání	Vniřní up. s chlaz.	Vniřní up. s chlaz.	Vniřní up. bez chlaz.	Vniřní up. s chlaz.
Mazání	Olej	Tuk	Tuk	Olej
Lin. vedení výsuvu	Profilové valivé	Profilové valivé	Profilové valivé	Profilové valivé
Chlazení ložisek	Olej	Olej	Vzduch	Olej

Obr. 70 Vybrané varianty plynoucí z morfologické matice.

Pro hodnocení vybraných variant koncepcí vřeteníku byla vybrána následující technická a ekonomická kritéria:

- Technická vyspělost.
- Výsledná cena vřeteníku.
- Hluk.
- Údržba a provozní náklady.
- Teplotní stabilita.

Váhy vybraných kritérií byly hodnoceny za pomoci tří expertů bodovací metodou. Každý expert podle vlastních zkušeností obodoval zvolená kritéria určitým počtem bodů v rozmezí od 0 do 10. S rostoucí důležitostí kritéria rostou také jeho body.

Váha jednotlivých kritérií v_j byla vypočítána dle vztahu 11.

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^n b_j} = \frac{5}{5+5+10+10+5} = 0,14 \quad (11)$$

Výsledná váha kritérií v_c byla spočtena jako aritmetický průměr vah od jednotlivých expertů dle vztahu 12.

$$v_c = \frac{\sum_{j=1}^n v_j}{n} = \frac{0,14+0,25+0,18}{3} = 0,19 \quad (12)$$

Výsledné body a váha kritérií je zobrazena v Tab. 3.

Kritérium	Ex. 1	Ex. 2	Ex. 3	v_1	v_2	v_3	v_c	Pořadí	v_v
Technická vyspělost	5	10	6	0,14	0,25	0,18	0,19	3.	1.3
Výsledná cena vřeteníku	5	7	7	0,14	0,18	0,21	0,18	4.	1.4
Hluk vydávaný vřeteníkem	10	8	4	0,29	0,2	0,12	0,12	5.	1.5
Údržba a provozní náklady	10	6	8	0,29	0,15	0,24	0,23	1.	1.1
Teplotní stabilita	5	9	8	0,14	0,23	0,24	0,2	2.	1.2

Tab. 3 Tabulka hodnocení kritérií.

Z Tab. 3. vyplývá, že podle oslovených expertů má nejvyšší váhu kritérium údržba a provozní náklady a naopak nejmenší váhu výsledná cena vřeteníku.

Pro zjednodušení byly vybrané varianty hodnoceny jedním expertem podle výše zvolených kritérií viz. Tab. 4. Po ohodnocení všech variant podle všech kritérií se spočte celkové hodnocení každé varianty podle vztahu 13.

Expert 1		Varianta A		Varianta B		Varianta C		Varianta D	
Kritérium	v_v	h_j	$h_j \cdot v_v$	h_j	$h_j \cdot v_v$	h_j	$h_j \cdot v_v$	h_j	$h_j \cdot v_v$
Technická vyspělost	1.3	9	3	7	2,33	3	1	8	2,67
Výsledná cena vřeteníku	1.4	1	0,25	5	1,25	7	1,75	3	0,75
Hluk vydávaný vřeteníkem	1.5	5	1	5	1	3	0,6	9	1,8
Údržba a provozní náklady	1	3	3	8	8	9	9	3	3
Teplotní stabilita	1.2	9	4,5	7	3,5	5	2,5	9	4,5
Celkové hodnocení		11,75		16,08		14,85		12,72	
Pořadí		4.		1.		2.		3.	

Tab. 4 Tabulka hodnocení variant.

$$b_i = \sum_{j=1}^k h_{ij} \cdot v_v = 9 \cdot \frac{1}{3} + 1 \cdot \frac{1}{4} + 5 \cdot \frac{1}{5} + 3 \cdot 1 + 9 \cdot \frac{1}{2} = 11,75 \quad (13)$$

Jako optimální varianta byla zvolena varianta B, jelikož získala nejvyšší celkové hodnocení ($b_b=16,08$ bodů).

11 SHRUTÍ A PŘÍNOS PRÁCE

Základní pojmy týkající se OS a jeho životního cyklu jsou popsány v kapitole 2. OS je zde rozdělen podle několika hlavních hledisek, včetně popisu, v současné době nejvíce produkovaných obráběcích center. V závěru této rešeršní kapitoly je podrobně definován životní cyklus OS. Část této kapitoly vychází z autorovy publikace [6] *Machine tool life-cycle, Proceedings of the 20th International DAAAM 2009 Symposium, Viena 2009. ISSN 1726-9679*

Kapitola 4 je věnována vývojovému a konstrukčnímu procesu, který je hlavní částí procesu návrhu OS. Je zde popsána autorova definice konstrukčního procesu včetně analýzy požadavků na konstrukční proces, které byly uveřejněny v publikaci [9] *Concurrent and modern approaches for designing, International Journal of Applied Engineering Research, ročník 3, číslo 12, Indie 2008, ISSN 0973-4562*. Jsou zde shrnuty počítačové podpory využitelné v průběhu tohoto procesu a dále metody pro zabezpečení jakosti (kvality) konstrukčního procesu.

V další kapitole je provedena rešerše základních přístupů ke konstruování (základních způsobů návrhu stroje). Jsou zde popsány jednoduché metody založené na pokusech a omylech, intuici až po komplikované metody postavené na teorii systémů apod. Jako poslední bod této kapitoly je zhodnocení využitelnosti těchto přístupů v praxi.

Kapitola 6 popisuje velmi důležité postavení Plánovací a Vývojové etapy v životním cyklu OS. Jsou zde popsány technické a ekonomické důvody k důkladnému porozumění těchto dvou etap.

Hlavní část disertační práce tvoří kapitola 7, ve které je definován Systémový přístup při návrhu OS. Tato kapitola je rozdělena do dvou hlavních podkapitol. V první z nich je definován systémový přístup v průběhu Plánovací etapy, kde je kladen důraz zejména na přesnou definici požadavků kladených na OS, určení limitních výrobních nákladů na OS a na přípravu a plánování samotného návrhu OS. V druhé podkapitole je definován Systémový přístup v průběhu etapy Vývoj, kde je nejprve prováděna Vnější optimalizace struktury OS a poté vnitřní optimalizace struktury OS. Hlavní části této kapitoly navazují na autorovy publikace [4] *Effective machine tool costs reduction method, Proceedings of 22nd DAAAM World Symposium, Viena 2011, ISBN 978-3-901509-83-4* a [8] *Design of machining center – Criterion of optimization. In Vaněk, V., Hosnedl, S., Barták, J., (eds) AEDS 2008: workshop. Plzeň, 31. 10. – 1. 11. 2008. Plzeň: ZČU Plzeň, 2008, p. 43-47. ISBN 978-80-7043-685-1*

V kapitole 10.1 je popsán příklad využití morfologické analýzy a vícekriteriálního hodnocení variant při optimalizaci koncepce vřeteníku horizontálního vyvrtávacího stroje.

V závěrečné části disertační práce jsou shrnuty některé konstrukční taktiky a podpůrné nástroje využitelné v průběhu Systémového přístupu při návrhu OS.

11.1 PŘÍNOS PRO VĚDU

Navržená metodika (Systémový přístup při návrhu OS) byla vyvinuta jako konstrukční strategie využitelná v průběhu návrhu všech základních druhů OS. Cíl většiny OS je stejný, tedy odebrání materiálu především z kovového obrobku. Tyto stroje mají svá společná specifika a vlastnosti, se kterými navržená metodika pracuje a dopředu počítá. Ve vědeckém prostředí může být po patřičných úpravách využita pro návrh jakéhokoliv technického objektu.

Jednou z dílčích částí předložené metodiky je i Metoda redukce nákladů OS. Tato metoda je navržena obecně tak, aby se dala bez větších úprav použít pro redukci nákladů jakéhokoliv technického objektu, nebo technologického procesu.

Aby bylo dosaženo maximálního splnění všech požadavků kladených na navrhovaný OS je nezbytně nutné, aby struktura stroje prošla technickou i ekonomickou optimalizací. Součástí navržené metodiky je definován podrobný postup optimalizace struktury OS.

V průběhu optimalizace struktury OS musí konstrukční tým často provádět složité rozhodovací úkony. Pro podporu těchto rozhodovacích úloh byla rozšířena technická kritéria pro hodnocení OS, a také byly definovány ekonomická kritéria pro hodnocení stavby OS.

11.2 PŘÍNOS PRO PRAXI

Navržená metodika přináší výrobcům OS snadno aplikovatelnou a srozumitelnou konstrukční strategii při jejímž důsledném využití by měla být kvalita navrhovaného OS vyšší ve třech hlavních směrech:

- Vyšší míra splnění požadavků kladených na OS je dosažena důslednou technickou optimalizací struktury OS.
- Nižší konečné náklady spojené s vytvořením OS jsou dosaženy využitím Metody redukce nákladů OS a důslednou ekonomickou optimalizací struktury OS.
- Kratší doba dodání stroje zákazníkovi je dosažena nejprve pečlivým naplánováním konstrukčních prací a poté vhodným řízením prací, kde ještě před dokončením jedné etapy se začíná pracovat na etapě následující.

11.3 MOŽNOSTI DALŠÍHO VÝVOJE

Předložená metodika je primárně určena k aplikaci v průběhu návrhu OS, tedy v průběhu etap Plánování a Vývoj. Pro další snižování konečných nákladů na tvorbu OS, a také ke zkrácení doby nutné k dodání stroje zákazníkovi by bylo možné rozšířit navržený systémový přístup i do dalších etap životního cyklu OS (Výroba, Montáž, Expedice). Velkým přínosem v reálném podniku by bylo využívání podobného systémového přístupu i v etapě Obchod, což by vedlo ke zvýšení kvality výstupních dat z této etapy.

Vzhledem ke stále se zvyšujícím nárokům na bezpečnost provozu nejen OS by bylo vhodné zapracovat do navržené metodiky také Rizikostní analýzu, která by optimalizovala stavbu OS z bezpečnostního hlediska.

Zrychlení optimalizace struktury OS a tím i lepší zpřístupnění této metodiky do praxe by se mohlo docílit vytvořením počítačového software, který by obsahoval patřičná technická i ekonomická kritéria a výpočtové algoritmy. Tímto způsobem by se usnadnila a zrychlila nezáživná výpočtová práce a konstruktér by pak měl více prostoru pro samotný návrh stroje.

12 ZÁVĚR

Návrh a výroba OS je činnost, kterou se v České Republice zabývají desítky společností různých velikostí a úrovní. V České Republice má tento průmysl dlouholetou tradici.

OS Českých výrobců mají ve světě dobré jméno a dosahují vysoké technické kvality. V porovnání s Německou, Italskou, nebo Japonskou konkurencí ovšem čeští výrobci zaostávají ve využití moderních informačních technologií, způsobu řízení pracovníků a flexibilitě.

Proces návrhu OS pokrývá etapy Plánování a Vývoj v životním cyklu OS. V průběhu těchto etap dochází k analýze zadání stroje, naplánování konstrukčních prací a k následnému návrhu a rozkreslení OS.

Obecným cílem procesu návrhu OS je splnění tří základních požadavků zmíněných v 8.3. Jedná se o:

- Požadavky kladené na OS od zákazníka, výrobce i státu.
- Dodržení časového fondu pro konstrukci stroje.
- Dodržení stanovených maximálních nákladů.

Systémový přístup při návrhu OS je posloupný proces prací řízených koordinátorem projektu, v jehož průběhu jsou využity systémové metody řešení nejen konstrukčních otázek.

Využitím tohoto způsobu konstruování dochází ke zvýšení míry splnění všech tří hlavních požadavků kladených na proces návrhu OS (maximalizace splnění požadavků kladených na OS, dodržení nebo snížení časového fondu konstrukčních prací a snížení nákladů na vytvoření OS).

Přínosy Systémové přístupu při návrhu OS lze tedy rozdělit do tří hlavních směrů:

1. Splnění požadavků kladených na obráběcí stroj:

- Optimalizace konstrukce z technického hlediska.
- Maximalizace míry splnění technických požadavků zákazníka.
- Maximalizace míry splnění technických požadavků výrobce.
- Podpora řešení komplikovaných konstrukčních úkolů.
- Zvýšení technické úrovně navrhovaného stroje.
- Zavedení systematičnosti do konstrukčního procesu.
- Snížení počtu generovaných chyb v průběhu konstrukce stroje.

2. Dodržení časového fondu:

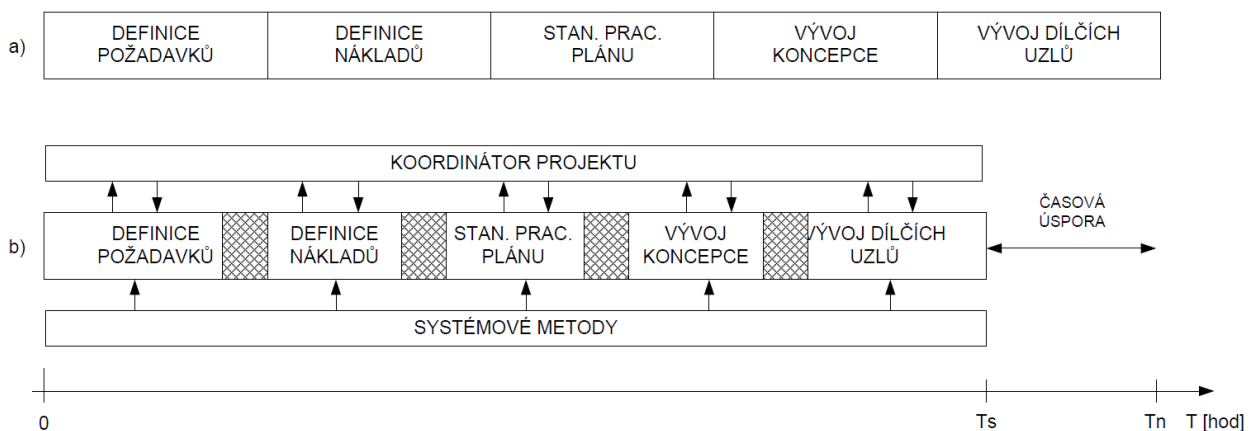
- Správný a řízený sled prací v průběhu procesu návrhu OS.
- Zkrácením doby etap Plánování a Vývoj.

3. Dodržení stanovený maximálních nákladů:

- Optimalizace konstrukce z ekonomického hlediska.
- Maximalizace míry splnění ekonomických požadavků výrobce.
- Redukce konečných nákladů spojených s vytvořením OS.

Maximalizace splnění požadavků na OS je dosaženo zejména využitím systémových metod, které podporují tvorbu nových konstrukčních variant a pomáhají při optimalizaci vnitřní stavby stroje.

Pozitivní vliv systémového přístupu na délku trvání Plánovací a Vývojové etapy je dán systémovým řízením konstrukčního procesu, který zabezpečuje správný sled prací a jejich paralelní souběh (viz Obr. 71).

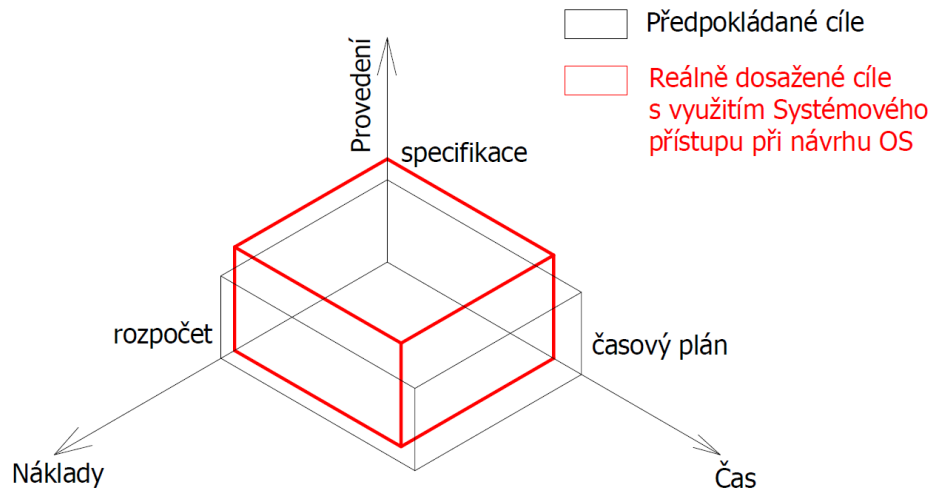


Obr. 71 Časový průběh návrhu OS při použití nesystémového (a) a systémového přístupu (b).

Náklady spojené s vytvořením OS jsou přímo úměrné vnitřní stavbě OS a délce trvání konstrukčních prací. Vnitřní strukturu z ekonomického hlediska pozitivně ovlivňují ekonomické optimalizační metody, kde je snižování nákladů dosaženo zejména pomocí redukčních metod a optimalizace. Zkrácení doby návrhu OS vede také ke snížení nákladů na vytvoření OS.

Pozitivní vliv Systémového přístupu při návrhu OS na míru plnění všech tří hlavních cílů projektu Návrh OS je zobrazen Obr. 72.

Použitím Systémového přístupu při tvorbě OS (v průběhu všech etap) by mělo dojít k maximalizaci splnění požadavků zákazníka i výrobce, zkrácení doby nutné pro dodání stroje zákazníkovi a ke snížení celkových nákladů potřebných k vytvoření OS.



Obr. 72 Zobrazení pozitivního vlivu Systémového přístupu při návrhu OS na míru plnění tří hlavních cílů projektu.

13 SEZANAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] **Akao, Y.:** QFD-Quality Function Development, Wie die Japaner Kundenwünsche in Qualitätsprodukte umsetzen, 1. Auflage, Landsberg, Verlag Moderne Industrie, 1992, 328 Seiten, ISBN: 3-4789-1020-X
- [2] **Blecha, P.:** Disertační práce - Využití moderních metod řízení a zabezpečování jakosti při konstrukci obráběcích center, Brno 1999
- [3] **Borský, V.:** Obráběcí stroje; Nakladatelství VUT v Brně, Brno 1992
- [4] **Dosedla, M., Bradáč, F.:** Effective machine tool costs reduction method, Proceedings of 22nd DAAAM World Symposium, Viena 2011, ISBN 978-3-901509-83-4
- [5] **Dosedla, M.:** Purchased components in machine tool design, 21st International DAAAM 2010 Symposium, Zadar 2010, ISBN 978-3-901509-73-5
- [6] **Dosedla, M.:** Machine tool life-cycle, Proceedings of the 20th International DAAAM 2009 Symposium, Viena 2009, ISSN 1726-9679
- [7] **Dosedla, M.:** Systémový přístup při návrhu obráběcích strojů – Pojednání ke státní doktorské zkoušce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, bez vydavatelství, Brno 2008, ISBN neuvedeno
- [8] **Dosedla, M., Marek, J.,** Design of machining center – Criterion of optimization. In Vaněk, V., Hosnedl, S., Barták, j., (eds) AEDS 2008: workshop. Plzeň, 31. 10. – 1. 11. 2008. Plzeň: ZČU Plzeň, 2008, p. 43-47. ISBN 978-80-7043-685-1
- [9] **Dosedla, M.:** Concurrent and modern approaches for designing, International Journal of Applied Engineering Research, ročník 3, číslo 12, Indie 2008, ISSN 0973-4562
- [10] **Eder, E., Hosnedl, S.:** Design Engineering – a Manual for Enhanced Creativity, CRC Press, New York 2007, ISBN: 1-4200-4765-3
- [11] **Fleischer, J., Denkena, B., Winfough, B., Mori, M.:** Workpiece and tool handling in metal cutting machines, CIRP Annals - Manufacturing Technology 2006, Volume 55, Strany 817 – 839
- [12] **Hosnedl, S., Marek, J.:** Creative design of machine tools-contextually, Jurnal of Mechanical Engineering, 2008, (8), 94-104, ISSN 1895-7595
- [13] **Hosnedl, S.:** Systémové navrhování technických produktů KKS/ZKM - Podklady k přednáškám, ZČU Plzeň, Katedra konstruování strojů, Plzeň 2001

- [14] **Hubka, V.:** Konstrukční nauka – obecný model konstruování, 2. vydání, Heurista, Zürich 1995 Serie WDK Workshop Design – Konstruktion, z originálu Engineering Design přeložil Hosnedl, S., ISBN 80-90-1135-0-8
- [15] **Janíček, P.:** Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky hledání souvislostí, Vysoké učení technické v Brně – Nakladatelství VUTIUUM, Brno 2007, ISBN: 978-80-7204-55-6
- [16] **Jeřábek, K.:** Metodika navrhování strojů, Nakladatelství ČVUT, Praha 1999, ISBN: 80-01-02012-6
- [17] **Joshi, P. H.:** Machine tools hand books – Design and operation, The McGraw-Hill 2007, United States of America, ISBN:978-0-07-149435-9
- [18] **Konečný, M.:** Podniková ekonomika, Akademické nakladatelství CERM, Brno 2007, ISBN: 978-80-214-3465-3
- [19] **Lacko, B.:** Cíle konstrukčního procesu v tržní ekonomice. Technik, čís.5, roč. 2005, str.21-22
- [20] **López de Lacalle, L.N., Lamikiz, A.:** Machine tools for high performance machining, Springer, Spain 2009, ISBN: 978-1-84800-379-8
- [21] **Marek, J. a kol.:** Konstrukce CNC obráběcích strojů, MM publishing, s.r.o., Praha 2010, ISBN: 978-80-254-7980-3
- [22] **Marek, J.:** Integrovaný vývoj produktu, Praha: Autodesk 2010, s. 207. ISBN 978-80-254-6497-7.
- [23] **Marek, J.:** Synergický efekt v konstrukčním procesu obráběcího stroje, habilitační práce, VUT Brno, FSI, Brno 2004, stran 143
- [24] **Mareš, T.,** Konstrukční optimalizace, Nakladatelství ČVUT, Praha 2007, ISBN: 978-80-01-03696-9
- [25] **Opitz, H.:** Moderne produktionstechnik, stand und tendenzen. 3rd ed. Essen: W. Girardet. 1971. 565p. ISBN 3-7736-0998-1
- [26] **Rosenau, M.:** Řízení projektů, Vydavatelství Computerpress, Brno 2010, sedmé vydání, ISBN:978-80-251-1506-0
- [27] Rada pro výzkum a vývoj - doporučení k aplikaci zákona č. 586/1992 Sb., dostupné z: <http://www.avo.cz/dokument/odpv34do.htm>
- [28] **Tomek, G., Vávrová, V.:** Výrobek a jeho úspěch na trhu. 1. Vydání, Grada publishing, Praha 2001, ISBN: 80-247-0053-0

14 VLASTNÍ PUBLIKACE

- [1] **Dosedla, M., Bradáč, F.:** Effective machine tool costs reduction method, Proceedings of 22nd DAAAM World Symposium, Viena 2011, ISBN 978-3-901509-83-4
- [2] **Dosedla, M.:** Purchased components in machine tool design, 21st International DAAAM 2010 Symposium, Zadar 2010, ISBN 978-3-901509-73-5
- [3] **Dosedla, M.:** How to compensate tool request position at horizontal boring milling machines, Mechatronics 2009, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin 2009, ISBN 978-3-642-05021-3
- [4] **Dosedla, M.:** Machine tool life-cycle, Proceedings of the 20th International DAAAM 2009 Symposium, Viena 2009, ISSN 1726-9679
- [5] **Dosedla, M.:** Systémový přístup při návrhu obráběcích strojů – Pojednání ke státní doktorské zkoušce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Brno 2008
- [6] **Dosedla, M., Marek, J.:** Design of machining center – Criterion of optimization. In Vaněk, V., Hosnedl, S., Barták, j., (eds) AEDS 2008: workshop. Plzeň, 31. 10. – 1. 11. 2008. Plzeň: ZČU Plzeň, 2008, p. 43-47. ISBN 978-80-7043-685-1
- [7] **Dosedla, M.:** Concurrent and modern approaches for designing, International Journal of Applied Engineering Research, ročník 3, číslo 12, Indie 2008, ISSN 0973-4562
- [8] **Dosedla, M.:** Vertikální soustruhy na EMO 2007, Strojárstvo, ročník 9, číslo 11, Žilina 2007, ISSN 1335-2938
- [9] **Dosedla, M.:** Přehled nových trendů v oblasti horizontálních vyvrtávacích a frézovacích strojů, Strojárstvo, ročník 9, číslo 11, Žilina 2007, ISSN 1335-2938

15 TVŮRČÍ AKTIVITY, PROJEKTY, OSTATNÍ ČINNOST

Grantové projekty

Číslo: 1441/2010/G1 - Fond rozvoje vysokých škol

Téma: Inovace předmětu stavba výrobních strojů I

Pozice: Hlavní řešitel

Termín 1. 1. 2010 – 31. 12. 2010

Číslo: FSI-J-10-39 - Specifický výzkum VUT

Téma: Návrh modulárního experimentálního standu pro analýzu přesnosti polohování posuvových os výrobních strojů

Pozice: Spoluřešitel

Termín 1. 1. 2010 - 31. 12. 2010

Studium v zahraničí

Téma: Systematic approach of machine tool development

Místo: Mondragon Unibertsitatea

Euscuela Politécnica Superior

Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

Španělsko

Termín Letní semestr 2008 (5 měsíců)

Přednáška

Téma: Engineering Design Science Science and its applying in a practice.

Místo: Mondragon Unibertsitatea

Euscuela Politécnica Superior

Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

Španělsko

Termín: 16. Června 2008

Vedené bakalářské práce

- [1] **Krenželok, A.:** Porovnání současných a moderních metod konstruování, Brno 2008, 42 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Dosedla Michal
- [2] **Vévoda, A.:** Porovnání moderních 3D CAD programů, Brno 2008, 41 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Ing. Dosedla Michal

16 PŘÍLOHY

16.1 SEZNAM PODPŮRNÝCH NÁSTROJŮ, KTERÉ JE MOŽNÉ VYUŽÍT PŘI SYSTÉMOVÉM PŘÍSTUPU NÁVRHU OBRÁBĚCÍHO STROJE

QFD (Quality Function Development)

Metoda QFD se využívá v etapě návrhu výrobku nebo služby, při zlepšování výrobků nebo služeb, a nebo při optimalizaci procesů. Metoda přináší prohloubení zaměření se na zákazníka, efektivní spolupráci zaměstnanců, jako preventivní nástroj vede k nižšímu výskytu vad ve výrobě, zkracuje dobu vývoje a inovací. Je určena pro práci v týmech. [2]

Metoda umíst'ovací strategie při tvorbě ceny

Tato metoda využívá matice, obsahující devět možných umíst'ovacích strategií s ohledem na různou úroveň cen a jakosti výrobku [18].

MTCRM (Machine Tool Cost Reduction Method)

Tato metoda se zaměřuje na snížení nákladů na tvorbu OS, které vznikají ve vývojové etapě.

Hierarchická struktura činností

Hierarchická struktura činností je vhodnou metodou pro rozdělení projektu do pracovních balíků, úkolů nebo činností. Hierarchická struktura činností snižuje pravděpodobnost, že vám něco vypadne.

Úsečkový diagram

Úsečkové diagramy znázorňují časový plán činností nebo [26].

Diagram milníků

Diagram milníků ukazuje vybrané klíčové události [26].

Sít'ové grafy

Sít'ové grafy znázorňují činnosti, události nebo obojí a zřetelně zobrazují jejich vzájemnou souvislost s těmi, které jim předchází nebo po nich následují [26].

Syntéza proces vytváření strukturovaných objektů (reálných, abstraktních) z jednotlivých prvků tím, že se mezi nimi vytvářejí vazby. Lze též konstatovat, že je to intelektuální postup, který na základě zkušenosti nebo logiky postupuje od nejjednodušších pojmů nebo výpovědí ke složitějším [15].

MKP (Metoda Konečných Prvků)

Je to metoda výpočtového modelování a řešení problémů mechaniky těles zejména pak pružnosti a pevnosti. Pomocí nástrojů této numerické metody lze řešit i úlohy statiky, kinematiky a dynamiky a další, přitom základní disciplínou mechaniky těles zůstává analytická mechanika. [21]

Morfologická matice

Morfologická matice je nástroj, s jehož pomocí lze sestavit velké množství variant řešení zadaného problému, a je možné ji velmi dobře aplikovat v případě hledání variant koncepce OS.

Metoda pořadí pro hodnocení vah kritérií

Metoda pořadí je v tomto případě využita pro seřazení důležitosti kritérií určených pro následné hodnocení vybraných konstrukčních variant.

Vícekritériální hodnocení variant

Metoda vícekritériálního hodnocení variant se používá pro posuzování vybraných konstrukčních řešení. Jedná se o jednu z mnoha optimalizačních metod. Tato metoda se používá tehdy, máme-li známo několik možných variant, které musíme vyhodnotit na základě několika daných kritérií.

Brainstorming

Slouží k řešení nejen konstrukčních problémů za pomoci diskuze mezi sedmi až deseti odborníky [2].

Brainwriting

Brainwriting je obdobou známějšího brainstorming. Zásadní rozdíl mezi těmito metodami je v důsledném zapisování všech myšlenek v průběhu brainwritingu. Každá myšlenka nebo návrh je zapsán na tabuli nebo papír a všichni účastníci jej mají stále na před sebou. Tyto návrhy pak mohou různě kombinovat nebo doplňovat. [2].

Synektika

Synektika je opět metoda určená pro týmové rozhodování nebo hledání řešení daného úkolu. Tato metoda je založena na spojování zdánlivě nesouvisejících prvků. Tím je myšleno jednak vytvoření skupiny lidí s různým vzděláním, což zajistí širokou perspektivu pohledů na danou věc, a jednak využívání analogií [2].

16.2 ŽIVOTOPIS

Osobní informace

Jméno / Příjmení Ing. Michal Dosedla
Adresa Zahradní 1, 751 17, Horní Moštěnice
Telefon +420 777 224 369
E-mail ydosed00@stud.fme.vutbr.cz
Státní příslušnost Česká Republika
Datum narození 12. 6. 1982

Vzdělání a odborná příprava

Období 2/2008 – 7/2008
Název a typ organizace University of Mondragon, Escuela Politécnica Superior, Spain
Úroveň vzdělání Doktorský program (obor: Konstrukční a procesní inženýrství)

Období 9/2006 – doposud
Název a typ organizace Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství
Úroveň vzdělání Doktorský program (obor: Konstrukční a procesní inženýrství)

Období 9/2001 – 9/2006
Název a typ organizace Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství
Úroveň vzdělání Magisterský program (obor Obráběcí a tvářecí stroje)

Období 9/1998 – 9/2001
Název a typ organizace Střední průmyslová škola Přerov
Úroveň vzdělání Maturitní zkouška (obor Elektrotechnika)

Pracovní zkušenosti

Období 1/2009 - doposud
Vykonávaná funkce Konstruktor (obráběcí stroje)
Název zaměstnavatele Fermat CZ, Brno (www.fermatmachinery.com)
Pracovní poměr Práce na plný úvazek

Období 9/2006 – 12/2008
Vykonávaná funkce Konstruktor (obráběcí stroje)
Název zaměstnavatele Fermat CZ, Brno (www.fermatmachinery.com)
Pracovní poměr Práce na částečný úvazek