

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

TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE
DISSERTATION THESIS SUMMARY

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Ing. MICHAL DOSEDLA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Dr. Ing. JIŘÍ MAREK

OPONENTI
REVIEWERS

prof. Ing. PETER DEMEČ, CSc.
doc. Dr. Ing. RADEK KNOFLÍČEK
Ing. MILAN SKÝPALA

DATUM OBHAJOBY
DEFENCE DATE

18.1.2012

Klíčová slova: obráběcí stroj, konstruování, systémový přístup, optimalizace, náklady.

Keywords: machine tool, designing, system approach, optimization, costs.

NÁZEV PRACOVIŠTĚ, KDE JE ULOŽEN RUKOPIS

Disertační práce je uložena na Oddělení vědy a výzkumu Fakulty strojního inženýrství VUT v Brně, Technická 2, 616 69 Brno.

© Michal Dosedla, 2011

Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě strojního inženýrství. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.

Obsah

1	ÚVOD	5
2	Motivace k disertační práci	5
2.1	Cíl práce	6
3	Současný stav řešené problematiky	6
3.1	Obráběcí stroje	6
3.2	Životní cyklus obráběcího stroje	7
3.2.1	Etapa vytvoření obráběcího stroje	7
4	Vývojový a konstrukční proces	8
4.1	Autorova definice konstrukčního procesu	8
4.2	Požadavky na konstrukční proces	8
5	Základní přístupy ke konstruování	8
5.1	Metoda pokus-omyl	9
5.2	Intuitivní metoda	9
5.3	Metodiky a VDI standardy	9
5.4	Vědecké konstruování (Hubka, Hosnedl)	9
5.5	Systémový přístup dle Janíčka	9
5.6	Zhodnocení využitelnosti konstrukčních přístupů (strategií) v praxi	10
6	Postavení plánovací a vývojové etapy v životním cyklu obráběcího stroje	11
6.1	Technické důvody porozumění plánovací a vývojové etapy	11
6.2	ekonomické důvody porozumění plánovací a vývojové etapy	11
7	Systémový přístup při návrhu obráběcích strojů v plánovací a vývojové etapě Systematic approach of machine tool development (SAoMTD)	12
8	Systémový přístup v etapě Plánování	13
8.1	Detailní definování požadavků na obráběcí stroj	13
8.1.1	Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska zákazníka	14
8.1.2	Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska výrobce	14
8.1.3	Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska platných norem	14
8.2	Určení limitních výrobních nákladů obráběcího stroje	15
8.2.1	Machine tool cost reduction method	15
8.2.2	Zpětná redukce nákladu již vytvořeného stroje [1]	15
8.2.3	Redukce nákladů v průběhu tvorby obráběcího stroje [1]	15
8.3	Plánování projektu – konstrukce obráběcího stroje	16
8.3.1	Nástroje časového plánování	17
8.3.2	Řízení projektů	17
8.4	Přínos využití systémového přístupu v etapě plánování	18
9	Systémový přístup v etapě vývoj	18
9.1	Optimalizace v oblasti konstrukce obráběcího Stroje	19
9.1.1	Optimalizace stavby obráběcího stroje	19
9.2	Rozdělení etapy Vývoj	20
9.3	Hledání optimálního řešení koncepce obráběcího stroje (vnější optimalizace)	22

9.3.1	Hledání řešení.....	22
9.3.2	Hodnocení řešení.....	23
9.4	Hledání optimálního řešení dílčích podskupin obráběcího stroje (vnitřní optimalizace)	26
9.4.1	Rozdělení obráběcího stroje na jednotlivé uzly stroje	26
9.4.2	Hledání řešení.....	26
9.4.3	Hodnocení řešení.....	27
9.4.4	Tvorba dokumentace	28
9.5	Přínos využití systémového přístupu v etapě vývoj	29
10	Závěr	30
11	SEZANAM POUŽITÉ LITERATURY	32
12	VLASTNÍ PUBLIKACE	33
13	TVŮRČÍ AKTIVITY, PROJEKTY, ostatní činnost	34
13.1	Životopis	34

1 ÚVOD

Každý výrobce obráběcích strojů (OS), vstupující na tuzemský i celosvětový trh, tímto proniká do silně konkurenčního prostředí. To je dáno poměrně velkým množstvím 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. Dá 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.) ovlivňuje 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. Vývojová fáze 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.

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 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).

2.1 CÍL PRÁCE

Cílem disertační práce je navržení Systémového přístupu pro návrh OS s 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, montáží 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.

3 SOUČASNÝ STAV ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1 OBRÁBĚCÍ STROJE

Základním stavebním kamenem marketingové politiky firmy je produkt. Konkrétně může jít o výrobek, službu, informaci apod. [12]. U výrobní společnosti je hlavním 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 [7].

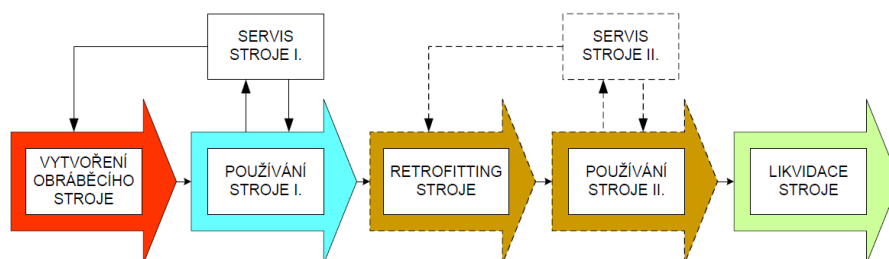
OS patří k jednomu ze základních článků ve výrobním procesu téměř každé uměle vytvořené kovové součásti, kde požadavkům na tvarovou přesnost a kvalitu povrchu nelze dosáhnout tvářením, odléváním, kováním, svařováním apod. [7].

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. [7].

3.2 ŽIVOTNÍ CYKLUS OBRÁBĚCÍHO STROJE

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 [2].

Životní cyklus OS lze tedy rozdělit do tří popř. pěti základních etap (Obr. 1). 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 [2].

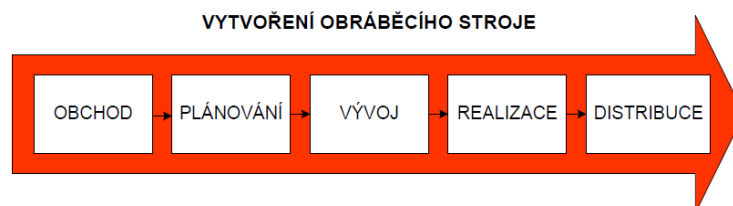


Obr. 1 Detailnější schéma životního cyklu OS.

3.2.1 Etapa 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 [5]. Tuto etapu je možné rozdělit do pěti fází (obchod, plánování, vývoj, realizace, distribuce), které na sebe plynule navazují (Obr. 2).



Obr. 2 Průběh etapy Vytvoření 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 [11].

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.

Dá se tedy říci, že konstrukční proces je postupná, intuitivní nebo systematická tvůrčí činnost, jejímž 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 [4].

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.
- Dosáhnout vysoké jakosti.
- Minimalizovat cenu stroje.
- Být transparentní.
- Být uskutečněn s co nejnižšími náklady.
- Být patentově „čistý“.

5 ZÁKLADNÍ PŘÍSTUPY KE KONSTRUOVÁNÍ

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 [4]. 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.

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 [4].

Tato metoda je z hlediska myšlenkové náročnosti nejjednodušší metodou konstruování. Spočívá v tom, že bez jakýchkoliv přílišných metodických rozborů je realizováno řešení dané problematiky [8].

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 [4].

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.

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.

U této metody je řešení hledáno systémově s podporou „mapy“ EDS, avšak s optimálním využitím procedurálních, intuitivních i zkusmých řešení dílčích problémů [5].

5.5 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP DLE JANÍČKA

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

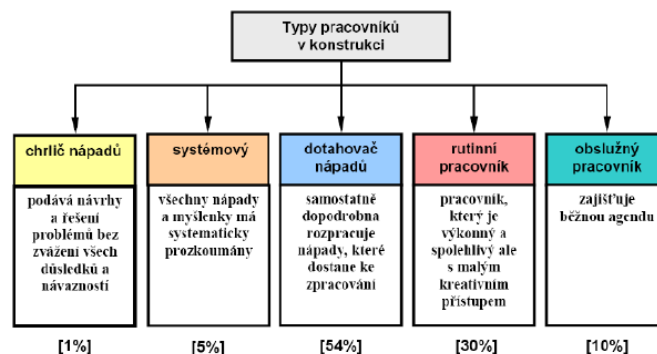
i praktického poznání, přispívající k efektivní realizaci poznávacích procesů a tím i k řešení problémových situací na strukturně a procesně složitých entitách, nezávisle na jejich oborových podstatách [6].

Systémový postup je zobecněný algoritmus pro řešení problémů, respektující systémový přístup, vyžadující systémové myšlení a využívající systémové metody [6].

5.6 ZHODNOCENÍ VYUŽITELNOSTI KONSTRUKČNÍCH PŘÍSTUPŮ (STRATEGIÍ) V PRAXI

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. 3. Ne každý konstruktér je schopen a ochoten tento přístup chápat a dále jej aplikovat při řešení konstrukčních problémů [9].



Obr. 3 Typy pracovníků v konstrukci [9].

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.

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.

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 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. 2 a v ní pak zejména fáze Plánování a Vývoj.

Navýšení zisku za prodaný stroj je v tomto případě možné dosáhnout dvěma hlavními způsoby. Buď zvýšením prodejní ceny (výnosů), nebo snížením nákladů podniku [1].

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 [1].

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

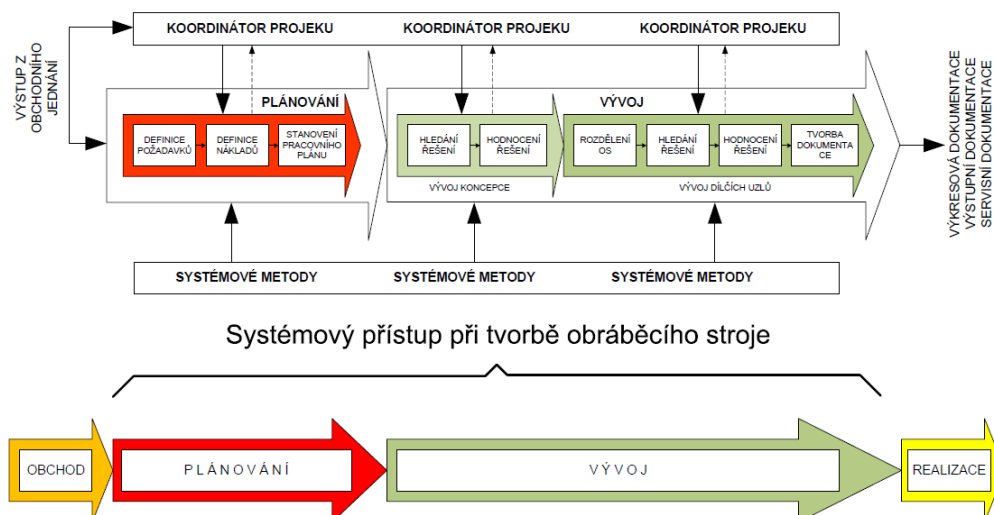
Spojí-li se cit pro konstrukci, zkušenosti a systémový přístup je možné dosáhnout zkrácení doby nutné pro zkonstruování stroje, dodržet všechny požadavky, které jsou na stroj kladeny a tím i snížit konečné náklady na vytvořené OS.

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 [6].

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.

Hlavním cílem této práce je předložit nejen 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. 4.

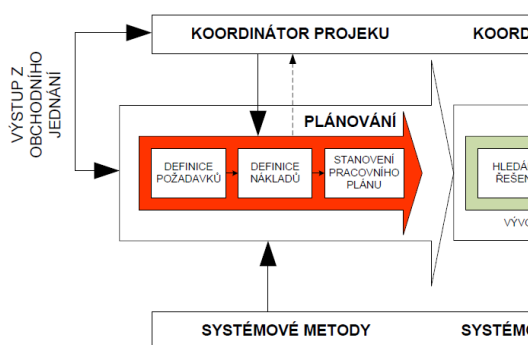


Obr. 4 Schéma systémového přístupu v etapách Plánování a Vývoj.

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. 5. 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. 5 Rozdělení etapy Plánování do tří základních fází.

8.1 DETAILNÍ DEFINOVÁNÍ POŽADAVKŮ NA OBRÁBĚCÍ STROJ

Požadavky kladené na OS je možné rozdělit do tří hlavních kategorií:

- 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.

Požadavky zákazníků, kteří uvažují o koupi OS, můžeme rozdělit do dvou základních skupin. Jsou to požadavky technické a ekonomické. Technické požadavky vycházejí z technologických potřeb zákazníka. Jinými slovy se dá říci, že záleží k čemu hodlá kupující stroj používat. Ekonomické požadavky zákazníka souvisí zejména s pořizovací cenou stroje, jeho provozními náklady, referencemi výrobce, a také s případnou budoucí likvidací stroje.

8.1.2 Požadavky kladené na obráběcí stroj z hlediska výrobce

Stejně jako zákazník tak i výrobce klade na OS zejména technické a ekonomické požadavky. 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.

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. 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.

8.2 URČENÍ LIMITNÍCH VÝROBNÍCH NÁKLADŮ OBRÁBĚCÍHO STROJE

8.2.1 Machine tool cost reduction method

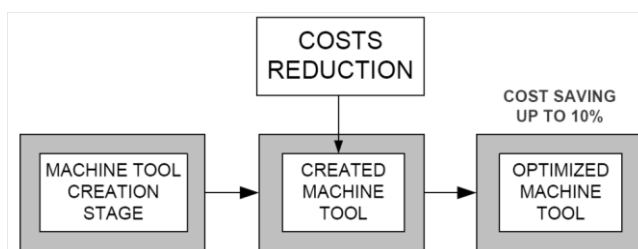
Pro efektivní snížení celkových nákladů spojených s tvorbou OS je možné využít Machine tool cost reduction method (MTCRM). Tato metoda se zaměřuje na snížení nákladů na tvorbu OS, které vznikají ve Vývojové etapě.

Nabízejí se dvě možnosti jak snížit náklady na tvorbu OS. Po vytvoření prvního stroje, nebo v průběhu jeho tvorby [1]:

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

8.2.2 Zpětná redukce nákladu již vytvořeného stroje [1]

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. 6.



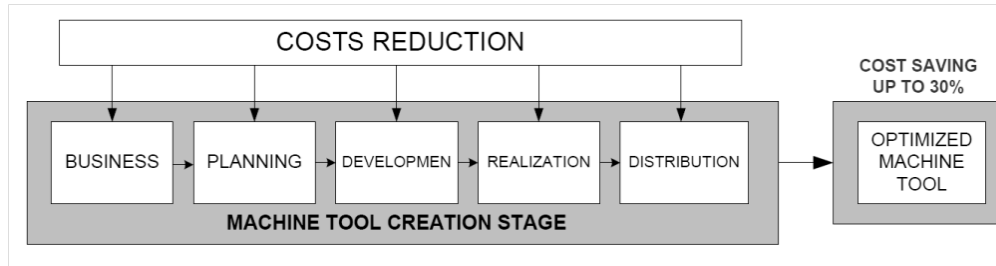
Obr. 6 Schéma metody zpětné redukce nákladů na tvorbu OS [1].

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.
- Neochotou konstruktérů měnit již zkonstruovaný stroj.
- Nemožnost snadno zaměnit a nahradit některé nakupované komponenty.

8.2.3 Redukce nákladů v průběhu tvorby obráběcího stroje [1]

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. 7.



Obr. 7 Schéma Machine tool cost reduction method [1].

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 naléznout řešení, které je levnější, avšak na stejné nebo vyšší technické úrovni.

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%. To znamená, že optimalizace v této oblasti je také velmi důležitá.

Podstatné v tomto případě je, aby redukci 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 [10].

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.

8.3.1 Nástroje časového plánování

Hierarchická struktura činností je vhodnou metodou pro rozdělení projektu do pracovních balíků, 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 [10].

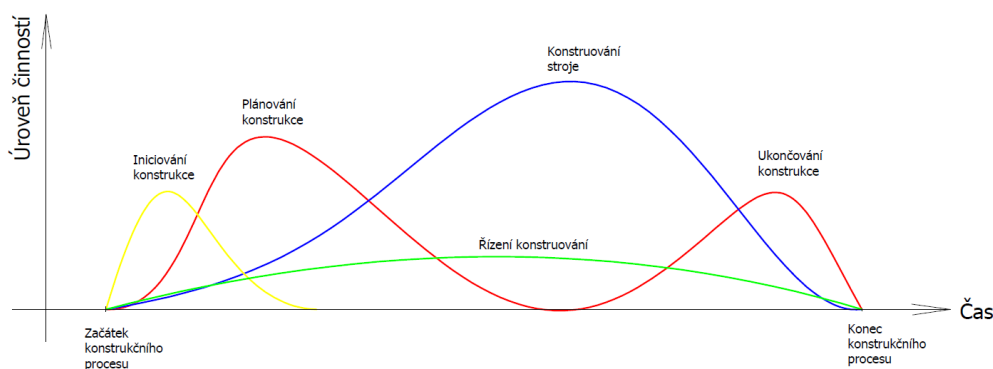
Časová dimenze plánu seřadí činnosti tak, že mezi nimi můžete identifikovat logické časové vazby. Obecně existují tři metody časového plánování: úsečkový diagram, milníky a síťové grafy. Úsečkové diagramy znázorňují časový plán činností nebo úkolů a diagram milníků ukazuje vybrané klíčové události. Síťové grafy znázorňují činnosti, události nebo obojí a zřetelně zobrazují jejich vzájemnou souvislost s těmi, které jim předcházejí, nebo po nich následují [10].

8.3.2 Řízení projektů

Úspěšné řízení projektů znamená dosáhnout požadované parametry provedení v daném termínu, nebo před ním a v rámci rozpočtových nákladů [10].

Řízení a realizace projektu (konstrukce OS) je proces, který je zajišťování pomocí skupin podprocesů (Obr. 8):

- Iniciování konstrukce.
- Plánování konstrukce.
- Konstruování stroje.
- Řízení konstruování.
- Ukončování konstrukce.



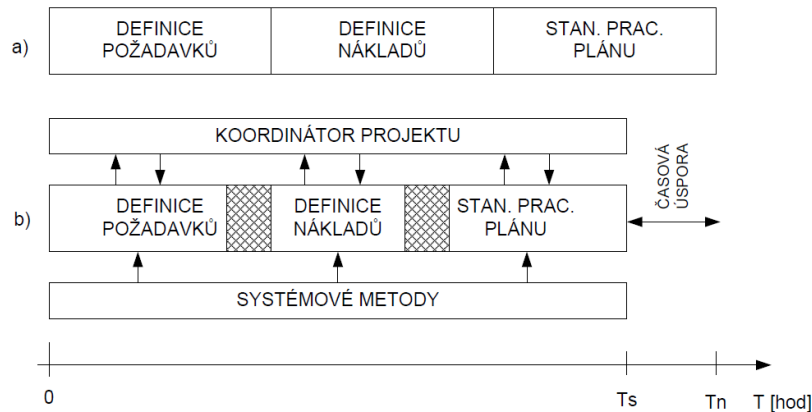
Obr. 8 Zobrazení základních procesů v průběhu řízení konstrukce stroje.

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 (
- Obr. 9).
- Detailní rozbor požadavků kladených na požadovaný obráběcí stroj.
- Redukce nákladů na vytvoření obráběcího stroje.
- Podrobné naplánování harmonogramu prací.



Obr. 9 Časový průběh etapy Plánování při použití nesystémového (a) a systémového přístupu (b) při návrhu OS.

9 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP V ETAPĚ VÝVOJ

Vývojová etapa v životním cyklu OS patří mezi jeho nejkomplikovanější 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.

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

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 [3].

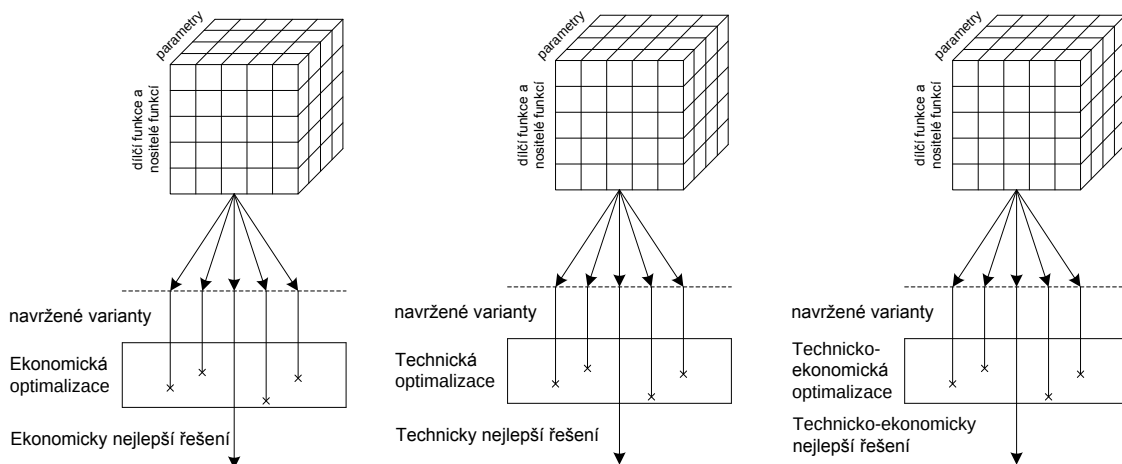
V oblasti OS mohou být v určitých případech použity tři druhy optimalizace:

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

9.1.1 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 [3].

K prvotní optimalizaci OS by mělo docházet již při definici počátečních konstrukčních zadání. Tyto úkoly většinou vyplývají z průzkumu trhu, nebo potřeb zákazníka.



Obr. 10 Schéma ekonomické, technické a technicko-ekonomické optimalizace [3].

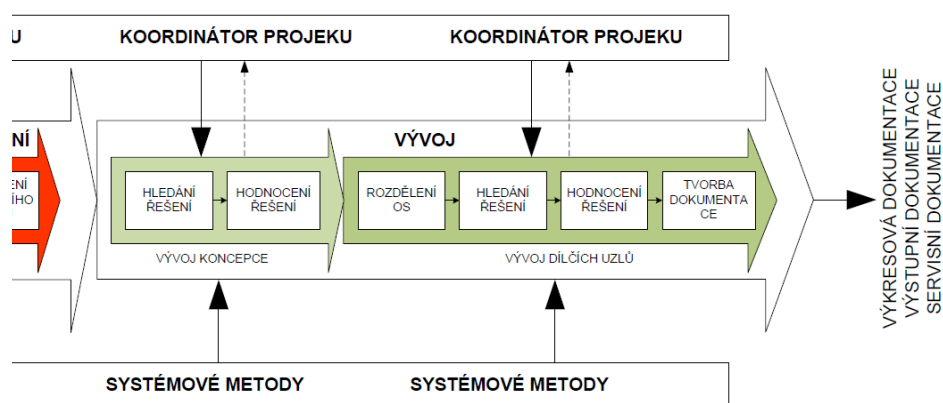
Při stavbě OS bývají nejčastěji využívány tři druhy optimalizace (Obr. 10) [3]:

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

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

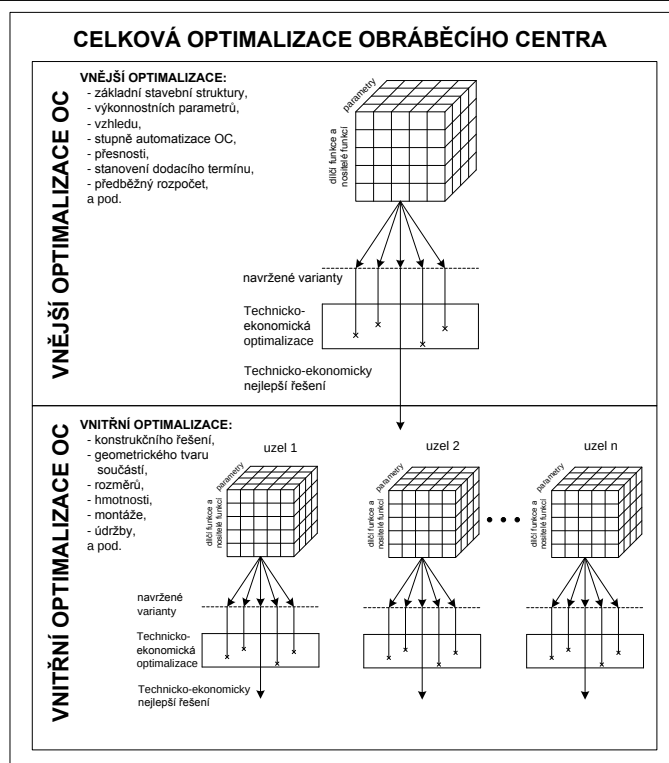
Jak již bylo popsáno výše Vývojovou etapou rozumíme zejména konstrukční proces, v průběhu kterého vzniká dokumentace k výrobě a smontování stroje dle požadavků zákazníka. Celou Vývojovou etapu je možné rozdělit do dvou hlavních fází (Vývoj koncepce stroje a Vývoj dílčích uzlů) viz Obr. 11.



Obr. 11 Schéma rozdělení etapy vývoj do dvou hlavních fází.

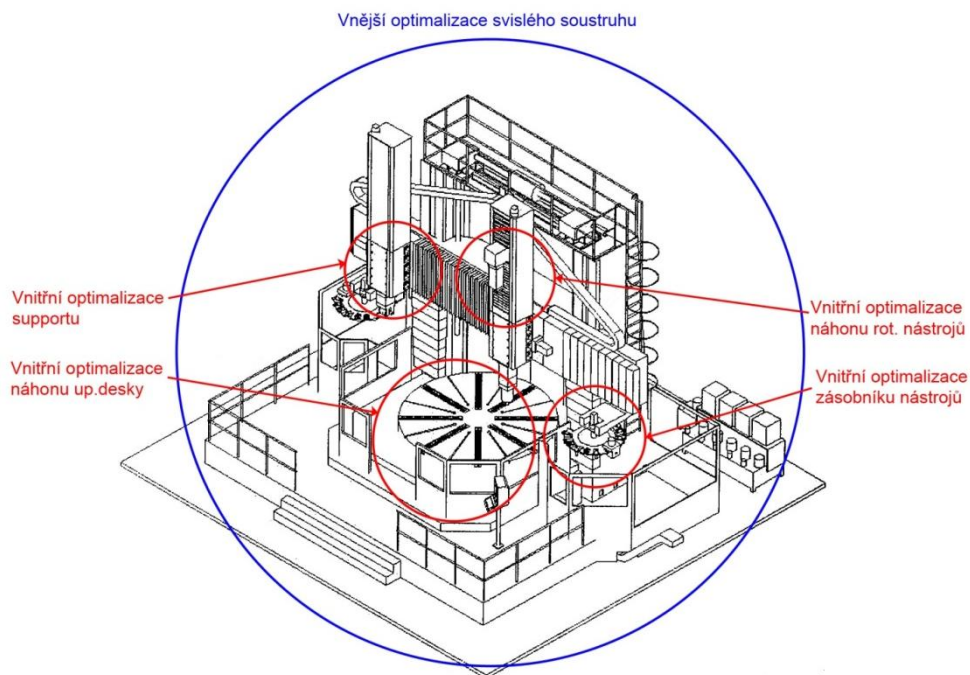
V první části této etapy (Vývoj koncepce) je tvořena koncepce budoucího stroje. Je velmi důležité, aby byly důkladně prostudovány požadavky na stroj (zejména technické a ekonomické) a na základě zkušeností pracovníků a vnější optimalizace stavby OS byla zvolena vhodná kinematika stroje, pojezdy, rozměry, 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. Schéma postupné technicko-ekonomické optimalizace OS je zobrazeno na Obr. 12.



Obr. 12 Schéma postupné technicko-ekonomické optimalizace OS [3].

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. 13 je zobrazen konkrétní příklad vnitřní i vnější optimalizace stavby obráběcího centra.



Obr. 13 Konkrétní příklad vnitřní i vnější optimalizace stavby obráběcího centra [3].

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.

9.3 HLEDÁNÍ OPTIMÁLNÍHO ŘEŠENÍ KONCEPCE OBRÁBĚCÍHO 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.

Tato etapa může být rozdělena do dvou fází:

- Hledání řešení.
- 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.

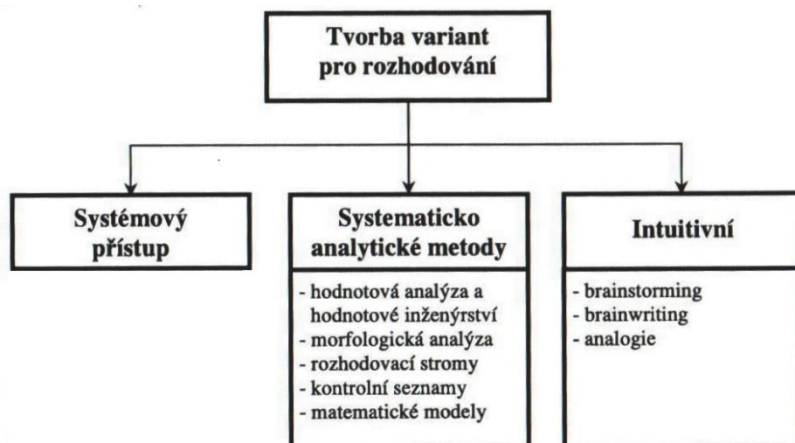
Analýza zadání

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 změnily, mohlo by to znamenat zpoždění projektu a tím i zvýšení celkových nákladů a případné komplikace ve výrobě.

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.

Tři možné směry tvorby variant jsou zobrazeny na Obr. 14.



Obr. 14 Tvorba variant [9].

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.

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.

Na Obr. 15 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. 15 Obecná morfologická matice.

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. Tato metoda výběru variant se nazývá vícekritériální hodnocení variant. Vzhledem k tomu, že výrobce i zákazník

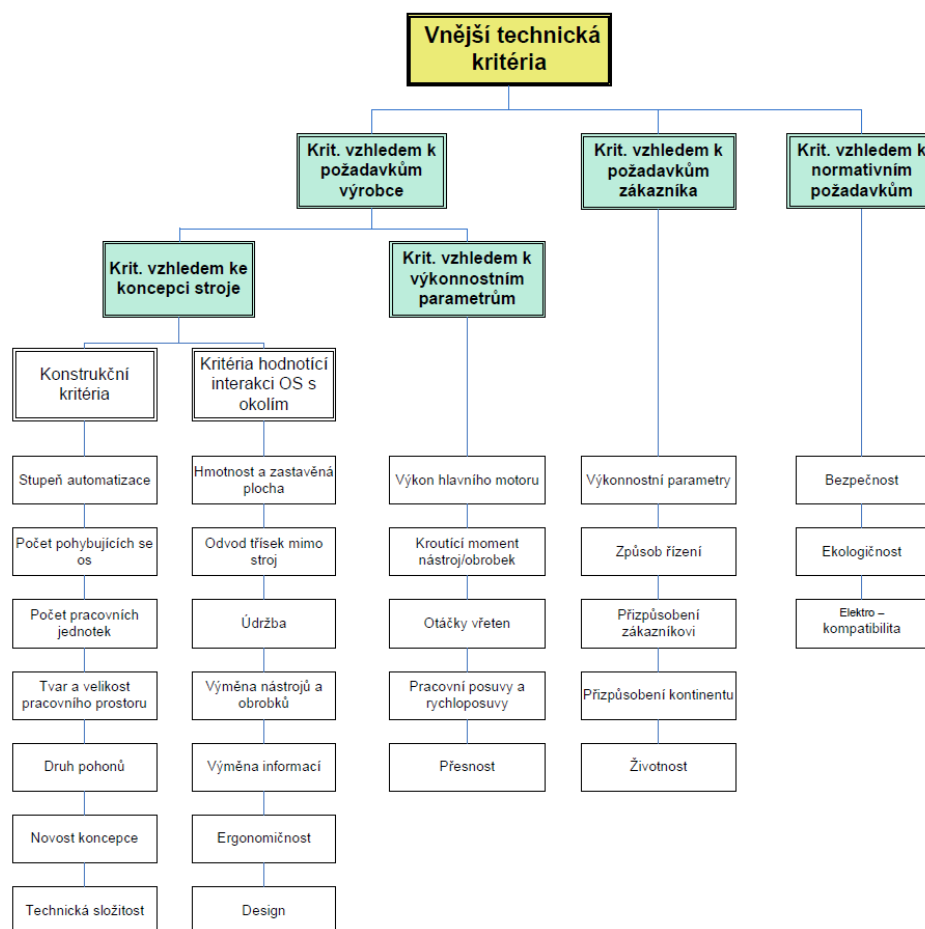
kladou na stroj technické i ekonomické požadavky, měla by se každá varianta hodnotit z technického i ekonomického hlediska.

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

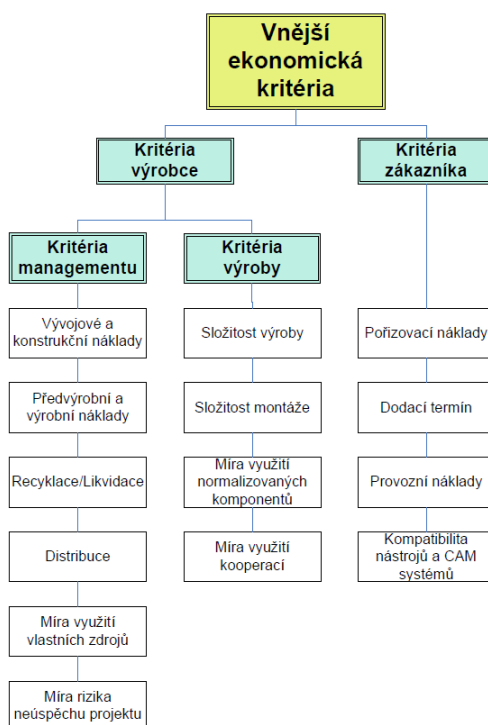
Technická kritéria slouží k posouzení zejména vnějších technických vlastností OS (Obr. 16). Tato kritéria by měla vést k hodnocení stroje vzhledem k požadavkům výrobce, zákazníka a platných norem.



Obr. 16 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 (Obr. 17). 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.



Obr. 17 Rozdělení ekonomických kritérií pro vnější optimalizaci OS.

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.

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.).

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.

Hledání optimálního řešení dílčích podskupin OS můžeme nazvat jako Vnitřní optimalizaci struktury OS. Jedná se o další krok v optimalizaci stavby OS.

Vnitřní optimalizaci OS můžeme rozdělit do čtyř hlavních fází:

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

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.

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.

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.

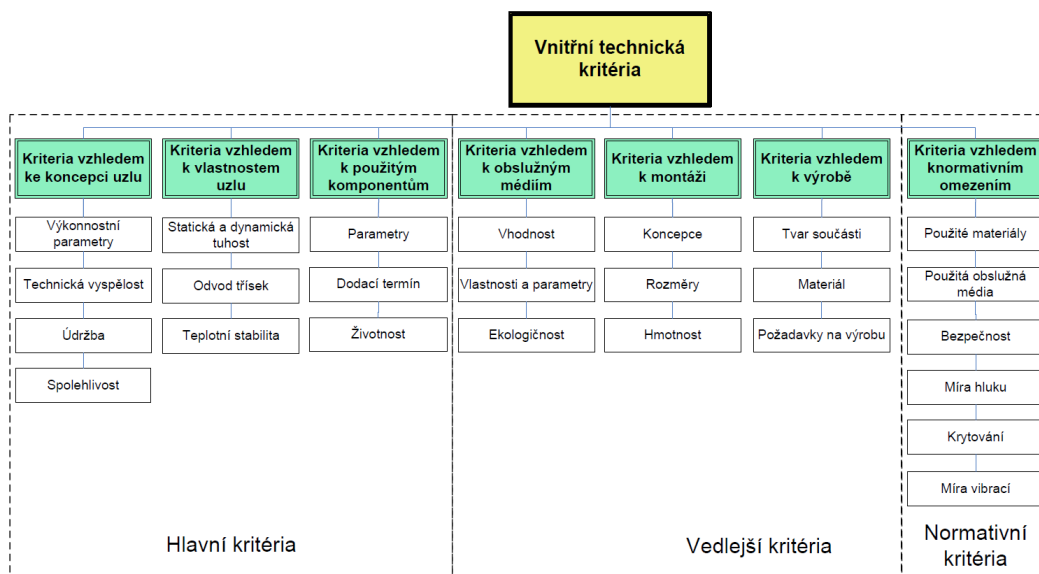
V této etapě jsou také posuzovány vybrané varianty řešení dílčích uzlů OS podle zvolených kritérií. Vnitřní optimalizace se týká zejména vnitřní struktury OS, na kterou ve většině případů nemá zákazník přímé požadavky. I v této fázi je výhodné pro posouzení vybraných variant a výběru té optimální využít 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

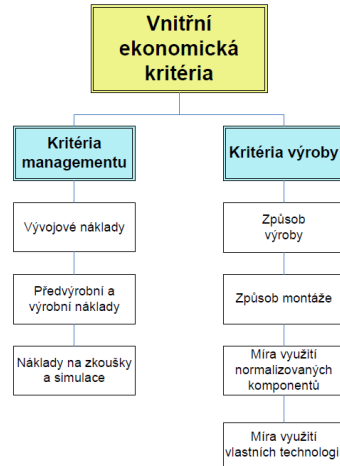
Při vnitřní technické optimalizaci by měl být každý uzel stroje posouzen z technického hlediska (Obr. 18), tak aby splňoval technické požadavky plynoucí ze zvolené koncepce a základních parametrů stroje.



Obr. 18 Rozdělení technických kritérií pro vnitřní optimalizaci OS.

Stanovení ekonomických kritérií pro vnitřní optimalizaci obráběcího stroje

Nejen při tvorbě koncepce OS, ale i při detailním konstruování vnitřních uzlů je důležité, aby byl na ekonomické hledisko kladen velký důraz, aby výsledný stroj byl konkurenceschopný. Na Obr. 19 jsou zobrazeny základní vnitřní ekonomická kritéria.



Obr. 19 Rozdělení ekonomických kritérií vnitřní optimalizace OS.

Hodnocení vah kritérií

Kritéria určená pro hodnocení variant všech uzlů OS mívají stejně jako kritéria vnější optimalizace různou váhu, která vychází z požadavků 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

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.
- 2D dokumentace.
- Elektroinstalační dokumentace.
- Montážní dokumentace.

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.
- Elektroinstalační dokumentace.
- Provozní kniha.
- Návod k obsluze nakupovaných komponent.
- Protokol o průběhu montáže.
- Prohlášení o shodě.
- Protokol o předání stroje.
- Zpráva o revizi elektrického zařízení pracovního stroje.
- Předávací geometrické protokoly.

Servisní dokumentace

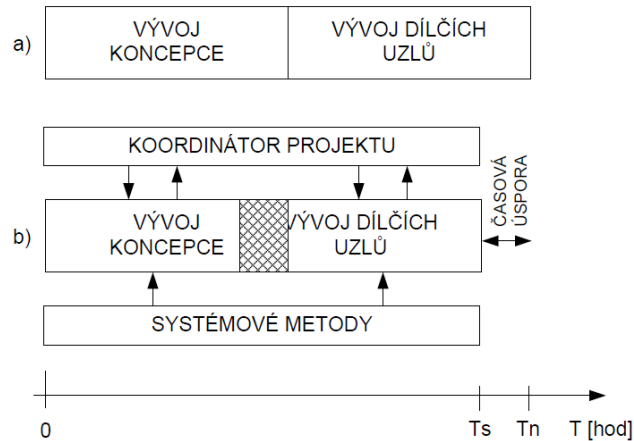
K závěrečným fázím životního cyklu OS patří instalace stroje u zákazníka a jeho provoz.

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.

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 (Obr. 20).
- Zvýšení technické kvality stavby OS.
- Snížení nákladů spojených s výrobou a montáží OS.
- Stanovení technických a ekonomických kritérií pro hodnocení variant.
- Prohloubení týmové spolupráce v konstrukčním oddělení.



Obr. 20 Průběh etapy Vývoj při použití nesystémového a systémového přístupu při návrhu OS.

10 ZÁVĚR

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:

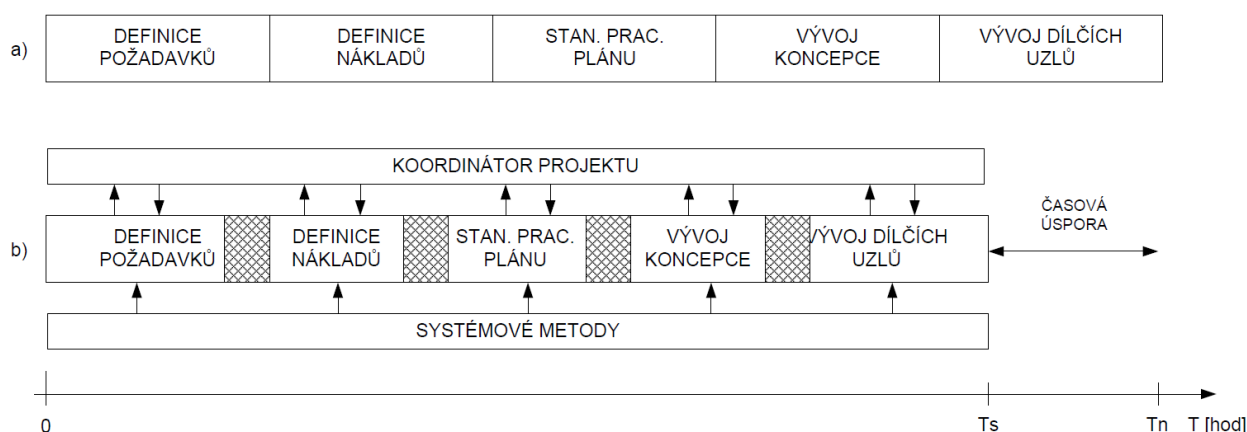
- Správný a řízený sled prací v průběhu procesu návrhu OS.
- Zkrácením doby etap Plánování a Vývoj.

3. Dodržení stanovených 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.

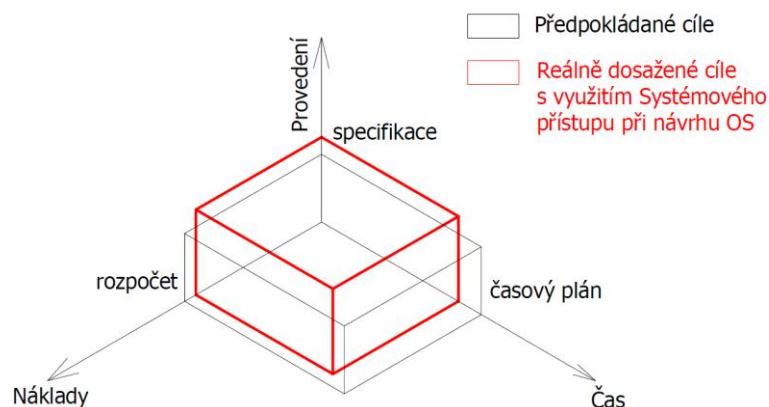
Pozitivní vliv systémového přístupu na délku trvání Plánovací a Vývojové etapy je dán systémovým řízením konstrukčního procesu, který zabezpečuje správný sled prací a jejich paralelní souběh (viz Obr. 21).



Obr. 21 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. 22.



Obr. 22 Zobrazení pozitivního vlivu Systémového přístupu při návrhu OS na míru plnění tří hlavních cílů projektu.

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.

11 SEZANAM POUŽITÉ LITERATURY

- [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.:** Machine tool life-cycle, Proceedings of the 20th International DAAAM 2009 Symposium, Viena 2009, ISSN 1726-9679
- [3] **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
- [4] **Dosedla, M.:** Concurrent and modern approaches for designing, International Journal of Applied Engineering Research, ročník 3, číslo 12, Indie 2008, ISSN 0973-4562
- [5] **Hosnedl, S.:** Systémové navrhování technických produktů KKS/ZKM - Podklady k přednáškám, ZČU Plzeň, Katedra konstruování strojů, Plzeň 2001
- [6] **Janíček, P.:** Systémové pojetí vybraných oborů pro techniky hledání souvislostí, Vysoké učení technické v Brně – Nakladatelství VUTIUM, Brno 2007, ISBN: 978-80-7204-55-6
- [7] **López de Lacalle, L.N., Lamikiz, A.:** Machine tools for high performance machining, Springer, Spain 2009, ISBN: 978-1-84800-379-8
- [8] **Marek, J. a kol.:** Konstrukce CNC obráběcích strojů, MM publishing, s.r.o., Praha 2010, ISBN: 978-80-254-7980-3

- [9] **Marek, J.:** Integrovaný vývoj produktu, Praha: Autodesk 2010, s. 207. ISBN 978-80-254-6497-7.
- [10] **Rosenau, M.:** Řízení projektů, Vydavatelství Computerpress, Brno 2010, sedmé vydání, ISBN:978-80-251-1506-0
- [11] Rada pro výzkum a vývoj - doporučení k aplikaci zákona č. 586/1992 Sb., dostupné z: <http://www.avo.cz/dokument/odpv34do.htm>
- [12] **Tomek, G., Vávrová, V.:** Výrobek a jeho úspěch na trhu. 1. Vydání, Grada publishing, Praha 2001, ISBN: 80-247-0053-0

12 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

13 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

13.1 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

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.