

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

DEPARTMENT OF POWER ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

MODERNÍ CAD SYSTÉMY V SILNOPROUDÉ ELEKTROTECHNICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

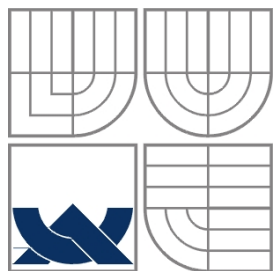
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

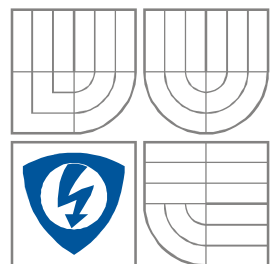
Karel Strnad

BRNO 2008



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNologiÍ**

**ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY
A ELEKTRONIKY**

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS

MODERNÍ CAD SYSTÉMY V SILNOPROUDÉ ELEKTROTECHNICE

Modern CAD Systéme in Power Engineering

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

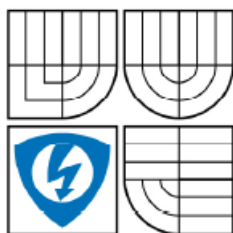
Karel Strnad

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. Hana Kuchyňková

BRNO, 2008



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Silnoproudá elektrotechnika a výkonová elektronika

Student: Strnad Karel

Ročník: 3

ID: 84825

Akademický rok: 2007/08

NÁZEV TÉMATU:

Moderní CAD systémy v silnoproudé elektrotechnice

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

1. Zhodnoťte novinky programu Autodesk Inventor.
2. Popište postup parametrického modelování od náčrtu po výkres v Inventoru.
3. Vytvoření animace z oblasti silnoproudé elektrotechniky.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Dle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 10.10.2007

Termín odevzdání: 06.06.2008

Vedoucí projektu: doc. Dr. Ing. Hana Kuchyňková

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc.
předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor semestrální práce nesmí při vytváření semestrální práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

LICENČNÍ SMLOUVA

POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Karel Strnad

Bytem: Osvobození 1692, Pelhřimov

Narozen/a (datum a místo): 9.4.1985, Pelhřimov

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00

jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:

doc. Ing. Čestmír Ondrůšek, CSc., předseda oborové rady Silnoproudá

elektrotechnika a elektroenergetika

(dále jen „nabyvatel“)

Čl. 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

☐ disertační práce

☐ diplomová práce

☒ bakalářská práce

☐ jiná práce, jejíž druh je specifikován jako

(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: FEKT VUT v Brně

Vedoucí/ školitel VŠKP: Doc. Dr. Ing. Hana Kuchyňková

Ústav: Ústav výkonové elektrotechniky a elektroniky

Datum obhajoby VŠKP:

VŠKP odevzdal autor nabyvateli v *:

☒ tištěné formě – počet exemplářů 1

☒ elektronické formě – počet exemplářů 1

* hodící se zaškrtněte

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ☐ ihned po uzavření této smlouvy
 - ☐ 1 rok po uzavření této smlouvy
 - ☐ 3 roky po uzavření této smlouvy
 - ☐ 5 let po uzavření této smlouvy
 - ☐ 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne:

.....

Nabyvatel

.....

Autor

Anotace

Práce se zaměřuje na stručné shrnutí historie CAD systémů a popisuje novinky, které přináší nová verze programu Autodesk Inventor oproti předešlé verzi. Poté je v pěti krocích popsán postup parametrického modelování v programu Autodesk Inventor od náčrtu až po výsledný 3D model včetně výkresové dokumentace. Důraz je kladen zejména na vysvětlení základních modelovacích funkcí a prostředí v témže programu. Důležitou součástí této práce je i stručné vysvětlení některých pojmů vztahujících se k parametrickému modelování a animace modelu vytvořeného v programu Autodesk Inventor.

Klíčová slova

Autodesk Inventor; Parametrické modelování; Adaptivní modelování; Náčrtek; Sestava; Vazby

Annotation

This work is focused on the short summary of history CAD systems and there are described the news, which brings the new version of programme Autodesk Inventor compared to the previous one. Then, in five steps there is described the procedure of parametric modelling in the programme Autodesk Inventor, from the sketch to final 3D model, including the drawing documentation. The work put particular emphasis on the explanation the basic modelling functions and environment in the same programme.

An important part of this work is also the short explanation of some concepts relating to parametric modelling and animation of the model created in programme Autodesk Inventor.

Keywords

Autodesk Inventor; Parametric modelling; Adaptive modelling; Sketch; Assembly; Constraints

Bibliografická citace

STRNAD, K. *Moderní CAD systémy v silnoprůdové elektrotechnice*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 42 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Dr. Ing. Hana Kuchyňková.

Prohlášení autora

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma *Moderní CAD systémy v silnoproudé elektrotechnice* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

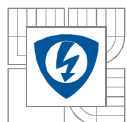
Podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Doc. Dr. Ing. Haně Kuchyňkové za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé bakalářské práce.

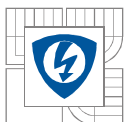
V Brně dne

Podpis autora

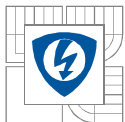


Obsah

1 ÚVOD	13
2 HISTORIE CAD SYSTÉMŮ:	13
2.1 CAD SYSTÉMY V SOUČASNOSTI	15
2.2 AUTODESK INVENTOR SERIES	15
2.3 NOVINKY, KTERÉ PŘINÁŠÍ AUTODESK INVENTOR 11 PROFESSIONAL	17
3 POSTUP TVORBY ADAPTIVNÍCH PARAMETRICKÝCH PRVKŮ V PROGRAMU AUTODESK INVENTOR SERIES	20
3.1 PARAMETRICKÉ MODELOVÁNÍ	20
3.2 ADAPTIVNÍ MODELOVÁNÍ	21
3.3 KROK ČÍSLO 1 – ZVOLENÍ SPRÁVNÉ ŠABLONY	21
3.4 KROK ČÍSLO 2 – NÁČRTEK	22
3.4.1 NÁČRTY ZCELA NEPARAMETRIZOVANÉ	23
3.4.2 NÁČRTY ČÁSTEČNĚ PARAMETRIZOVANÉ	23
3.4.3 NÁČRTY PLNĚ PARAMETRIZOVANÉ	23
3.4.4 PARAMETRICKÉ KÓTY	24
3.4.5 GEOMETRICKÉ VAZBY	24
3.4.6 ROTACE KOLEM OSY	25
3.4.7 VYUŽITÍ 2D VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE AUTOCADU PRO TVORBU NÁČRTU	25
3.5 KROK ČÍSLO 3 – VYTVOŘENÍ A ÚPRAVA 3D OBJEKTU	26
3.5.1 VYSUNUTÝ PRVEK	26
3.5.2 ZKOSENÍ	27
3.5.3 ZAOBLNĚNÍ	27
3.5.4 ROTOVANÝ PRVEK	28
3.5.5 ŽRCADLENÍ PRVKU	30
3.5.6 TVORBA ZÁVITU	31
3.5.7 ŠABLONOVÁNÍ	31
3.5.8 OBDÉLNÍKOVÉ POLE	32
3.5.9 KRUHOVÉ POLE	33
3.5.10 TAŽENÝ PRVEK	33
3.5.11 SPIRÁLA	34
3.5.12 ROZDĚLENÍ PLOCHY	34
3.5.13 ZEŠIKMENÍ PLOCHY	34
3.5.14 ROZDĚLENÍ SOUČÁSTI	35
3.5.15 NÁHLED NA PRŮŘEZ TĚLESEM	35
3.5.16 SKOŘEPINA	36
3.5.17 ŽEBROVÁNÍ	36
3.6 KROK ČÍSLO 4 – TVORBA SESTAV	37
3.6.1 VLOŽENÍ A TVORBA SOUČÁSTÍ V SESTAVĚ	37
3.6.2 VAZBY	37
3.6.3 IVAZBY	38
3.6.4 VÝMĚNA, POSUNUTÍ A ROTACE SOUČÁSTI V SESTAVĚ	40

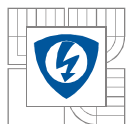


3.7 KROK ČÍSLO 5 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	41
3.7.1 VYTVOŘENÍ VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE.....	41
3.7.2 ÚPRAVA KÓTOVACÍHO STYLU	41
4 ZÁVĚR:.....	42
5 POUŽITÁ LITERATURA:	42
6 SEZNAM PŘÍLOH:	42



Seznam obrázků

Obr. 1 Úvodní uvítací okno programu Autodesk Inventor Series.....	22
Obr. 2 Vysunutí prvku	26
Obr. 3 Zkosení hrany	27
Obr. 4 Zaoblení hrany	28
Obr. 5 Rotování prvku	29
Obr. 6 Výsledek rotování prvku.....	29
Obr. 7 Zrcadlení prvku	30
Obr. 8 Vytváření závitu	31
Obr. 9 Šablonování.....	32
Obr. 10 Tvorba obdélníkového pole.....	33
Obr. 11 Zešíkmení plochy.....	35
Obr. 12 Skořepina	36



1 ÚVOD

Tato práce se věnuje možnostem parametrických CAD systémů. Jsou v ní i novinky, které přibýly v nové verzi programu Autodesk Inventor. Dále je zde popsán postup při vytváření adaptivních parametrických prvků v programu Autodesk Inventor Series.

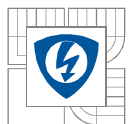
2 HISTORIE CAD SYSTÉMŮ:

Už v dávné historii badatelé, vynálezci, stavitelé či konstruktéři ztvárnili před započítím díla své myšlenky v podobě náčrtu nebo plánu. Náčrtem získá vlastní myšlenka nový rozměr. Teprve při vytváření náčrtů a plánů dochází většinou k odhalení určitých nedostatků.

Postupem času se začala při vytváření výkresů dodržovat určitá pravidla (normy). To vedlo k tomu, že výkresy začaly být srozumitelné na první pohled nejen pro samotného autora. Normy procházely vývojem. Jelikož se s přibývajícím počtem pravidel stávalo vytváření výkresu stále složitějším, začaly se hledat jiné způsoby rýsování.

S rozvojem polovodičové techniky se začaly konstruovat první počítače, které ovšem pro samotné rýsování nebyly vhodné. Neexistovala myš nebo jiné polohovací zařízení. To se ovšem změnilo s vynálezem světelného pera v roce 1950. Obraz namalovaný tímto perem zůstával elektrostaticky zachycen na stínítku obrazovky, která sloužila zároveň jako paměť. V roce 1965 se začala používat nová periférie a tou byla myš. Tímto vynálezem vznikly první předpoklady pro elektronické rýsování. Samotná myš nebo světelné pero ale stále ještě nestačilo, protože neméně důležitou součástí byl i obslužný program.

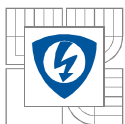
V roce 1960 se Ivan Sutherland (asistent v MT) rozhodl vytvořit disertační práci zaměřenou na aplikaci počítačů v počítačové grafice a návrhu. V roce 1962 tak vznikl jeho zásluhou kreslicí program s názvem Sketchpad, který je mnohými označován za začátek historie CAD. Podobné aktivity v tomto oboru vyvíjela i firma General Motors ve spolupráci s IBM (DAC-1). V roce 1966 vynalezl Sutherland HMD (Head Mounted Display). Jak název napovídá, jednalo se o prapředka virtuální reality.



Opravdový rozkvět počítačové grafiky ale přinesla až modernizace zastaralých, velkých a finančně nákladných počítačů. Modernizace spočívala ve výrazném zmenšení a zlevnění počítačů. Nové počítače bylo již možné umístit na stůl. Nepotřebovaly zvláštní klimatizované místnosti jako jejich předchůdci. Typický systém řady PDP-11 byl v roce 1970 složen z 16ti bitového počítače s 8-16 kB hlavní paměti, diskem o velikosti 2,5-10 MB pro data a 11ti palcovou obrazovkou. Kreslicí software se většinou omezoval na jednoduché 2rozměrné úlohy. Operační systém výrobce počítače buď vytvořil sám, nebo prostě zmodifikoval konkurenční. V této éře vektorové počítačové grafiky se však ještě nedalo mluvit o zjednodušení nebo větší rychlosti oproti klasickému ručnímu rýsování.

Koncem roku 1978 se poprvé objevuje použití rastrové grafiky. Zároveň se začínají hýbat ledy také v počítačové grafice. Vymýšlí se výpočetní algoritmy pro zobrazování skrytých ploch. Významným způsobem se na zrodu klasické grafiky podílela Univerzita ve státě Utah, na které studovali budoucí zakladatelé a manažeři velkých firem jako je SGI, Adobe atd. V roce 1979 je specifikován známý 3D průmyslový standard pro výměnu dat mezi konstrukčními systémy – IGES (Initial Graphic Exchange Specification), který je dodnes uznáván. Modelování těles s trojrozměrnou grafikou ploch a renderováním se objevuje v kreslicím programu typu ARCH MODEL v roce 1980 jako nadstandardní modul. Do této doby existoval samotný model pouze v drátěné podobě. Iluze plochy modelu se vytvářela sítí čar. Ve stejném období zahajuje Intel novou generaci procesorů x86. Výpočetně náročné, stále se opakující výpočty transformací grafických souřadnic se postupně implementují přímo do hardwaru grafické karty, takže se ušetří výpočetní čas procesoru. Několik organizací začalo vyvíjet také kreslicí software schopný provozu také na počítačích „laciné třídy“. Objevují se grafické editory typu VersaCAD, AutoCAD, CADkey, MicroCADAM atd.

Postavení takových grafických editorů bylo dominantní především ve 2D. Modelování ve 3D sloužilo především k ověření základní myšlenky návrhu, nikoliv jako konstrukční přístup. Jestliže se po namalování základního obrysu vytvořil trojrozměrný model, pak jakékoliv dodatečné změny ve tvaru nebo rozměrech modelu se daly dělat dosti komplikovaně. Někdy bylo časově výhodnější celý model smazat a vytvořit znovu. Takový způsob návrhu postrádá eleganci, je časově náročný a pracný. Velkou část času určenému k návrhu musel designer využít neefektivním způsobem. Objemový model často z důvodu nedostatku času designer ani nevytvářel, což se nedobře projevovalo v realitě. A tak se začíná rodit myšlenka parametrického modelování. Základní typ parametrického modelování spočívá ve hrubém naskicování tvaru, zakótování (definují se takto parametry) a pak postupném zpřesňování návrhu přes parametry až do konečné podoby. Kóty jsou atributy tvaru na rozdíl od staršího vzoru, kde se rozměry modelu zadávaly jaksi natvrdo, a výkresová část modelu nemusela vždy odrážet skutečný stav modelu. To často vedlo k fatálním chybám. Se systémy tohoto typu je možné se setkat dodnes. V roce 1988 se na trhu objevuje produkt firmy PTC



Pro/Engineer. Koncepti parametrického modelování brzo přejímají další produkty jako např. Solid Edge, SolidWorks, Unigraphics atd. Od roku 1993 se postupně mění dominantní platforma založená na operačním systému UNIX. Stále více CAD systémů pracuje pod operačním systémem Windows NT, který je do jisté míry schopen zajistit stabilitu. [3]

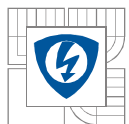
2.1 CAD systémy v současnosti

Na provoz CAD systému už dávno není potřeba speciální grafická pracovní stanice. Výkonem dnes v podstatě postačuje běžný kancelářský počítač s přiměřeně výkonnou grafickou kartou. Samozřejmě lepší monitor s úhlopříčkou nad 17 palců je pro takovou práci vhodnou investicí. Koupíme-li si počítač „jenom na hry“, tak výkonové požadavky budou určitě splněny. Současný CAD **software** se snaží svojí koncepcí nezatěžovat designera příliš speciálními znalostmi. Umožňuje tak tvůrčí síly soustředit především na samotný problém.

2.2 Autodesk Inventor Series

V dnešní době je již spousta CAD programů, které jsou více či méně specializované na řešení určitého problému v oblasti průmyslového designu, návrhu a konstrukce. Vzhledem k velkému množství těchto programů je v dalším textu popsán už jen program Autodesk Inventor 11 Professional.

Autodesk Inventor Professional byl vytvořen proto, aby pokryl úplnou škálu potřeb různě zaměřených návrhářských týmů, a představuje tak nejvyšší možnou hodnotu. Autodesk Inventor Professional je založen na technologii Autodesk Inventor Series a zahrnuje specializované funkce pro strojní inženýry a elektroinženýry – to vše v jednom softwarovém balíku, který je snadno implementovatelný a použitelný. S aplikací Autodesk Inventor Professional lze odstranit bariéry mezi různě orientovanými týmy, poskytnout jim společnou platformu, zlepšit vzájemnou komunikaci a zkrátit délku návrhového cyklu. Zjednodušuje se proces konfigurace, implementace a použití kompletního návrhářského řešení nasazením nejnovějších 3D technologií pro strojírenský průmysl.



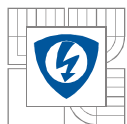
Slovní spojení *funkční návrh* (*Functional Design*) označuje zcela novou metodu podpory komplexního trojrozměrného navrhování. Právě tato technologie v mnohém posunuje *Autodesk Inventor* před konkurenční systémy na trhu. Nejde však o pouhé seskupení jednotlivých funkcí, *funkční návrh* nabízí konstruktérům ucelenou cestu za hranice jednoduchého geometrického modelování. Díky této koncepci se tak mohou konstruktéři plně soustředit na požadovanou funkčnost produktu a *Autodesk Inventor* využít k jejich snadnému a efektivnímu přenesení do inteligentních modelů. Mohou se plně zabývat řešením skutečných problémů, místo pouhé geometrické reprezentace modelu, který chtějí vytvořit.

Když konstruktéři poprvé přemýšlejí o trojrozměrném navrhování, nezřídka je nejprve napadne otázka geometrického modelování jednotlivých dílů a dílčí funkce, jakými jsou například prvotní náčrty či zkosení rohů. Tato cesta k navrhování ale není tou nejlepší, kterou by se v dnešní době konstruktér měl a mohl při návrhu výrobků vydat – jde spíše o historické dědictví z dob, kdy se CAD systémy soustředily zejména na geometrickou reprezentaci modelu a ne na jeho celkovou zamýšlenou funkčnost. Podíváme-li se totiž na jakoukoliv část konstruovaného stroje, představuje vlastní návrh jeho dílčích součástí pouze malou část celkového úsilí vynaloženého konstruktérem. Ten zpravidla mnohem více času věnuje návrhu funkčních systémů a mechanismů jakými jsou ložiska, regulátory pohonu, podpěry, rozvody potrubí či kabelů atd.

Většina systémů pro trojrozměrné (3D) navrhování je stále orientována především na tvorbu geometrické reprezentace výrobku či modelu. Bohužel, právě tento tradiční přístup často nenabízí uživatelům dostatečně efektivní zázemí pro řešení důležitých problémů při koncepčním návrhu. Příkladem může být třeba běžný návrh vedení kabelu či potrubí v rámci většího strojního celku – pokud konstruktér nemá po ruce vhodné nástroje pro automatizaci tohoto úkolu, stráví velké množství času vykreslováním geometrie všech jednotlivých dílčích segmentů vedení a jeho propojení. O obrovské časové náročnosti dodatečných změn na takto vykresleném rozvodu ani nemluvě.

V čem může pomoci *Funkční navrhování*:

- místo soustředění na dílčí geometrický model se technologie zaměřuje na skutečné koncepční požadavky projektu a řešení jeho konstrukčních problémů;
- automaticky vytváří díly i sestavy na základě zadání funkčních návrhových parametrů, jakými jsou například rychlost, síla či materiálové vlastnosti;
- umožňuje využít a integrovat poznatky z reálné návrhářské praxe již v prvotních stádiích návrhového procesu.



Klíčové prvky technologie *Funkčního návrhu* jsou dnes plně k dispozici v celé skupině produktů Autodesk Inventor a mnoho z nich spatřilo světlo světa právě v aktuální jedenácté verzi, která zahrnuje:

- *Urychlovače návrhu (Design Accelerators)*, jako jsou *Generátory komponent*, *Strojírenské výpočty* či *Průvodce inženýra*;
- *Návrhář potrubních rozvodů*;
- *Návrhář tras kabelů a vodičů*;
- *Generátor ocelových rámových konstrukcí*;
- *Simulace (analýza napětí, pohybové simulace)*.

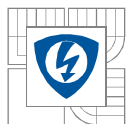
Jak konkrétně může pomoci metoda *Funkčního návrhu* při přechodu z *AutoCADu* na *Autodesk Inventor 11*? V první řadě ušetří mnoho času všem uživatelům *AutoCADu* (nezávisle na jeho verzi) díky pokročilým funkcím, které obecný modelář *AutoCAD* neobsahuje. Velmi také zkrátí dobu nutnou pro osvojení funkcí nového softwarového nástroje a umožní tak rychlý převod všech konstrukčních prací do nového prostředí. Přináší mnohem intuitivnější práci při zavádění inovací do konstrukčního procesu. Pomůže značně omezit nutnost výroby fyzických prototypů, protože většinu problémů lze vyřešit již s pomocí komplexního trojrozměrného modelu – ten umožní již v prvotním návrhovém procesu ověřit i mechanickou funkčnost, únosnost jednotlivých částí atd.

Moderní technologii *Funkčního návrhu* lze najít pouze v *Autodesk Inventoru*, jako jediné aplikaci pro strojírenský návrh na trhu. [2]

2.3 Novinky, které přináší Autodesk Inventor 11 Professional

Nastavení

Poměrně významnou změnou je možnost pro zobrazování grafiky pomocí knihovny Direct3D nebo OpenGL. Takto mohou pracovat i uživatelé, kteří mají s Inventorem problémy např. na přenosných počítačích nebo nedisponují certifikovanou grafickou kartou.



2D náčrt

V panelu 2D náčrtu přibylo několik zajímavých a praktických příkazů. Ve vazbách se objevila vazba **Smooth**, což je křivostní napojení křivek (označováno jako G2 spojitost).

Obecně lze říci, že G2 spojitost je „vyhlazenější“ než tangentní napojení a křivky se v koncovém a počátečním bodě přimykají ke stejnému směru pozvolněji. Tento typ napojení je často používán v leteckém a automobilovém průmyslu.

Import z Excelu

V nové verzi Inventoru přibylo i integrování makra pro načítání bodů z Excelu přímo do prostředí Inventoru.

Modelování křivek

Další vylepšení najdeme u modelování křivek. Uživatel může nastavit zobrazování křivosti na křivkách. Stačí pravým tlačítkem myši klepnout na křivku a vybrat **Setup Curvature Display**.

3D náčrt

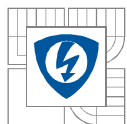
Tak jako ve 2D náčrtu i v 3D náčrtu přibyl příkaz **Smooth** a **Import Points**. Příkaz Import bodů ale dostává v 3D prostoru nový rozměr. Jeho využití se uplatní především při návrhu svařovaných konstrukcí, kde poslouží jako nosná struktura.

Výhodné je používat import bodů např. jako výstup výpočtů v Excelu. Body jsou opět spojeny pomocí příkazu **Čára**.

Další příkazy přidáné do prostředí 3D náčrtu jsou **Trim** (Oříznout) a **Extend** (Prodloužit). Pracují obdobně jako v 2D náčrtu.

Zajímavým příkazem je projekce křivky na plochu (zde je možné vysledovat podobnost s Mechanical Desktopem). K dispozici jsou tři typy projekce. Projekce ve směru vektoru, projekce k nejbližšímu bodu a projekce nabalení na plochu.

Příkaz **Wrap to surface** (Obalit k ploše) dokáže promítat pouze na rovinnou, cylindrickou a kónickou plochu. Lze předpokládat, že se oblast modelování křivek a operací s nimi bude postupně rozšiřovat.



Loft (šablonování)

Významnou změnou je vylepšení příkazu Šablonování. Až do verze 11 museli uživatelé čekat na šablonování po střednici, které výrazně chybělo. Nyní již není problém vymodelovat např. hák nebo sací kanál.

Sweep (Tažení)

Změn doznal i příkaz Tažení. Uživatel si nyní může zvolit orientaci polohy profilu vůči trajektorii: kolmo na trajektorii nebo dodržení paralelní orientace s náčrtem.

Další možností příkazu je definování geometrie pomocí trajektorie a další pomocné křivky (**Path & Guide Rail**). K dispozici jsou ještě další volby tohoto typu tažení. Je možné zvolit změnu průřezu ve směru X nebo XY. Výsledná geometrie je v tomto případě ovlivněna pomocnou křivkou ve dvou směrech.

Poslední volba **Path & Guide Surface** umožňuje vytvářet tažení kolmé ke zvolené rovině.

Spirála

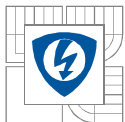
Příkaz Spirála je rozšířen o možnost vytvářet plošnou reprezentaci. V náčrtu stačí nakreslit čáru a osu. Dále je možné využít hran spirálové plochy a vygenerovat např. pole prvků. Po spirále lze např. udělat díry. Toho se využívá při konstrukci mísičů nebo dopravníků. V nižších verzích bylo obtížné vytvořit díry tímto způsobem. Většinou se pracovalo s nainportovanými body a práce byla komplikovaná.

Shell (Skořepina)

Příkaz skořepina je rozšířen o funkci aproximace. To znamená, že v případě neproveditelného sestavení skořepiny bude Inventor hledat přibližné řešení.

Zaoblení

Příkaz zaoblení obsahuje dva nové typy zaoblení. Prvním je zaoblení **Face Fillet**, druhé pak **Full Round Fillet**. Druhý způsob lze použít na plné zaoblení mezi dvěma libovolnými plochami. Uživatel vybere plochy, mezi kterými bude zaoblení realizováno a plochu, která bude změněna na zaoblení. Inventor pak sám dopočítá zaoblení. Tento typ zaoblení umožňuje vytvořit zaoblení mezi plochami a zároveň potlačit některé geometrické prvky. Inventor 11 již dopředu ukazuje, jak zaoblení proběhne.



Sculpt (vyřezání)

Příkaz generuje objemovou geometrii mezi omezujícími plochami. Tuto funkci lze využít např. při generování objemu z importovaných ploch.

Extend surface (prodloužení plochy)

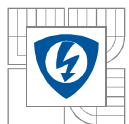
Novinkou je i tento příkaz. Umožňuje protáhnout plochu v daném směru. Lze s výhodou využít při ořezávání těles a dalších operací s plochami. [4]

3 POSTUP TVORBY ADAPTIVNÍCH PARAMETRICKÝCH PRVKŮ V PROGRAMU AUTODESK INVENTOR SERIES

Na začátku budou vysvětleny důležité pojmy - parametrické a adaptivní modelování.

3.1 Parametrické modelování

Parametrické modelování představuje tvorbu objektů, při které je většina informací zadávána jako parametry, které mohou být později změněny a tím změněn i tvar objektu. Způsob parametrizace však není nijak pevně stanoven a liší se svou implementací v různých systémech. Velký význam parametrického modelování je především v oblasti konstruování CAD, kde je parametrizace velmi užitečná, především ve spojení s vlastnostmi řízeným modelováním (Feature Based Modelling). Poskytuje totiž vysokou efektivitu práce, možnost automatického generování výkresů a přesné výpočty. Oblast 3D animace a vizualizace není přesností tak příliš postižena, zde jde především o rychlost a vytvoření požadovaného tvaru či efektu. Výsledkem je totiž statický nebo animovaný snímek, na kterém se nepozná chybějící desetina milimetru. Parametrizace je tu tedy jenom jako pomůcka, která usnadňuje pozdější změny.



3.2 Adaptivní modelování

Je výsledkem snahy vytvořit úzkou vazbu mezi modelováním součástí a sestav při maximální optimalizaci uživatelského přístupu. Adaptivní modelování se snaží například výrazně zjednodušit tvorbu sestav při přímé vazbě na kinematiku a názornost počátečního řešení problému. U takto vytvořeného modelu sestavy nejsou rozměry jako u parametrického modelování určeny konkrétními hodnotami, ale pomocí vazeb, které spolu vzájemně souvisí. Jedná se o technologii modelování vyvinutou Autodeskem na základě analýzy modelovacích postupů.

A nyní už k samotnému popisu tvorby adaptivních parametrických prvků v programu Autodesk Inventor Series. Tento popis rozdělíme do několika kroků:

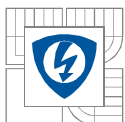
3.3 Krok číslo 1 – Zvolení správné šablony

Po spuštění aplikace Autodesk Inventor Series se otevře uvítací okno - viz Obr. 1. Zde je na výběr z několika možností. První tlačítko v levé části okna nabízí nápovědu (Začínáme). Pod nápovědou jsou další tři tlačítka, která slouží pro otevírání souborů a projektů. Je zde také tlačítko „Nový“ a tomu se bude věnovat další text. Toto tlačítko bude totiž použito při vytváření nového projektu. Poklepáním na tlačítko se v pravé části okna otevře nabídka již přednastavených šablon. Zde si můžeme vybrat ještě ze tří záložek (Výchozí, Metrické, Palcové). Bude zvolena nabídka „Výchozí“. Zde je několik norem, které se liší koncovkou. Jedná se vlastně o šablony, v nichž jsou implementované určité normy, ale i moduly, které se spustí se zvolením určité šablony a uživatel tak nemusí vybírat, který modul potřebuje zapnout. Máme na výběr z šablon ukončených těmito příponami:

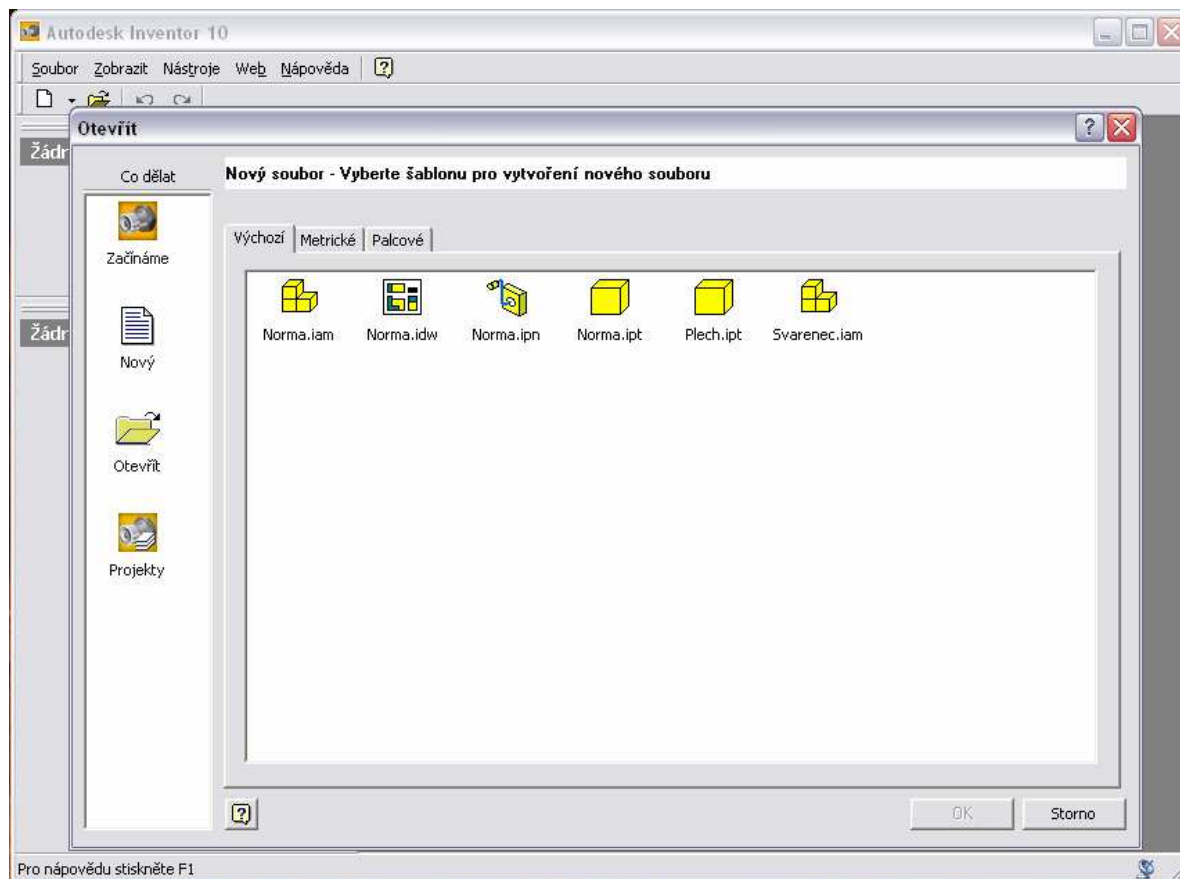
***.ipt** – přípona souborů obsahujících data o součástech modelovaných hybridním modelováním pomocí náčrtů a konstrukčních prvků (part).

***.iam** – přípona souborů obsahujících popis struktury sestavy (Assembly). Soubory obsahují pouze popis struktury nikoliv vlastní data nesoucí geometrii!

***.idw** – přípona souborů obsahujících 2D dokumentaci nutnou pro výrobu jednotlivých dílů a sestav. Pohledy jsou asociovány s 3D geometrií součástí a sestav. [1]



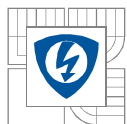
***.ipn** – přípona souborů obsahujících popis struktury názorné prezentace, například postupu montáže.



Obr. 1 Úvodní uvítací okno programu Autodesk Inventor Series

3.4 Krok číslo 2 – Náčrtek

Nové součásti můžeme vytvářet jako načrtnuté nebo umístěné konstrukční prvky. Načrtnutými konstrukčními prvky vždy tvorbu součásti začínáme a je u nich nutné vytvořit vhodný náčrt. Po načrtnutí základního tvaru nové součásti program nabídne geometrické vazby, které je většinou nutné doplnit, popřípadě některé z nich odstranit. Podle úrovně geometrického určení náčrtu lze mluvit o stupni parametrizace, který v podstatě určuje stupně volnosti náčrtu. Autodesk Inventor připouští při modelování následující možnosti. [1]



3.4.1 Náčrty zcela neparametrizované

Jsou to náčrty, které neobsahují žádné geometrické ani rozměrové vazby (kóty). Tyto náčrty mohou být řízeny sestavou pomocí adaptivních 3D vazeb.

3.4.2 Náčrty částečně parametrizované

Jsou to náčrty, u kterých je určena geometrie částečně pomocí geometrických a rozměrových vazeb (kót). Jedná se o typickou geometrii používanou v hybridním modelování. Tyto náčrty mohou být v neparametrizovaných částech řízeny pomocí adaptivních 3D vazeb.

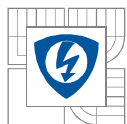
3.4.3 Náčrty plně parametrizované

Jsou to náčrty, u kterých jsou stupně volnosti zcela omezeny pomocí geometrických a rozměrových vazeb (kót). Jedná se o typický typ náčrtu používaného v systémech vyžadující "plnou parametrizaci". Tyto náčrty již nemohou být řízeny pomocí adaptivních 3D vazeb, jedině po odstranění existujících geometrických a rozměrových vazeb (kót). Inventor poskytuje tradiční geometrické a rozměrové vazby. [3]

Plné určení geometrie a rozměrů lze provádět v Autodesk Inventoru pomocí geometrických a rozměrových vazeb nebo pomocí adaptivních 3D vazeb. U finální součásti nebo sestavy by vždy mělo být zásadou dodržení plně geometricky a rozměrově definovaných náčrtů. Neúplně určená geometrie může způsobit komplikace při následných modifikacích.

Je zřejmé, že v Autodesk Inventoru je možné využívat prakticky všech tradičních postupů při tvorbě náčrtů a navíc zcela revolučních adaptivních náčrtů, které lze charakterizovat označit za neúplně parametrizované s možností "doladit" rozměry přímo v sestavě pomocí 3D vazeb. Navíc se tyto náčrty chovají jako modely, nikoliv jako čáry.

Následným zadáváním kót upravíme rozměry a náčrt umístíme do správné polohy. Vazby a kóty zabraňují provedení nechtěných změn tvaru a rozměrů náčrtu při jeho úpravách. Vazby a kóty náčrtu určují částečně nebo úplně geometrii.



3.4.4 Parametrické kóty

Parametrické kóty umísťujeme pomocí jediné volby *Obecná kóta* nebo na pravém tlačítku myši *Vytvořit kótu*. Polohu určíme vlečením a hodnotu zadáme po stisku levého tlačítka myši v zobrazeném dialogu. Kóty určují rozměry a vzájemný vztah náčrtů a konstrukčních prvků. Pro vytvoření kót máme na výběr z těchto možností:

Obecná kóta – touto volbou vytvoříme všechny typy kót včetně kót poloměrů, průměrů a úhlů. Při kótování vybíráme kótovaný objekt nebo počátky vynášecích čar. Při kótování úhlů můžeme využít zadávání pomocí třech bodů.

Automatické kótování – tato volba umožní zakótovat celý vybraný objekt. Zde je však nutné provádět následné úpravy jednotlivých kót. Editaci kót provádíme dvojným poklepem na kótě a změnou její velikosti v dialogu. Změnu polohy provedeme vlečením.

3.4.5 Geometrické vazby

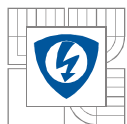
Zobrazíme je a skryjeme pomocí voleb na pravém tlačítku myši: *Zobrazit všechny vazby*, *Skrýt všechny vazby*. Volbou *Show Zobrazit všechny vazby* zobrazíme vazby pro označený objekt. Geometrické vazby přidáme do náčrtu výběrem z nabídky a označením příslušných objektů. Při odstranění vazbu označíme a stiskneme *Delete*. Geometrické vazby udávají orientaci a vzájemné vztahy geometrických prvků. V programu Autodesk Inventor Series najdeme tyto geometrické příkazy:

Perpendicular – vyrovná přímkou nebo osu elipsy do kolmé pozice vzhledem k vybranému objektu.

Parallel - vyrovná přímkou nebo osu elipsy do rovnoběžné pozice vzhledem k vybranému objektu.

Tangent - vyrovná křivku (úsečku, kružnici, oblouk, elipsu, segment spline) do tečné pozice vzhledem k vybranému objektu.

Coincident – připojí k sobě koncové body křivek.



Concentric – vyrovná křivku (kružnici, oblouk nebo elipsu) do jednoho středu se základní vybranou křivkou.

Colinear - vyrovná přímkou nebo osu elipsy do jedné roviny se základním vybraným objektem. Při vazbení nového náčrtu na již vytvořeném tělese připojí hranu náčrtu na hranu tělesa.

Horizontal – vyrovná přímkou, osu elipsy nebo úsečku danou koncovými body do rovnoběžné pozice s osou x souřadného systému náčrtové roviny.

Vertical - vyrovná přímkou, osu elipsy nebo úsečku danou koncovými body do rovnoběžné pozice s osou y souřadného systému náčrtové roviny.

Equal – upraví křivku (přímku, kružnici nebo oblouk) tak, aby měly stejnou délku se základní vybranou křivkou.

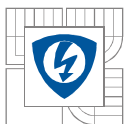
Fix – přichytí křivku nebo její koncové body k náčrtové rovině. Těchto přichycených křivek nebo bodů může být i více s tím, že ostatní objekty se vzhledem k nim mohou pohybovat. [4]

3.4.6 Rotace kolem osy

Hrubý náčrt může obsahovat i vnořené smyčky, např. u drážek. Pomocí kót upravíme rozměry a tvar náčrtu. Po ukončení práce v náčrtové rovině necháme rotovat vybrané profily kolem osy. Chceme-li vytvořit kóty průměru, vybereme nejdříve pomyslnou osu rotace a jako druhou v pořadí obvodovou hranu. Po stisku pravého tlačítka myši zadáme volbu *Linear Diameter*.

3.4.7 Využití 2D výkresové dokumentace AutoCADu pro tvorbu náčrtu

Velkým zrychlením a usnadněním práce v produktu Autodesk Inventor je využití již hotové 2D výkresové dokumentace z AutoCADu. Výkres načteme volbou *Insert AutoCAD file* do náčrtové roviny. Zobrazený náčrt zakótujeme a přidáme geometrické vazby. Takovýto náčrt je připraven pro tvorbu tělesa, např. vysunutím. Při otevření 2D



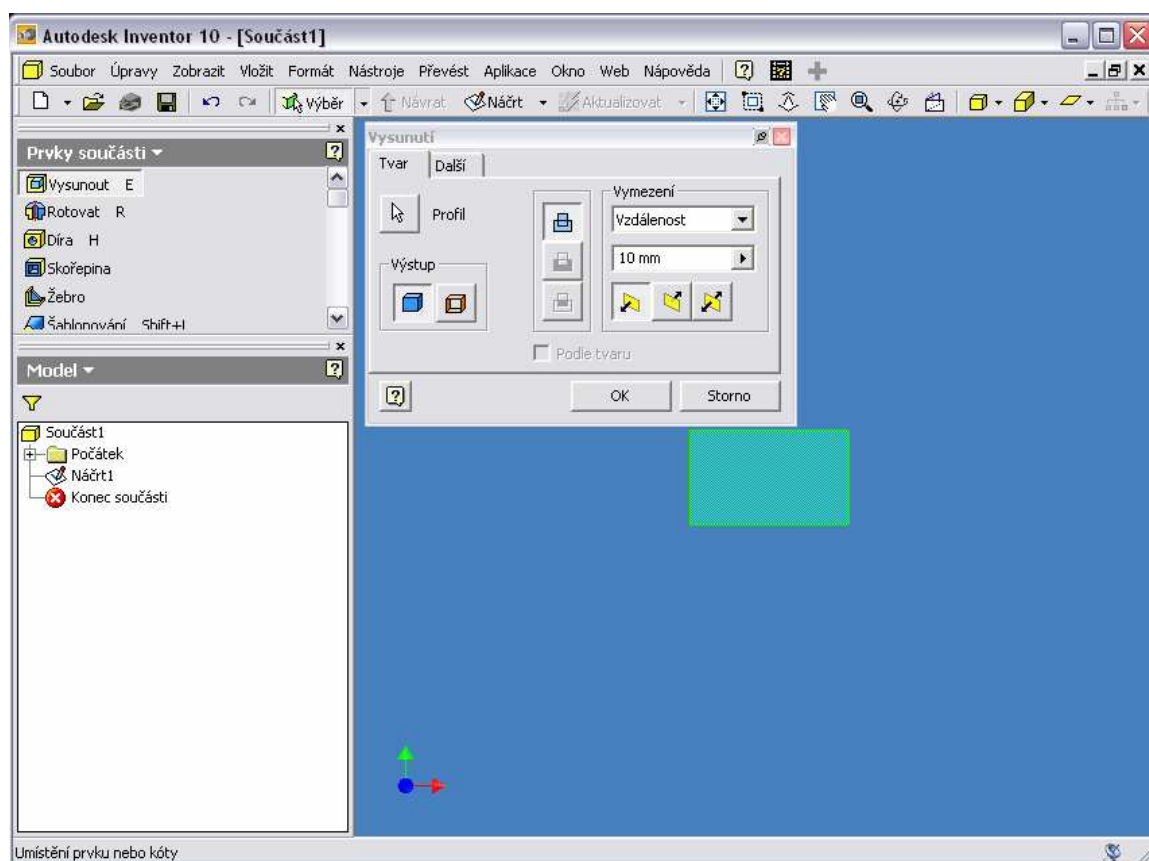
výkresu načteného z AutoCADu je však důležité nezapomenout v zobrazeném dialogu zvolit správné jednotky.

Náčrty lze vytvářet jak v prostředí pro modelování součástí tak v prostředí pro modelování sestav [1]

3.5 Krok číslo 3 – vytvoření a úprava 3D objektu

3.5.1 Vysunutý prvek

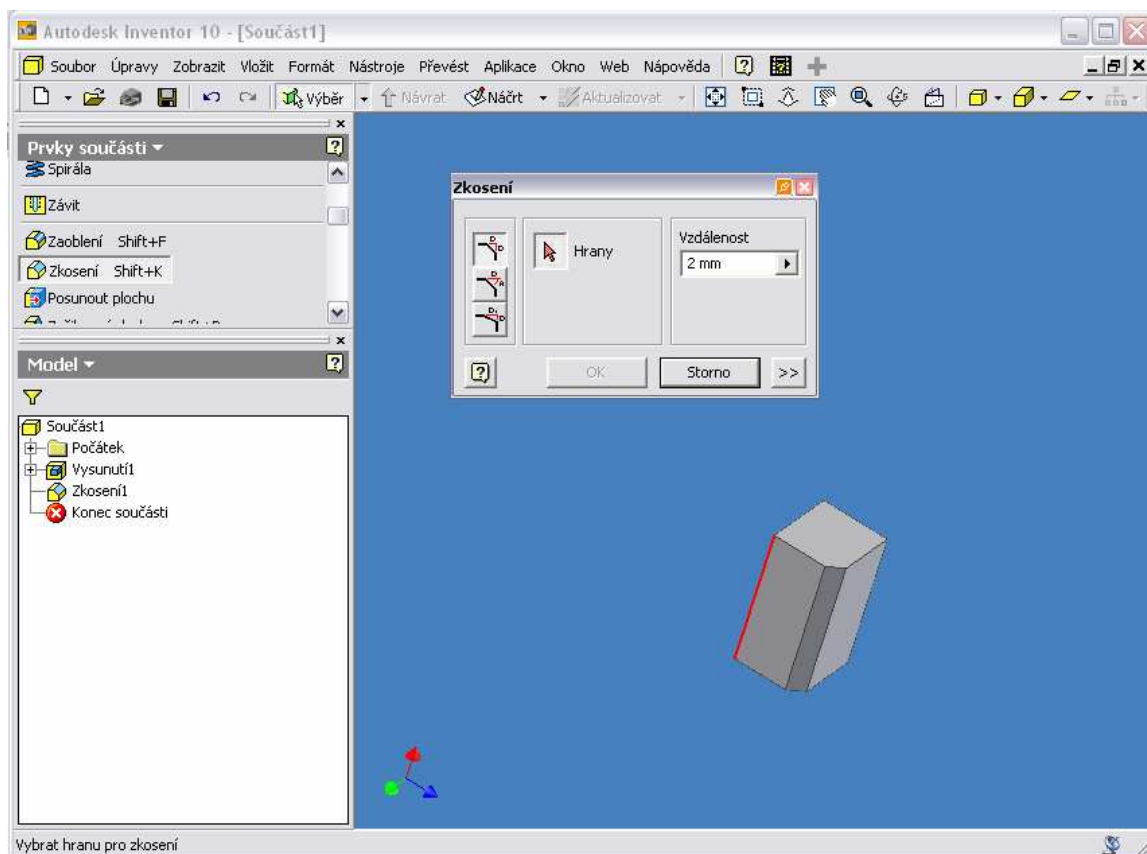
Vysunutý konstrukční prvek vytvoříme z připraveného náčrtu příkazem *Vysunout*. Po zobrazení dialogu označíme vysouvaný profil, zadáme výšku vysunutí a případný úhel zúžení. Pomocí ikonek v dialogu zvolíme směr vysunutí nebo náčrt vysuneme ze střední roviny na obě strany. Při tvorbě dalších vysunutých prvků u jedné součásti využijeme množinové operace sjednocení, rozdíl, průnik. Vysunutí zde můžeme provést skrz nebo ukončit označenou rovinou.



Obr. 2 Vysunutí prvku

3.5.2 Zkosení

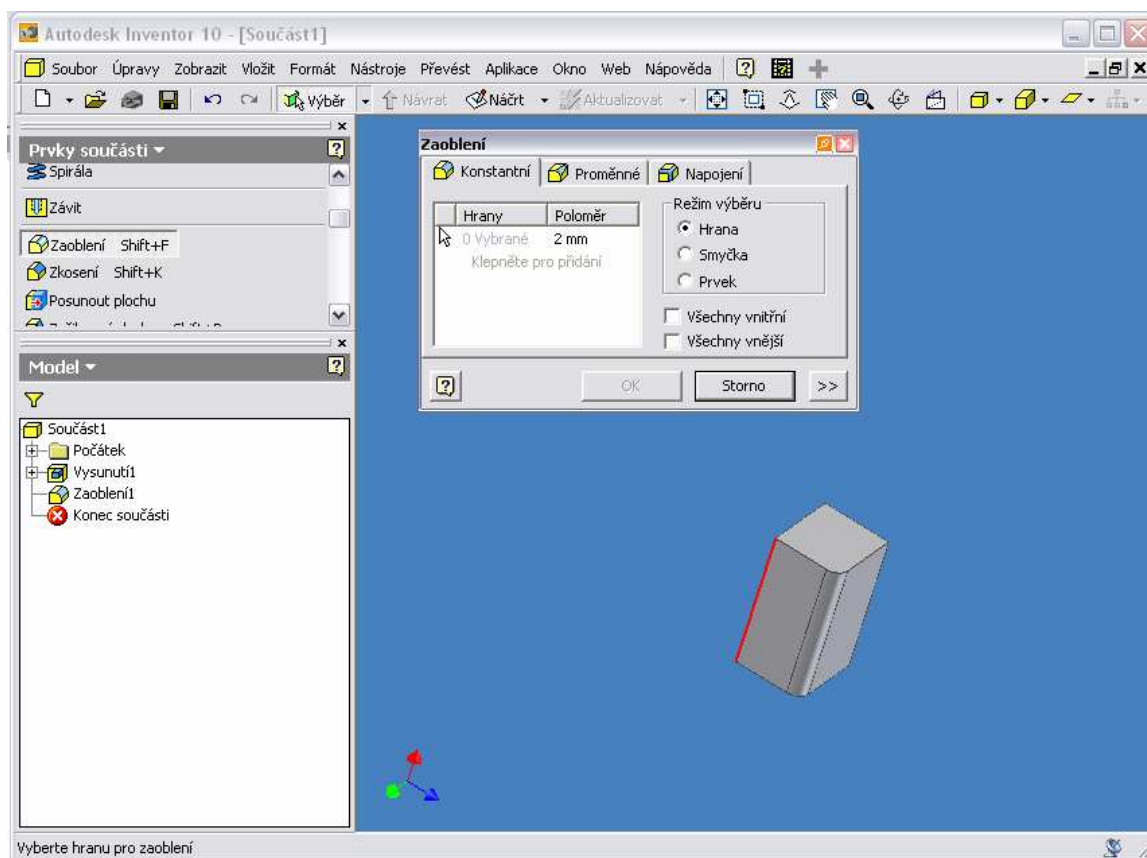
Zkosení hrany součásti vytvoříme příkazem *Zkosení*. V zobrazeném dialogu určíme rozměry zkosení pomocí volby stejná vzdálenost, vzdálenost a úhel, nebo dvě různé vzdálenosti.



Obr. 3 Zkosení hrany

3.5.3 Zaoblení

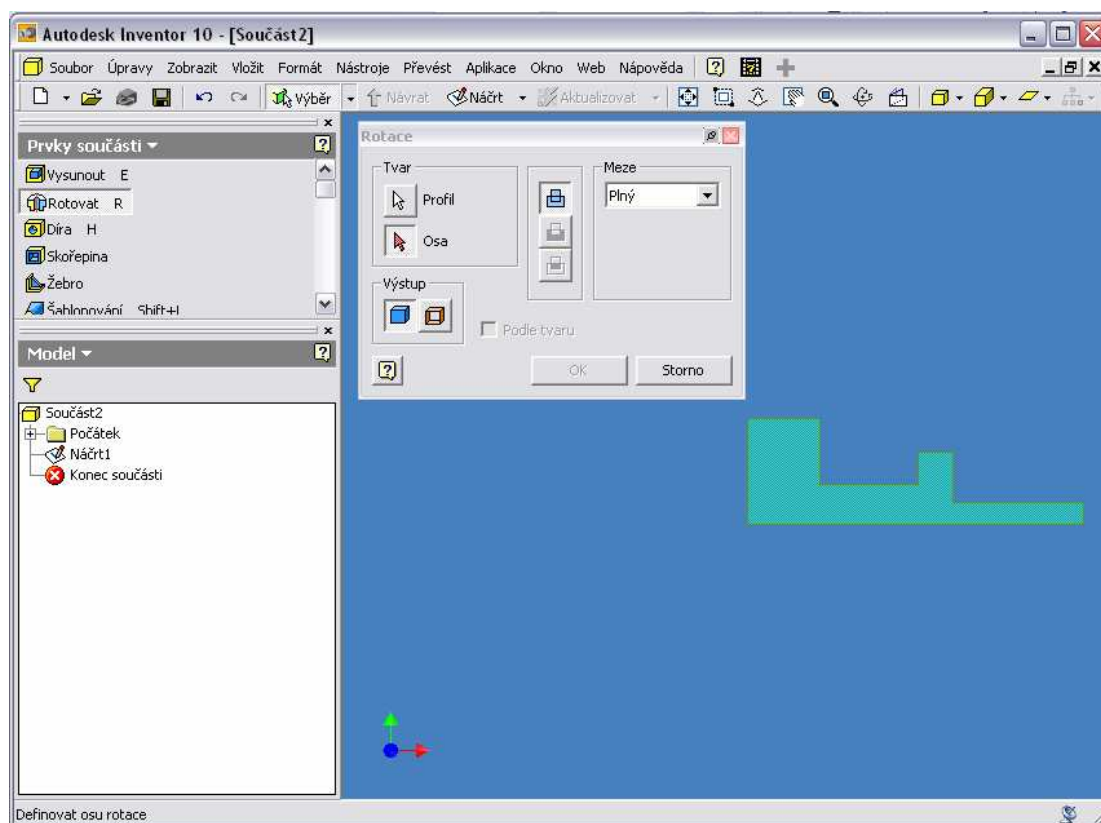
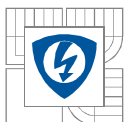
Zaoblení hrany součásti vytvoříme příkazem *Zaoblení*. V zobrazeném dialogu určíme způsob zaoblení a jeho rozměry. U konstantního zaoblení vybereme hranu, plochu, nebo celý prvek. U přechodových zaoblení volíme počáteční a koncový rádius.



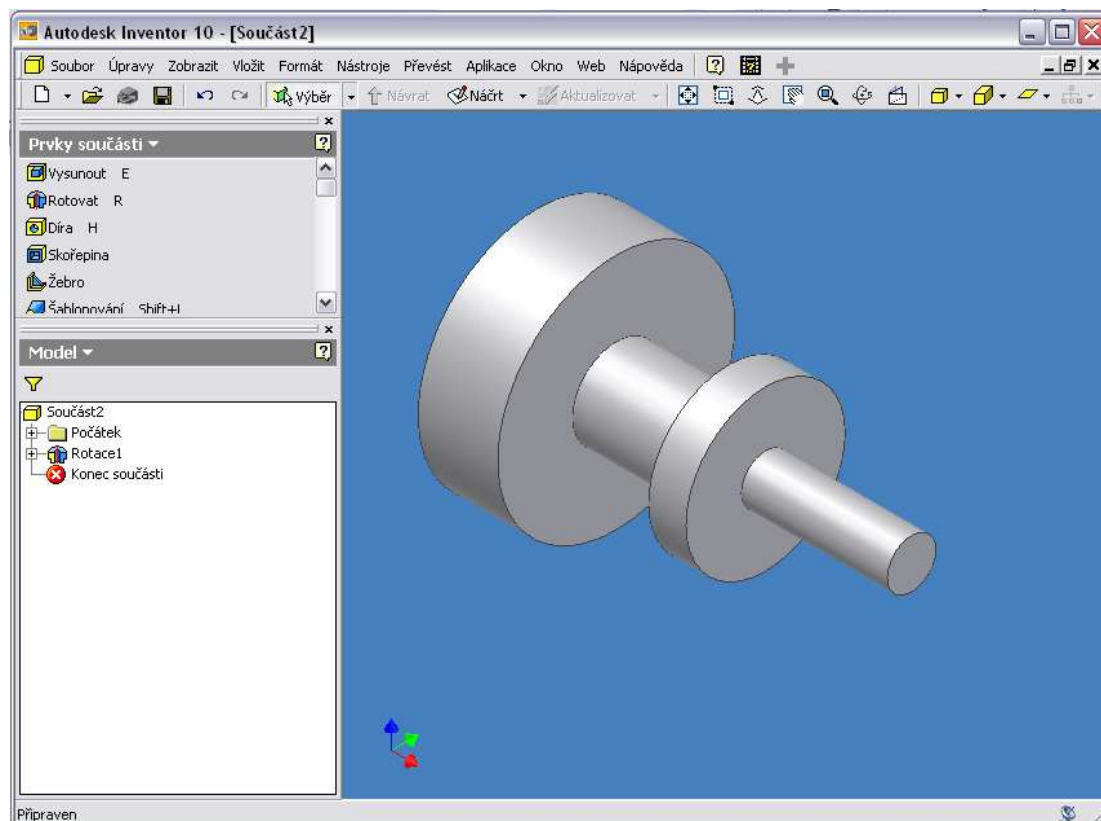
Obr. 4 Zaoblení hrany

3.5.4 Rotovaný prvek

Rotovaný konstrukční prvek vytvoříme z připraveného náčrtu příkazem *Rotovat*. Po zobrazení dialogu označíme rotovaný profil a osu rotace. Úhel rotování kolem osy volíme většinou plný nebo zadáváme jeho hodnotu v zobrazeném poli. U této volby máme možnost zadat směr rotace nebo náčrt nechat rotovat ze střední roviny na obě strany. Při tvorbě dalších rotovaných prvků u jedné součásti využijeme množinové operace sjednocení, rozdíl a průnik.



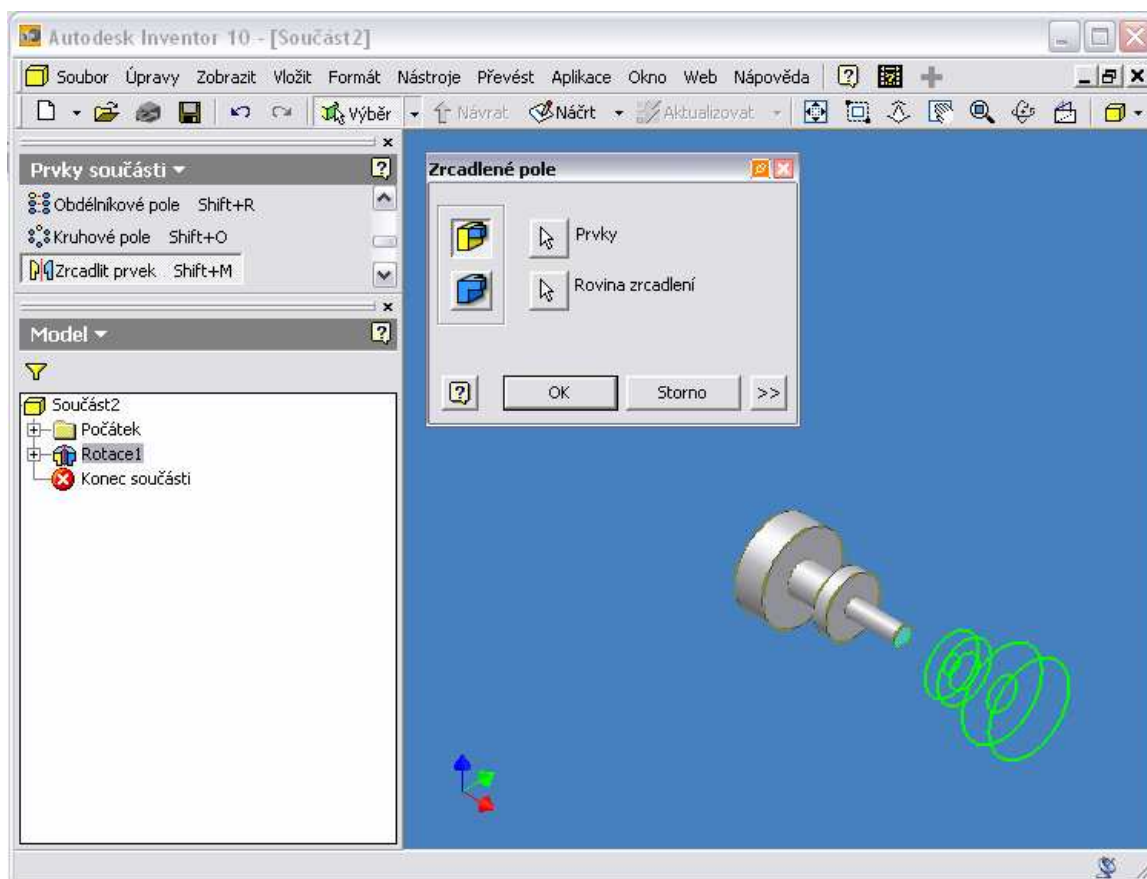
Obr. 5 Rotování prvku



Obr. 6 Výsledek rotování prvku

3.5.5 Zrcadlení prvku

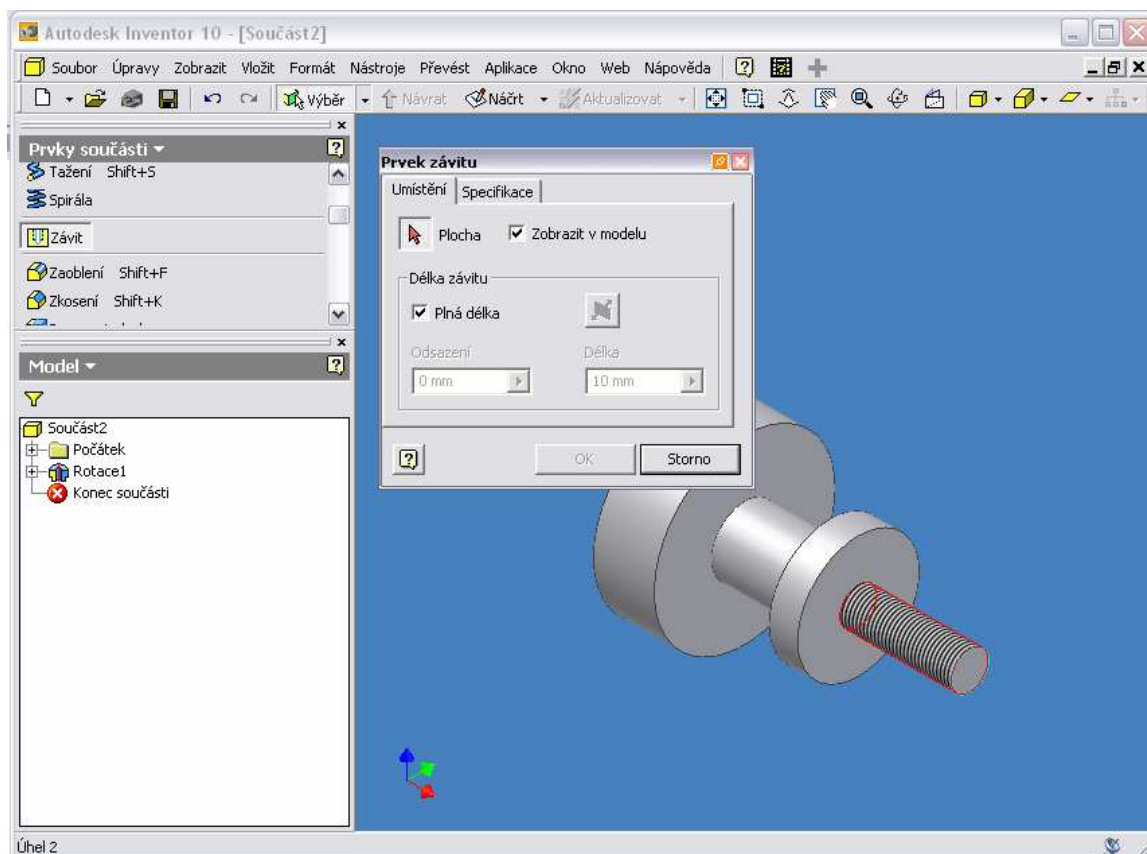
Prvek můžeme zrcadlit příkazem *Zrcadlit prvek*. V zobrazeném dialogu určíme zrcadlený prvek a rovinu zrcadlení. Rovinu zrcadlení je nutné předem připravit.



Obr. 7 Zrcadlení prvku

3.5.6 Tvorba závitu

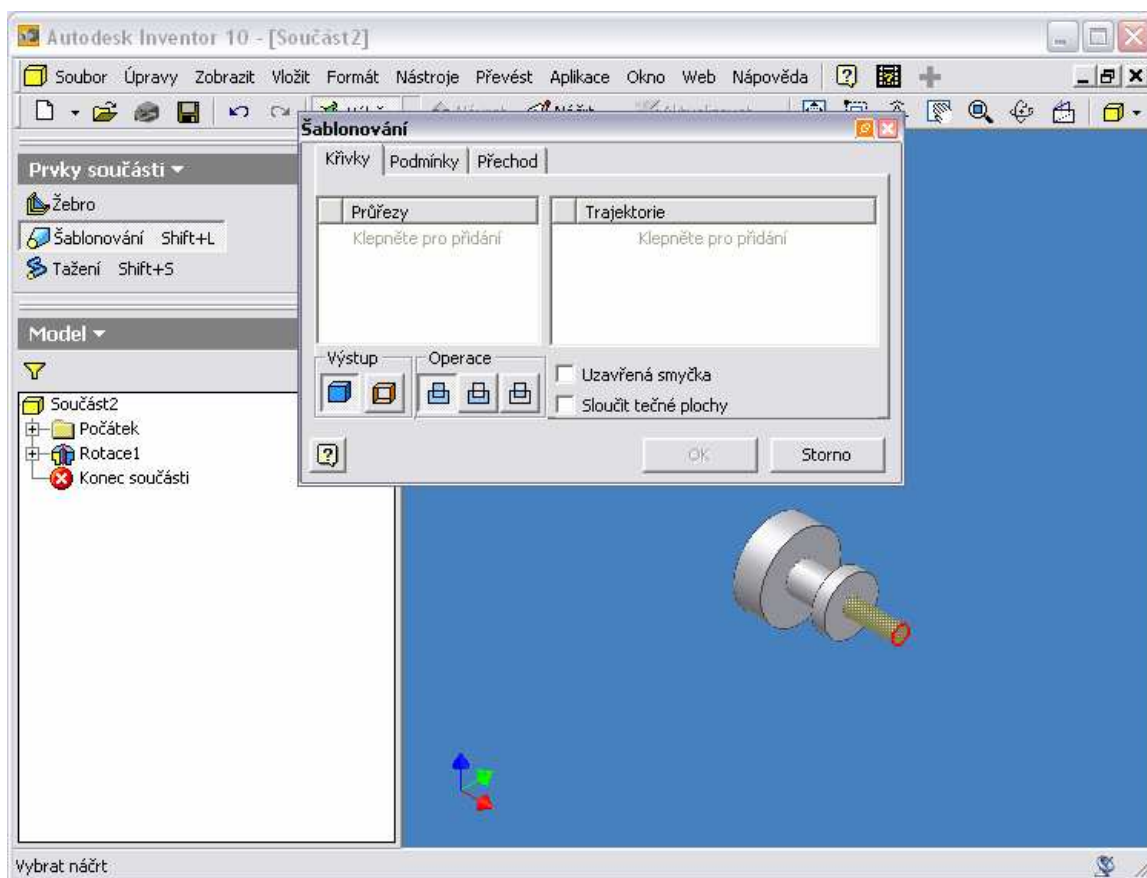
Závity v produktu Autodesk Inventor nejsou do součásti vyřezány, ale pouze zobrazeny. Vytvoříme je příkazem *Hole*. Po výběru plochy máme možnost v zobrazeném dialogu zvolit délku závitu a na kartě *Specifikace* parametry závitu.



Obr. 8 Vytváření závitu

3.5.7 Šablonování

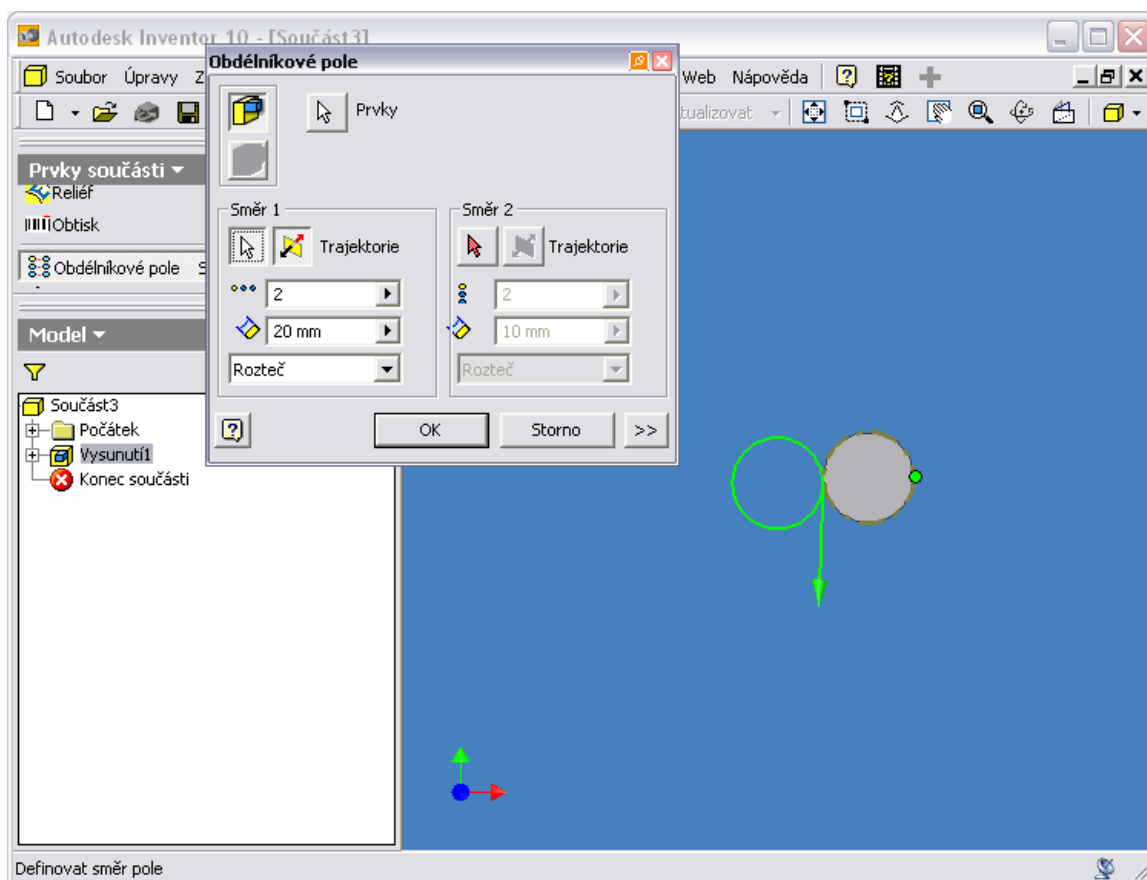
Šablonování (příkaz *Šablonování*) slouží k tvorbě konstrukčního prvku definovaného množinou rovinných uzavřených náčrtů. Po zobrazení dialogu označíme náčrty určené pro šablonování, šipka ukazuje správný směr. Volbou *Úhel* ovládáme úhel mezi počátečním průřezem a šablonováním. Volbou *Délka* nastavujeme přechod do dalšího průřezu. Při tvorbě následujících šablonovaných prvků u jedné součásti využijeme množinové operace sjednocení, rozdíl a průnik.



Obr. 9 Šablonování

3.5.8 Obdélníkové pole

Obdélníkové pole vytvoříme z jednoho nebo více připravených prvků příkazem *Obdélníkové pole*. Po zobrazení dialogu označíme kopírované prvky a určíme parametry kopírování v prvním, popřípadě druhém směru (řádky a sloupce). Pomocí hran tvořené součásti určíme směry a orientaci řádků a sloupců, připojíme počet prvků a jejich vzájemnou vzdálenost.



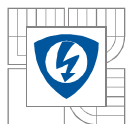
Obr. 10 Tvorba obdélníkového pole

3.5.9 Kruhové pole

Kruhové pole vytvoříme z jednoho nebo více připravených prvků příkazem *Kruhové pole*. Po zobrazení dialogu označíme kopírované prvky, určíme osu rotace, zadáme počet prvků a výplňový úhel. Šipka ukazuje směr kopírování, který můžeme otočit.

3.5.10 Tažený prvek

Příkaz *Tažení* slouží k vytvoření konstrukčního prvku definovaného profilem náčrtu vytaženého podél trajektorie. Před vlastním tažením je nutné nejdříve nakreslit náčrt trajektorie, vytvořit pracovní rovinu pro umístění taženého profilu a profil načrtnout. Po zobrazení dialogu označíme profil, trajektorii, popřípadě zúžení profilu. Při tvorbě dalších



tažených prvků u jedné součásti využijeme množinové operace sjednocení, rozdíl, průnik.

3.5.11 Spirála

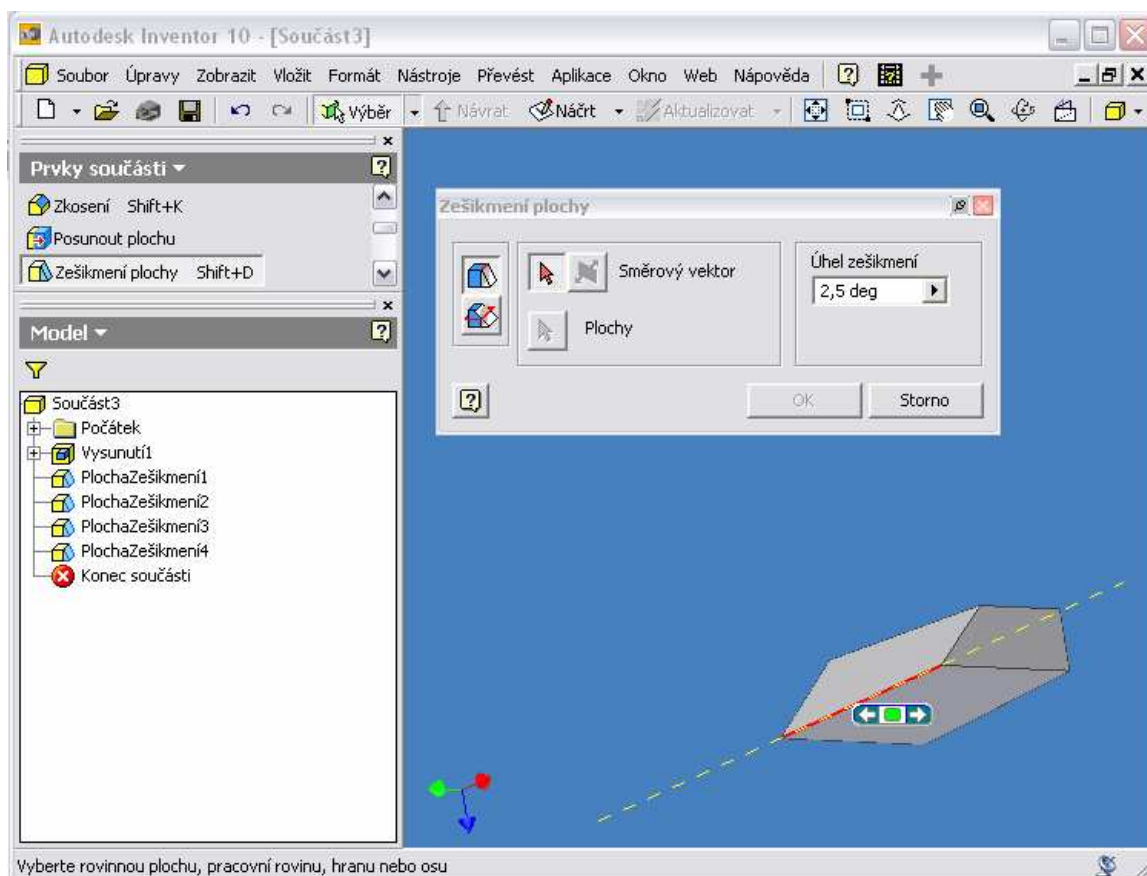
Spirály, pružiny, různá vinutí, závity apod. vytvoříme v Autodesk Inventoru příkazem *Spirála*. Prvním krokem je vždy nakreslení náčrtu profilu a osy rotace, které můžeme doplnit o kóty. Po ukončení náčrtu a zobrazení dialogu nastavujeme parametry ve třech kartách. Na první kartě (*Tvar spirály*) určujeme tvar spirály, to je profil, osu rotace, směr tvorby a směr otáčení. Na druhé kartě (*Rozměry spirály*) zvolíme typ zadávání spirály a s ním související rozměry. K dispozici máme tyto varianty: vzdálenost závitů a otáčky, otáčky a výška, výška a vzdálenost závitů. U všech jmenovaných variant můžeme vytvořit spirálu s kuželovým tvarem. Poslední možností je tvorba rovinné spirály uvedená na následujícím obrázku. Třetí karta (*Konec spirály*) umožňuje nastavení ukončení spirály.

3.5.12 Rozdělení plochy

Příkaz *Rozdělit* slouží k rozdělení ploch nebo celých součástí podle předem vytvořené pracovní roviny. Po zobrazení dialogu tedy vybereme druhou možnost týkající se rozdělení ploch. Dále pokračujeme výběrem pracovní roviny a plochy určené k rozdělení.

3.5.13 Zešikmení plochy

Zešikmení plochy provádíme příkazem *Zešikmení plochy*. Po zobrazení dialogu nejdříve určíme směr zešikmení označením plochy nebo pracovní roviny. Dále vybereme plochy určené k zešikmení a zapíšeme velikost úhlu.



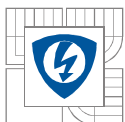
Obr. 11 Zešikmení plochy

3.5.14 Rozdělení součásti

Rozdělení součásti provedeme stejným příkazem jako rozdělení plochy s tím, že zadáme první metodu týkající se rozdělení tělesa na části. Po zobrazení dialogu vybereme předem připravenou pracovní rovinu a otočením směru šipky určíme část, která má být ze součásti odstraněna.

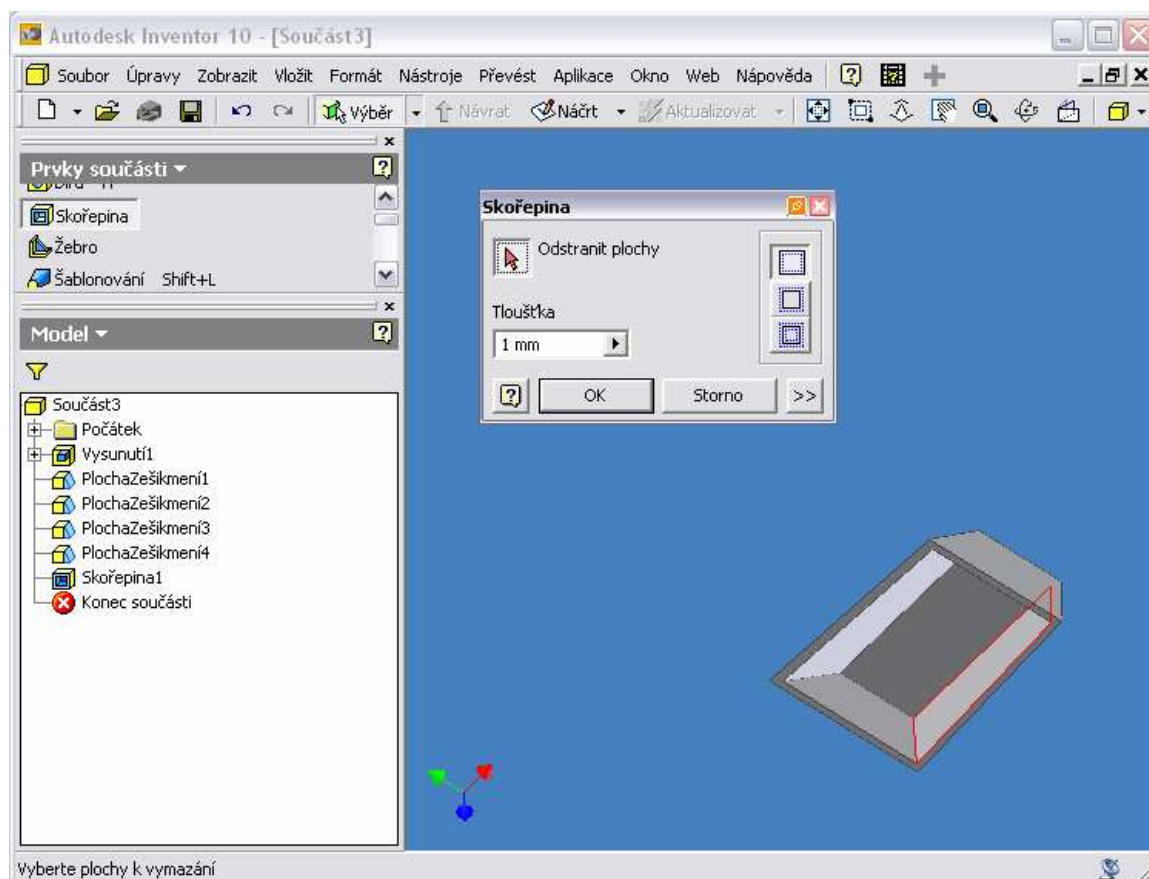
3.5.15 Náhled na průřez tělesem

Jedná se o funkci, která umožňuje uříznutí tělesa a jeho variabilní modifikaci. Uříznutí je pouze náhledové, to znamená, že nedochází ke změně geometrie ani vzájemných vazeb. Průřez můžeme aktivovat při práci v náčrtové rovině volbou v místní nabídce po stisku pravého tlačítka myši. Vypnutím volby se dostaneme do původního stavu.



3.5.16 Skořepina

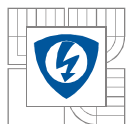
Skořepinu vytvoříme z aktivní součásti příkazem *Skořepina*. Po zobrazení dialogu zvolíme tloušťku stěny skořepiny a určíme plochy, které chceme vyjmout. Pomocí tlačítek označíme jednu ze tří možností tvorby skořepiny vzhledem k ploše tělesa. Tuto plochu můžeme využít jako vnější, vnitřní, nebo střední stěnu skořepiny. Pomocí šipky v dolní části dialogu můžeme využít rozšířenou volbu, týkající se nastavení různých tloušťek stěn skořepiny.



Obr. 12 Skořepina

3.5.17 Žebrování

Příkaz *Žebro* slouží k vytvoření žeber a žebrování na součásti. Po zobrazení dialogu označíme náčrt profilu žebra, určíme jeho tloušťku a směr vytažení od náčrtové křivky.



Zapnutím tlačítka *Směr* a posunem myši určíme směr vysunutí žebra z náčrtu. Pomocí ikonek zvolíme tvar žebra.

3.6 Krok číslo 4 – tvorba sestav

3.6.1 Vložení a tvorba součástí v sestavě

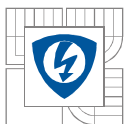
Před zahájením práce v sestavě je nutné otevřít šablonu pro tvorbu sestav, která má příponu .iam. Již hotové součásti můžeme vkládat pomocí příkazu *Umístit komponent*. Pokud se rozhodneme vytvářet součásti přímo v sestavě, použijeme příkaz *Vytvořit komponent*. Takto vytvořené součásti můžeme asociovat a kopírovat do obdélníkového a kruhového pole příkazem *Pole komponentů*.

3.6.2 Vazby

Po načtení, respektive vytvoření součástí v režimu sestavy, je nutné tyto prvky vzájemně provázat a tím vytvořit výsledný tvar. Příkazem *Vazba* otevřeme dialog, který poskytne následující možnosti tvorby vazeb sestavy:

Vazba Proti sobě a Ve stejném směru

Příkaz *Proti sobě* slouží k tvorbě vazby sestavy mezi dvěma součástmi definovanými hranami, plochami nebo osami. Po zobrazení dialogu nejprve označíme na kartě *Sestava* typ vazby *Proti sobě* a v pravé dolní části vyberme jedno ze dvou řešení buď proti sobě, nebo ve stejném směru. Výběr ploch určených pro vazby provedeme pomocí tlačítek označených 1 a 2. U obou řešení můžeme nastavit odsazení připojovaných ploch.



Vazba Vložit

Příkaz *Vložit* slouží k tvorbě vazby sestavy mezi dvěma součástmi s kruhovou hranou nebo válcovou plochou. Po zobrazení dialogu nejprve označíme na kartě *Sestava* typ vazby *Vložit* a v pravé dolní části určíme směr vložení. Hrany vybereme pomocí tlačítek označených 1 a 2. Pokud to vyžaduje konstrukce, nastavíme odsazení připojovaných ploch.

Vazba Úhel

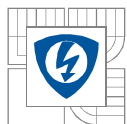
Příkaz *Úhel* slouží k tvorbě vazby sestavy zadáním úhlu mezi dvěma součástmi. Po zobrazení dialogu nejprve označíme na kartě *Sestava* typ vazby *Úhel* a v pravé dolní části určíme směr odměření úhlu. Plochy vybereme pomocí tlačítek označených 1 či 2 a zadáme úhel sklonu.

Tangenciální vazba

Příkaz *Tečně* slouží k tvorbě vazby sestavy na válcové ploše. Po zobrazení dialogu nejprve označíme na kartě *Sestava* typ vazby *Tečně* a v pravé dolní části určíme směr umístění válce vně nebo dovnitř vzhledem k vazbené ploše. Plochy vybereme pomocí tlačítek označených 1 a 2. Pokud to vyžaduje konstrukce, nastavíme odsazení tečně připojovaných ploch.

3.6.3 iVazby

Součásti a podsestavy často používají po umístění do sestavy stejné vazby sestavy. V součástech lze definovat páry vazeb zvané *iVazby*, které jim sdělí, jak se mají při vkládání do sestavy připojit. *iVazby* jsou označeny značkami, které určují typ a stav *iVazby*. Lze také definovat skupiny *iVazeb* nazvané *složené iVazby*. Všechny vazby ve skupině odpovídající jiné *složené iVazbě* se stejným názvem a počtem členů jsou po umístění řešeny současně. [5]



Rozdíl mezi Vazbami a iVazbami

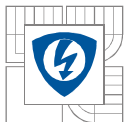
Jestliže máme nadefinované *iVazby*, vytvoříme nebo upravíme komponent a připevníme jej ke *kritickým umístovacím konstrukčním prvkům*. Komponenty, které budou navzájem spojeny vazbou v sestavě, mají každý jednu polovinu páru *iVazby*. Až budou komponenty umístěny do sestavy, bude polovina *iVazeb* vědět, jak mají do sebe zapadat. Jestliže však použijeme pouze *Vazby*, tak například při výměně komponenty *Vazby* zaniknou. Ponechat však tyto *Vazby* můžeme tím, že použijeme *souhlasné Vazby*. Komponenty se souhlasnými definicemi *iVazeb* budou totožné tak dlouho, dokud budou totožné jejich vlastnosti, nehledě na jejich geometrický tvar. Například definice vkládání *iVazby* na kruhové hraně může být rovnocenná s definicí vkládání *iVazby* na kruhovém oblouku, pokud jsou jejich vlastnosti totožné.

Vytvoření iVazby

1. Klepněte na nástroj *Vytvořit iVazbu* na liště nástrojů *Sestavy (Prvek součásti, Plechu nebo Sestavy svařence)*.
2. V dialogu *Vytvořit iVazbu* se automaticky zvolí *spojovací vazba*. Použijte výchozí nebo klepněte na nástroje *Úhel*, *Tečnost* nebo *Vložit*.
3. Klepněte na kartu *Sestava* pro vytvoření stacionární vazby nebo na kartu *Pohyb* pro vytvoření pohyblivé vazby.

Na kartě Sestavy:

- Zadejte podle potřeby *Odsazení* nebo *Úhel*.
- V poli *Řešení* klepněte na požadovaný výsledek podle typu vazby. Pro vazbu *Úhel* není obrázek výsledku k dispozici.
- V grafickém okně vyberte geometrii, kterou chcete spojit vazbou.

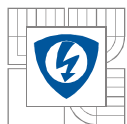


Na kartě Pohyb:

- Klepněte na tlačítko *Rotace* nebo *Rotace - Posunutí*.
 - Podle potřeby zadejte *Poměr* nebo *Vzdálenost*.
 - V poli *Řešení* klepněte na požadovaný výsledek podle typu vazby.
 - V grafickém okně vyberte geometrii, kterou chcete spojit vazbou.
4. Klepnutím na tlačítko otevřete dialogové okno. Autodesk Inventor používá názvy *iVazeb* jako první kritérium pro porovnání *iVazeb* v sestavě. Pokud se žádné názvy neshodují, použijí se *iVazby* pro porovnání vlastností.
- V poli *Název* zadejte název *iVazby* nebo jej nechejte prázdné a tím se automaticky vytvoří výchozí název.
 - V poli *Seznam shod* vyberte název, je-li uveden, nebo klepněte na tlačítko *Přidat název* a zadejte název. Pokud chcete, smažte název nebo použijte šipky nahoru a dolů pro posun jména v seznamu.
5. Pro vytvoření *iVazby* klepněte na *Použít*. Podle potřeby pokračujte ve tvorbě *iVazeb* nebo klepněte na tlačítko *OK* a operaci ukončete.

3.6.4 Výměna, posunutí a rotace součástí v sestavě

Součásti použité v sestavě lze zaměnit za již vytvořené příkazem *Výměna komponentu*. Již zavazbené součásti posuneme a otočíme příkazy *Posun komponentu* a *Otočení komponentu*.



3.7 Krok číslo 5 – výkresová dokumentace

Po vytvoření modelu součásti je dalším neméně důležitým krokem tvorba výkresu, potřebného pro výrobu. Autodesk Inventor podobně jako řada jiných CAD programů obsahuje pro tvorbu výkresové dokumentace samostatný modul spouštěný přímo přes šablonu nového výkresu v úvodní nabídce.

3.7.1 Vytvoření výkresové dokumentace

Pro tvorbu výkresové dokumentace musíme nejdříve otevřít šablonu s příponou .idw. Pro tvorbu nového výkresu je nutné mít předem připravenou součást, sestavu nebo montážní sestavu. Nemusí se jednat o finální podobu, protože výkresové pohledy jsou vždy úzce s modely spjaty pomocí asociativity. Je však nejdříve potřeba otevřít šablonu s příponou *.idw.

V levém okně si pak zvolíme potřebný pohled a ten pak vložíme do výkresu.

3.7.2 Úprava kótovacího stylu

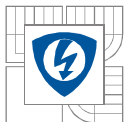
Nástroje pro kótování v Autodesk Inventoru jsou soustředěny do dvou panelů a jedné roletové nabídky. Poměrně výraznou úlohu při modifikacích kót hraje pravé tlačítko myši:

Výkresové pohledy – panel nástrojů obsahující příkazy pro vytvoření pohledů, řezů a jejich modifikací. Výkresových listů může být vytvořeno současně několik. [5]

Poznámky výkresu – panel nástrojů obsahující nástroje pro vytváření kót, symbolů a značek podle zásad technického kreslení. Všechny tyto prvky jsou při vkládání do pohledu již přímo asociovány, tzn. pohybují se při změně polohy pohledu. [5]

Menu Formát – roletová nabídka, ve které najdeme příkazy pro nastavení formátu výkresu, uživatelské vytvoření symbolů, razítek a velmi důležité nastavení kótovacího stylu. [5]

Do výkresu lze navíc při aktivované ikoně kreslení vložit libovolný 2D objekt pomocí ikony *Vložit AutoCAD soubor* a ten využít například jako rohové razítko, rámeček, nebo část bloku. Importovaná geometrie ovšem vyžaduje úpravu především textů a atributů.



4 ZÁVĚR:

V oblasti parametrického modelování v poslední době dochází k velkému vývoji. V dnešních moderních CAD systémech není problém modelovat trojrozměrné modely včetně přiřazování jim reálných materiálů. Materiálové knihovny programů jsou velice propracované a v případě potřeby si je můžeme sami naprogramovat. Konečná vizualizace je dnes na velké úrovni a blíží se realitě. Lze předpokládat, že do budoucna se bude vývoj ubírat směrem ještě lepší a reálnější vizualizace a dojde také k celkovému zjednodušení modelování. Tento vývoj je však velice závislý na rychlosti vývoje hardwaru, jelikož tyto programy kladou velké nároky především na grafickou kartu a operační paměť.

5 POUŽITÁ LITERATURA:

- [1] <http://www.xanadu.cz>
- [2] <http://www.autodesk.cz>
- [3] <http://www.designtech.cz>
- [4] <http://www.autodeskclub.cz>
- [5] Nápověda programu Autodesk Inventor Series

6 SEZNAM PŘÍLOH:

Příloha 1/1 - Model v programu Autodesk Inventor Series