VIRTUÁLNE PROTOTYPOVANIE S POMOCOU CATIA V5

Juraj Matej

Obsah

VIRTUÁLNE PROTOTYPOVANIE S POMOCOU CATIA V51
Obsah3
Predhovor
Úvod
1 Orientácia v prostredí CATIA
2 Tvorba virtuálneho modelu
2.1 Mechanical Design – Sketcher, Part Design, Shape
2.1.1 Ukážky najpoužívanejších príkazov v prostredí Sketcher
2.1.2 Ukážky najpoužívanejších príkazov v prostredí Part Design a Shape
3 Tvorba zostavy
3.1 Assembly Design
4 Tvorba výkresovej dokumentácie
4.1 Drafting
5 Kinematická analýza
5.1 DMU Kinematics
5.2 Príklad
6 Pevnostná analýza
6.1 Generative Structural Analysis
6.2 Príklad
7 Ďalšie možnosti a nastavenia programu 102
Záver106
Zoznam použitej literatúry

Poďakovanie

Táto publikácia bola podporená grantovou agentúrou KEGA, grant č.: 015STU-4/2012.

Predhovor

Nasledujúca publikácia je určená študentom, ktorí majú záujem osvojiť si základné zručnosti v programe CATIA V5. V tejto publikácií nie sú uvedené a vysvetlené všetky možnosti a príkazy programu, ale iba jeho základné funkcie potrebné na vytvorenie virtuálneho CAD modelu, zloženie zostavy mechanizmu, vytvorenie technickej výkresovej dokumentácie, virtuálnych pevnostných a kinematických analýz a vytvorenie technickej správy. Ďalej sú v nej spomenuté základné možnosti vizuálneho prezentovania vytvoreného virtuálneho modelu pomocou priestorových rezov, zmena nasvietenia modelu a ďalšie možnosti zobrazenia pre efektnú vizualizáciu a prezentáciu vytvorených modelov ako aj ich geometrickú analýzu. Ďalšie pokročilejšie príkazy a orientáciu v ďalších pracovných prostrediach študenti získajú prostredníctvom praktických cvičení a samostatnou tvorivou prácou na individuálnych zadaniach. Základné príkazy názorne vysvetlené v tejto publikácií napomôžu študentom získať prehľad o možnostiach programu CATIA V5 a pochopiť jeho štruktúru a po osvojení si týchto základných príkazov dokážu intuitívne využívať nové, pokročilejšie príkazy, ktoré v tejto publikácii nedostali priestor na prezentáciu.

Úvod

Hlavný dôvod, pre ktorý sa už v minulosti začalo v praxi využívať počítačom podporované navrhovanie CA... (Computer Aided ...) bol predovšetkým efektívnejšie využitie času potrebného na zhotovenie technickej výkresovej dokumentácie. Náhrada veľkoplošných rysovacích tabúľ za monitor priniesla nesporné výhody a predovšetkým úsporu času. Všetky opravy a korektúry chýb, ako aj zmeny počas návrhu výrobku, bolo možné jednoduchšie a flexibilnejšie opraviť a korigovať v elektronickej forme výkresu v konkrétnom CAD programe (Computer Aided Design). Rovnako archivácia výkresovej dokumentácie v elektronickej forme si vyžaduje menšie nároky ako pôvodné ručne rysované výkresy.

V modernej praxi sa čoraz viac využíva 3D modelovanie virtuálneho výrobku a výkresová dokumentácia sa generuje z vymodelovaného 3D telesa do normalizovaných 2D kolmých priemetov, rezov a prierezov. Konečná výkresová dokumentácia sa teda vytvára až následne po vymodelovaní požadovaného výrobku v 3D priestore. Na rozdiel od navrhovania v minulosti, pri ktorom sa vizuálna predstava o finálnom výrobku dosiahla až po zhotovení výkresovej dokumentácie podľa technických noriem a zásad, sa v modernom navrhovaní pomocou počítača finálna vizuálna predstava o výrobku nadobudne ešte pre vyhotovením výkresovej dokumentácie a to priamo vo virtuálnom 3D prostredí konkrétneho CAD programu. Ak sú k výrobe alebo pre ujasnenie konštrukcie potrebné výrobné prípadne zostavné výkresy, konkrétny CAD program ich vygeneruje podľa požadovaných zásad, ktoré konštruktér v programe spresní podľa aktuálne platných technických noriem a takýmto spôsobom vypracuje kompletnú výkresovú dokumentáciu. Konštruktér sa tak nevenuje rysovaniu výkresov, ale tvorbe 3D modelu, ktorý môže podrobiť kinematickej či pevnostnej analýze a výkresová dokumentácia sa v CAD programe vygeneruje automaticky a konštruktér ju iba upraví podľa súčasných technických noriem a zásad pre potreby výroby, prezentácie alebo archivácie.

Virtuálny prototyp výrobku môžeme v CAD programe vyhotoviť pomocou troch hlavných spôsobov modelovania:

- povrchové modelovanie;
- hybridné modelovanie.

⁻ objemové modelovanie;

Pri objemovom modelovaní vytvárame plné telesá, tzv. *Part-y* resp. *Solid-y*. Postup tvorby 3D *Part-u* pozostáva v nakreslení jeho profilu (kontúry) v 2D prostredí a ďalším pridaním tretieho rozmeru vznikne 3D *Part*.

Postup tvorby modelu pomocou povrchového modelovania spočíva vo vytvorení a spájaní plôch, resp. kriviek, ktoré nemajú žiadny objem. Požadované plochy môžeme vytvoriť pomocou vhodných kriviek, pomocou presne usporiadaných bodov v súradnicovom systéme priamo v 3D prostredí.

Hybridné modelovanie je také modelovanie, pri ktorom využívame prvky objemového aj povrchového modelovania. To znamená, že časť navrhovaného virtuálneho prototypu je vytvorená plnými *Part*-mi a časť tvoria plochy bez objemu, ktoré ale v prípade potreby, máme možnosť vyplniť objemom a takýmto spôsobom aj z nich vytvoriť *Part*-y. Takýto postup je vhodný pri modelovaní zložitých objemových tvarov, pri ktorých ľahšie a presnejšie definujeme povrchové plochy a až potom ich vyplníme objemom.

Ak má byť vytvorený virtuálny prototyp podrobený virtuálnym analýzam, je potrebné, aby bol 3D model vymodelovaný z *Part*-ov, ku ktorým je priradený materiál s požadovanými vlastnosťami. Materiál možno priradiť iba *Part*-om s objemom a nemožno ho priradiť plochám bez objemu.

Moderný postup navrhovania mechatronických systémov si vyžaduje navrhovať, analyzovať a vyrábať pomocou počítačovej podpory prostredníctvom CAD, CAE a CAM technológií. Z tohto hľadiska je dôležité, aby moderný mechatronický projektant disponoval znalosťou CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering) a CAM (Computer Aided Manufacturing) prípadne ďalších CAx systémov [1].

CATIA (Computer Aided Three-dimensional Interactive Application) je moderný *CAx* systém využívaný pri virtuálnom návrhu výrobkov. Ide o komplexný moderný nástroj schopný vytvárať 3D modely zostáv mechatronických systémov s priradením materiálových vlastností, ktoré môžeme podrobiť virtuálnym pevnostným, kinematickým a iným analýzam. Z vytvorených 3D modelov môžeme jednoducho vygenerovať a upravovať technické výrobné aj zostavné výkresy potrebné ku kompletnej technickej dokumentácií. *CATIA* teda nie je iba *CAD* nástroj, ale je to komplexný nástroj zahrňujúci prvky *CAD*, *CAE*, *CAM* a *PLM* riešení, preto sa často označuje ako *CAx* systém.

Štruktúru programu môžeme rozdeliť do jednotlivých modulov, ktoré zahŕňajú prevodníky medzi *CATIA V5* a ďalšími štandardnými formátmi, 3D modelovanie,

modelovanie plôch, práca s plechmi, tvorba a práca so zostavami, tvorba výkresov, produkty pre vytváranie, riadenie a modifikácie jednoduchých i zložitých plôch, Nástroje na kontrolu digitálneho prototypu a na simulácie jeho funkčnosti, produkty pre návrhy elektrických zariadení, káblových zväzkov a rozvodov, produkty pre jednoduché analýzy metódou konečných prvkov, určených pre konštruktérov na prvotnú analýzu jednotlivých dielov alebo zostáv, tvorba numerických riadiacich dát pre počítačovo riadené výrobné technológie a iné [1].

Táto publikácia neopisuje všetky príkazy a možnosti systému *CATIA*, ale opisuje iba základné úkony potrebné na vytvorenie jednoduchých aj zložitejších virtuálnych modelov, základné funkcie vytvárania virtuálnych zostáv, základy generovania výrobných a zostavných výkresov, základy tvorby mechanizmov a simuláciu pohybu a základné príkazy na pevnostnú kontrolu virtuálnych modelov a zostáv. Publikácia teda slúži na pochopenie základných princípov tvorby virtuálnych modelov a zostáv a ich kinematických a pevnostných analýz pre potreby virtuálneho prototypovania mechatronických systémov. Po preštudovaní tejto publikácie a pochopení opísaných základných princípov práce v programe *CATIA*, by nemal byť problém využiť pokročilejšie príkazy v jednotlivých pracovných prostrediach.

Zavádzanie moderných *CAx* technológií do procesu návrhu a výroby prináša nespochybniteľné výhody. Okrem už naznačených výhod, ako automatické generovanie výkresovej dokumentácie alebo skrátenia času potrebného na vývoj, CAx technológie ponúkajú oproti tradičným technológiam ďalšie výhody ako napr:

možnosť vizualizácie 3D modelu ešte pred jeho fyzickým vyrobením a posúdenie kvality povrchu,

- možnosť analýzy krivosti povrchu a pevnostnej analýzy virtuálneho modelu,

- možnosť analýzy a optimalizácie dráhy nástroja, resp. pohybu pracovného stroja,

- eliminovanie ľudského faktoru pri obsluhe pracovného stroja pri výrobe,

- priame generovanie dát z CAD modelu do CAM modulu pracovného CNC stroja bez straty presnosti,

- možnosť voľby rôznych stratégií dráhy nástroja,

- možnosť výroby prototypu metódami Rapid Prototyping,

- rýchla možnosť úpravy modelu a jeho inovácie,

- možnosť využitia "spätného inžinierstva" [3].

8

Štruktúru programu môžeme rozdeliť do jednotlivých modulov znázornenom na Obr. 1.



Obr. 1. Štruktúra CATIA

Infrastructure Solution (Infraštruktúra systému)

Tento modul zahŕňa prevodníky medzi CATIA V5 a ďalšími štandardnými formátmi, umožňuje výmenu dát s predchádzajúcou verziou CATIA V4. Obsahuje skupinu produktov na báze znalostného inžinierstva umožňujúcu najvyššiu úroveň zdieľania a využívania *knowhow* v rámci štruktúry podniku. Vedecko-technické poznatky a *know-how* vznikajúce a definované počas vývojových procesov v organizácii možno implementovať do systému ako súbor záväzných pravidiel a štandardizovaných postupov, ktoré potom zdieľajú všetci účastníci vývoja. Pomocou týchto znalostí systému možno testovať vytvárané konštrukcie, prípadne znalosti dediť a využívať priamo pri vzniku nových konštrukcií [4].

Mechanical Design Solution (Mechanická konštrukcia)

Intuitívne 3D objemové modelovanie (*Part Design*), tvorba a práca so zostavami, tvorba výkresov. Mechanická konštrukcia je skupina aplikačných modulov na vývoj CAD modelov všeobecných strojárskych konštrukcií na báze hybridného modelovania. Technická výkresová dokumentácia vzniká projekciou modelov alebo priamym kreslením [4].

Shape Design & Styling Solution (Tvarovanie a styling)

Produkty na vytváranie, riadenie a modifikácie jednoduchých i zložitých plôchšpecializované aplikácie pre najvyššie požiadavky v oblasti voľného i parametrického designu na báze povrchového modelovania. Zahŕňa tiež špecializované nástroje určené pre profesionálne požiadavky v oblasti vývoja karosérie automobilu [4].

Product Synthesis (Syntéza produktu)

Nástroje na kontrolu digitálneho prototypu a pre simulácie jeho funkčnosti – aplikácie určené na virtuálnu analýzu a hodnotenie funkčnosti komplexného priemyselného výrobku počas celého jeho životného cyklu. Tento modul zahŕňa jeho finálnu montáž, simulácie úžitkových funkcií, vlastností a servisných výkonov a tiež záverečnú demontáž po uplynutí životnosti. Aplikácie sú prispôsobené na prácu s veľmi rozsiahlymi zostavami vo forme tzv. digitálnych prototypov (*Digital Mock-Up*, alebo *DMU*) a obsahujú prvky virtuálnej reality [4].

Equipment and System Engineering Solution (Vnútorné zariadenia a systémy)

Produkty pre návrhy elektrických zariadení, káblových zväzkov a rozvodov – Aplikácie pre návrh, modifikáciu a analýzu elektrických a kvapalinových systémov s cieľom riešiť celkové usporiadanie priestorových pomerov v rámci priemyselného výrobku [4].

Analysis Solution (Inžinierske analýzy)

Produkty na jednoduché analýzy metódou konečných prvkov, určených pre konštruktérov na prvotnú analýzu jednotlivých dielov alebo zostáv. Intuitívne, jednoduché ovládanie, rýchle odozvy systému a riadená presnosť výsledkov sú základné charakteristiky aplikácií na analýzu a kontrolu namáhania súčastí a zostáv pomocou metódy konečných prvkov. Aplikácie sú určené predovšetkým na predbežné posúdenie správnosti navrhnutého dimenzovania konštrukcie konštruktérom a zaisťujú rýchlo dostupnú informáciu o stabilite konštrukcie priamo pri jej vzniku. Umožňujú analyzovať napätie a vibrácie [4].

Machining (NC obrábanie)

Predmetom špecializovaných CAM aplikácií je tvorba numerických riadiacich dát pre počítačovo riadené výrobné technológie na základe geometrie CAD modelov a zabudovaného technologického *know-how* [4].

1 Orientácia v prostredí CATIA

Po spustení programu *CATIA V5* sa otvorí toto grafické prostredie, pozri Obr. 1.1. Pomocou roletového menu si môžeme vyberať z ponuky úkonov, ktoré sú podobné aj pri iných typoch programov pracujúcich v operačnom systéme *Windows*.



Obr. 1.1. Grafické prostredie CATIA V5 po spustení programu

V hornom roletovom menu, pozri Obr. 1.2, sa cez *Start* na nastavíme do prostredia *Mechanical Design – Part Design*.

Part Design je prostredie určené na vytváranie virtuálnych modelov telies. Pred nami sa objavila pracovná plocha *Part Design*, ktorá je opísaná na Obr. 1.3. Nachádzame sa vo virtuálnom 3D priestore. Orientáciu v ňom nám znázorňuje kompas umiestnený v pravom hornom rohu pracovnej plochy. V strede pracovnej plochy sa nachádzajú pretínajúce sa roviny *xy*, *yz* a *zx*. Identické roviny si môžeme zvoliť aj v strome operácií, ktorý sa nachádza v ľavom hornom rohu pracovného prostredia. V strome operácií sa ukladajú všetky operácie, ktoré na tvorbu virtuálneho modelu použijeme, a tým budete mať prehľad o presnom postupe tvorby modelu. Ako je zvykom aj v iných programových prostrediach, v pravom dolnom rohu na nachádza príkazový riadok a v ľavom dolnom rohu nápoveda. Po zvolení ktoréhokoľvek

príkazu sa v nápovede bude zobrazovať ďalší potrebný postup na vykonanie zvoleného príkazu [2].



Obr. 1.2. Ponuka menu Start – Mechanical Design



Obr. 1.3. Pracovné prostredie Part Design

Ako už bolo spomenuté, v strome operácií sa budú zobrazovať všetky kroky spojené s tvorbou virtuálneho modelu. Ku ktorémukoľvek kroku sa cez tento strom operácií budeme môcť vrátiť a vykonať v ňom zmenu, ktorá sa automaticky premietne v modeli telesa.



Obr. 1.4. Strom operácií

Nasledujúci Obr. 1.5 objasňuje prácu s myšou, ktorá nám umožní ľahšiu a rýchlejšiu prácu a orientáciu v tvorenom virtuálnom modele. Pri stlačení stredného tlačidla (kolieska) na myši a jeho trvalom držaní môžeme posúvať tvorený model po pracovnej ploche pohybom myši. Pri trvalom stlačení stredného tlačidla (kolieska) a súčasne pravého tlačidla, ktoré taktiež trvalo držíme stlačené, rotujeme s telesom v pracovnom virtuálnom 3D priestore pohybom myši. Priblíženie a oddialenie telesa (*zoom*) dosiahneme pri trvalom stlačení stredného tlačidla (kolieska) myši a klikom na pravé tlačidlo (stredné tlačidlo ostáva stlačené)

a pohybom myši k sebe a od seba. Rovnaké funkcie ovládania dosiahneme aj pri použití stredného a ľavého tlačidla, zrkadlový obraz ako na Obr. 1.5.



Obr. 1.5. Práca s myšou v CATIA V5

2 Tvorba virtuálneho modelu

Prostredie *Mechanical design*, ktorému sa v tejto publikácií venujeme najdetailnejšie zo všetkých sa ďalej rozdeľuje na nasledujúce prostredia, pozri Obr. 2.1. Z tých prostredí si rozoberieme prostredie *Part Design, Assembly Design, Sketcher a Drafting*. Znalosť týchto pracovných prostredí nám postačuje na základnú tvorbu modelov jednotlivých súčiastok, ucelených zostáv ako aj na tvorbu kompletnej výkresovej dokumentácie.



Obr. 2.1. Pracovné prostredia Mechanical Design

2.1 Mechanical Design – Sketcher, Part Design, Shape

Sketcher je 2D pracovné prostredie určené na tvorbu požadovaných profilov, ktorým chceme potom priradiť tretí rozmer v prostredí *Part Design*. Do prostredia *Sketcher* sa dostaneme buď pomocou roletového menu *Start – Mechanical Design – Sketcher* alebo rýchlejšie cez ikonku a ploche pracovného prostredia *Part Design*. Po stlačení ikony *Sketcher* je následne potrebné zvoliť jednu z troch základných rovín *xy*, *yz* alebo *zx* zo stredu pracovnej plochy alebo si ju presne zvoliť zo stromu operácií. Takýmto spôsobom sa

dostaneme do prostredia *Sketcher*, ktorého pracovné prostredie môžeme vidieť na Obr. 2.2. Ak už máme vytvorenú časť modelu telesa, pracovnú rovinu *Sketcher*-a si môžeme zvoliť priamo na modelovanom telese, pozri Obr. 2.3.



Obr. 2.2. Prostredie Sketcher



Obr. 2.3. Voľba pracovnej roviny priamo na ploche telese

Cez roletové menu v hornej časti si cez voľbu *Tools – Options* môžeme nastaviť veľkosť rastra (gridu) príp. iné parametre prostredia, ktoré nám uľahčia prácu.



Obr. 2.4. Dialógové okno pre nastavenie parametrov prostredia Sketcher

Po nastavení vhodných parametrov a vlastností prostredia si môžeme všimnúť ikony, ktoré sú podobné ikonám v iných typoch CAD programov, pozri Obr. 2.5. Pokiaľ sa pod danou ikonou nachádza malý čierny trojuholník, kliknutím ľavým tlačidlom myši na neho sa ikona rozrastie o ďalšie príbuzné ikony [5].



Obr. 2.5. Ikony na tvorbu 2D profilu – Profile

Načrtnutý 2D profil si môžeme upraviť príp. uľahčiť si jeho tvorbu pomocou súboru príkazov *Operation*, pozri Obr. 2.6. Jednotlivé príkazy (ikony) budú lepšie vysvetlené neskôr pri ukážkach na vytváraných modeloch.



Obr. 2.6. Ikony na úpravu/tvorbu 2D profilu – Operation

Sketch tools je príkazové okno, pomocou ktorého vieme presne vytvárať požadovaný 2D profil, presne zadávať súradnice začiatočných a koncových bodov, dĺžku úsečky, jej sklon príp. iné.

Sketch tools					×
	K Start Point: H: 111.75mm	V: -14.044mm	L: 0mm	A: Odeg	

Obr. 2.7. Priame zadávanie presných parametrov profilu - Sketch tools

Ak by sme sa rozhodli vytvoriť 2D profil bez použitia *Sketch tools*, jeho parametre si môžeme potom upraviť pomocou príkazu *Constraint*. Pomocou tohto príkazu dokážeme zadávať rozmery jednotlivým úsečkám navrhnutého profilu a dvojitým kliknutím ľavým tlačidlom myši túto hodnotu jednoducho prepísať na požadovanú.



Obr. 2.8. Vytvorenie profilu bez presných rozmerov – bez použitia Sketch tools



Obr. 2.9. Upravenie profilu na požadované rozmery pomocou príkazu Constriant

Pri tvorbe požadovaného profilu v prostredí *Sketcher*, sa môžeme stretnúť s troma farebnými variantmi jednotlivých úsečiek nakresleného profilu. Ak majú jednotlivé úsečky (príp. iné geometrické tvary profilu) bielu farbu, ako napr. vidieť aj na Obr. 2.8, to znamená že nakreslený útvar je geometricky neurčitý a následnou úpravou sa jednotlivé úsečky (príp. iné geometrické tvary profilu) môžu neželane meniť. Pokiaľ sme si jednotlivé prvky profilu zadefinovali pomocou príkazu *Constraint*, sú zobrazené zelenou farbou, ako napr. Obr. 2.9. Znamená to, že sú jednotlivé prvky geometricky určité a teda pevné, geometricky nemenné. Následnou úpravou profilu sa ich parametre nebudú meniť. Ak by sa objavila na prvkoch profilu fialová farba, ako napr. na Obr. 2.10, znamená to, že nakreslený profil je už geometricky preurčený a *CATIA* z neho nedokáže vytvoriť 3D model, (uzavretý reťazec kót – výrobok je nevyrobiteľný).



Obr. 2.10. Geometricky preurčený profil

Ďalšie príkazy budú objasnené neskôr na názorných ukážkach. Je dôležité si uvedomiť, že vytvorený profil musí byť presne uzatvorený a nesmú sa v ňom nachádzať ani duplicitné čiary, prípadne iné geometrické prvky, ktoré nie sú potrebné na vytvorenie 3D modelu priradením tretieho rozmeru. Je dôležité si uvedomiť, že v prostredí *Sketcher* nevytvárame technický výkres (aj keď sa prostredie môže nápadne podobať prostrediu napr. *AutoCAD*-u), ale vytvárame v ňom iba profil, ktorému následne v prostredí *Part Design* priradíme tretí rozmer. Takto vytvorený prvotný profil nemusí byť totožný s technickým výkresom navrhovanej súčiastky. Niekedy môže nastať prípad, že profilu zdanlivo chýbajú niektoré hrany, ktoré by technický výkres obsahoval, treba si uvedomiť, že tie zdanlivo chýbajúce hrany na telese vzniknú až následným rotovaním, príp. iným úkonom, ktorým profilu pridáme tretí rozmer.

Ak máme nakreslený požadovaný profil je potrebné sa vrátiť naspäť z 2D prostredia do 3D modelovacieho prostredia *Part Design* pomocou ikony *Exit workench*

Part Design je pracovné prostredie na vytváranie virtuálnych modelov telies z vopred

nakreslených profilov v prostredí Sketcher. Ak máme vytvorený tzv. Sketch (profil), môžeme

mu
pomocou
súboru
príkazov
Sketch Based
Features

Image: I

Nasledujúci popis príkazov v prostrediach *Sketcher, Part Design, Assembly Design, Drafting* a z časti *Generative Shape Design* nie je popisom všetkých príkazov, ale iba príkazov najviac používaných a nevyhnutných k tvorbe jednoduchých aj zložitých virtuálnych modelov. Zo znalosťou nasledujúcich príkazov budeme schopní vytvoriť jednoduché, ale aj zložitejšie virtuálne modely.

2.1.1 Ukážky najpoužívanejších príkazov v prostredí Sketcher

Sketch tools

Po spustení *CATIA V5* sa nastavíme do prostredia *Part Design* a následne sa prepneme do ľubovoľnej roviny v *Sketcher*-i. Pomocou vhodných príkazov a nástroja *Sketch Tools* si nakreslíme ľubovoľný profil s presne definovanými parametrami.



Obr. 2.11. Tvorba profilu pomocou Sketch Tools

Constraint

Ak nepoužijeme nástroj *Sketch Tools* na vytvorenie presného profilu, ale vytvoríme ho iba s ľubovoľnými rozmermi, môžeme si jeho parametre upraviť pomocou príkazu *Constraint* Týmto príkazom definujeme "kótami" parametre profilu, ktoré môžeme potom zmeniť na požadovanú hodnotu.



Obr. 2.12. Použitie príkazu Constraint na zadefinovanie parametrov profilu

Line definition

Ak už máme nakreslený profil, dvojitým kliknutím ľavým tlačidlom myši na konkrétnu úsečku (príp. iný geometrický prvok) môžeme následne upraviť súradnice počiatočného aj koncového bodu, dĺžku, sklon príp. iné parametre, pomocou príkazového okna., pozri Obr. 2.13.



Obr. 2.13. Použitie príkazu Line Definition na zadefinovanie profilu

Project 3D Elements

Príkaz *Project 3D Elements* Anjdeme v súbore príkazov *Operation*. Tento príkaz slúži na premietnutie profilu už vytvoreného telesa do pracovnej roviny *Sketcher*-a. Ak chceme vytvoriť časť modelu z rovnakého profilu ako sme už raz vytvorili, pomocou tohto príkazu si ho premiestnime do pracovnej roviny a nemusíme ho nanovo vytvárať, pozri Obr. 2.14, 2.15.



Obr. 2.14. Označenie existujúceho profilu časti telesa



Obr. 2.15. Premiestnenie označeného profilu časti telesa do pracovnej roviny pomocou príkazu *Project 3D Elements*

Cut part by sketch plane

Príkaz *Cut Part By Sketch Plane* je vhodné použiť, ak máme zvolenú pracovnú rovinu tak, že časť telesa nám bráni v pohľade do nej, ako napr. na Obr. 2.16. Príkaz slúži na virtuálne prerezanie modelu zvolenou pracovnou rovinou, pozri Obr. 2.17.



Obr. 2.16. Pracovná rovina prechádzajúca vnútornou časťou telesa



Obr. 2.17. Virtuálny rez telesa pracovnou rovinou pomocou príkazu Cut Part By Sketch Plane

Normal view

Ak sa nám stane, že si nechtiac alebo chtiac pohneme kolmou pracovnou rovinou a chceme ju opäť nastaviť ako kolmú, použijeme príkaz *Normal View*.

CATIA VS - [Part1]				- 0 <mark>- ×-</mark>
Start ENOVIA VS VPM Eile Edit View Insert	Iools Window Help	1		= 6 ×
(Autor Autor			Fre •	
			м Şa ра	日 《 》
		1 	€ F® © © Viennu Vieo	- <u> </u>
				9 8 8
Statch tools				Ŀ,
fex 💬 🗄 🔳 🕰 🚳 🐉	- L 🛥 🖇 L L 📽 🕫 🖓 🖌 🛊 🗟 🖪	N 9.0 1 3 3 3		Deatin
Displays the part with a view normal to a plane			c:Normal View	의 원

Obr. 2.18. Natočená rovina v Sketcher-i



Obr. 2.19. Navrátená kolmosť roviny pomocou príkazu Normal view

Fit All In

Ak sa nám z akéhokoľvek dôvodu stratí pohľad na tvorené teleso, použijeme príkaz *Fit All In* a všetky namodelované časti sa nastavia na stred pracovnej plochy.

2.1.2 Ukážky najpoužívanejších príkazov v prostredí Part Design a Shape

Pad

Po vytvorení požadovaného profilu v *Sketcher*-i a následnom prepnutí sa do prostredia *Part Design* pomocou ikony *Exit worbanch* máme ako jednu z možností použiť príkaz *Pad*, ktorým vytiahneme profil do priestoru a tým mu priradíme tretí rozmer, pozri Obr. 2.20. Po aktivovaní ikony príkazu *Pad* sa objaví príkazové okno, v ktorom si môžeme nastaviť rôzne obmedzenia príkazu a po stlačení tlačidla *OK* sa príkaz vykoná. Je potrebné dbať na to, aby v kolónke príkazového okna *Profile/Surface* bol uvedení daný *Sketch*, ktorý chceme vytiahnuť do priestoru.



Obr. 2.20. Príkaz Pad

Po rozkliknutí možnosti *More* v príkazovom okne príkazu *Pad* sa dialógové okno rozšíri o ďalšie možnosti vytiahnutia daného profilu do priestoru. Je možné si nastaviť okrem tzv. *First limit* teda vytiahnutie profilu do priestoru do jednej strany, nastaviť aj tzv. *Second limit*, vytiahnutie profilu do priestoru aj do druhej strany, ako je znázornené na Obr. 2.21. Bielou farbou je znázornený *Sketch*, teda profil telesa nakreslený v *Sketcher*-i a červenou sú znázornené nastavené obmedzenia *First limit* a *Second* limit v dialógovom okne.



Obr. 2.21. Nastavenie príkazu Pad

Nie je vždy potrebné, aby sme zadávali možnosti *First limit* príp. *Second limit* iba typom *Dimension* a manuálnym nastavením dĺžky vytiahnutia profilu do priestoru, ale v kolónke *Type* si môžeme vybrať pre nás najvhodnejšie nastavenie. Nasledujúce Obr. 2.22, 2.23, 2.24. 2.25 objasňujú využitie ďalších typov obmedzení a nastavení príkazu *Pad*.

V *Sketcher*-i sme si nakreslili kruhový profil a v *Part Design*-e sme aktivovali príkaz *Pad* a profil sme vytiahli do priestoru, podľa Obr. 2.22.



Obr. 2.22. Kruhový profil vytiahnutý do priestoru príkazom Pad

Na Obr. 2.23 vidíme, že vytiahnutý profil je iba dotyčnicou k valcovej ploche. Ak by sme chceli, aby tento valček bol spojený po celej ploche k danej valcovej časti, potrebujeme použiť v dialógom okne možnosť *More* a v kolónke *Secound limit* vybrať vhodný typ obmedzenia.



Obr. 2.23. Príkaz Pad bez použitia Second Limit



Obr. 2.24. Výber vhodného obmedzenia príkazu Pad

Ako je vidieť na nasledujúcom Obr. 2.25 po vhodnom nastavení príkazu *Pad*, s použitím obmedzení *First limit* a *Second limit*, sme vytvorili nami požadované teleso, teda spojenie valčeka po celej styčnej ploche s valcovou plochou.



Obr. 2.25 Príkaz Pad s použitím vhodného typu Second limit

Shaft

Príkaz *Shaft* použijeme, ak potrebujeme profil nakreslený v *Sketcher*-i orotovať okolo ľubovoľnej osi (v rovine skice) a tým vytvoriť trojrozmerný model telesa. Ak už máme vytvorený profil a nachádzame sa v prostredí *Part Design*, po stlačení ikony príkazu *Shaft* sa objaví príkazové okno, kde si podobne ako v prípade príkazu *Pad* môžeme nastaviť rôzne obmedzenia, pozri Obr. 2.26. Je potrebné dbať na to, či je v kolónke *Profile/Surface* zadaný správny *Sketch* a či máme označenú požadovanú os rotácie profilu. Potom po stlačení tlačidla *OK* sa priradí profilu tretí rozmer orotovaním okolo príslušnej osi. Podobne ako pri príkaze *Pad*, tak aj pri príkaze *Shaft* po rozkliknutí možnosti *More* v dialógovom okne si môžeme nastaviť potrebné obmedzenia a tým získať model požadovaného tvaru.



Obr. 2.26. Použitie príkazu Shaft

Pocket

Príkaz *Pocket* slúži na vytvorenie otvoru ľubovoľného tvaru do už vytvorenej časti modelu. Rovnako ako u predošlých príkazov aj pri príkaze *Pocket* je potrebné si najprv nakresliť v prostredí *Sketcher* požadovaný profil otvoru a následne ho v prostredí *Part Design*-u pomocou príkazu *Pocket* vyhĺbiť do modelu. Na Obr. 2.27 je nakreslený profil kruhového prierezu, príkazom *Pocket* je však možné vytvoriť otvor ľubovoľného prierezu. V dialógovom okne, ktoré sa objaví po aktivovaní príkazu *Pocket* si rovnako ako v predošlých príkazoch môžeme nastaviť potrebné obmedzenia a typy *First limit* príp. *Second limit*.



Obr. 2.27. Príkaz Pocket – Type Dimension



Obr. 2.28. Príkaz Pocket – Type Up to next



Obr. 2.29. Príkaz Pocket – Type Up to last

Na Obr. 2.27, 2.28, 2.29 sú zobrazené a ozrejmené rôzne možnosti obmedzení, ktoré môžeme využiť aj pri iných príkazoch. Máme možnosť manuálneho zadávania hĺbky (*Type Dimension*) alebo využiť niektorú z možností *Up to Next, Up to last*, príp. iné, ktorých princíp znázorňujú Obr. 2.27, 2.28, 2.29.

Groove

Príkaz *Groove* použijeme, ak potrebujeme vyrezať vopred nakreslený profil v *Sketcher*-i do telesa okolo zvolenej osi. Po zvolení príkazu *Groove*, zadáme v príkazovom okne potrebné okrajové podmienky, označíme vhodnú os rotácie okolo ktorej chceme daný *Sketch* vyrezať. Po stlačení tlačidla *OK* sa príkaz vykoná, pozri Obr. 2.30.



Obr. 2.30. Príkaz Groove

Hole

Príkaz *Hole* slúži na tvorbu otvorov výhradne kruhového prierezu, avšak tento krát bez predošlého nakreslenia profilu v *Sketcher*-i. Na rozdiel od príkazu *Pocket* , príkazom *Hole* je možné vytvoriť iba otvor kruhového prierezu. Po výbere príkazu a následnom vybraní plochy telesa, kde sa má otvor nachádzať, sa otvorí príkazové okno, v ktorom si môžeme presne zadefinovať parametre otvoru vrátane parametrov závitu, pozri Obr. 2.31. V tomto príkazovom okne si môžeme navoliť typ a požadovanej diery napr. dieru valcovú, kužeľovú, pre skrutku so zapustenou hlavou a pod. Taktiež je možné si nastaviť parametre požadovaného závitu, kedy sa priemer diery automaticky korektne prispôsobí pre zadaný priemer závitu.



Obr. 2.31. Príkaz Hole

Presnú polohu stredu otvoru si vieme určiť stlačením tlačidla *Positioning Sketch* v príkazovom okne príkazu pozri Obr. 2.32. Po stlačení tlačidla *Positioning Sketch* sa automaticky prepneme do prostredia *Sketcher*, v ktorom si môžeme presne nastaviť polohu stredu otvoru, presunutím hviezdičky do považovanej polohy. Po stlačení príkazu *Exit workench* sa premiestnime naspäť do *Part Design*-u, kde sa zmena polohy otvoru okamžite prejaví.



Obr. 2.32. Príkazové okno príkazu Hole – Positioning Sketch



Obr. 2.33. Nastavenie presnej polohy stredu otvoru - Hole

Mirror

Ďalší často používaný príkaz v prostredí *Part Design* je príkaz *Mirror* 20. Po zvolení príkazu je potrebné zvoliť si rovinu alebo priamo plochu na telese, podľa ktorej sa bude teleso zrkadliť.



Obr. 2.34. Príkaz Mirror
Circular Pattern / Rectangular Pattern

V rovnakom súbore príkazov *Transformation Features* ako sa nachádza aj predchádzajúci *Mirror* sa nachádza aj príkaz *Circular Pattern* , prípadne *Rectangular Pattern* . Príkaz *Pattern* slúži na opakované rovnaké časti telesa, ktoré nemusíme modelovať po jednom, ale stačí namodelovať iba jednu časť a ostatné sa vyklonujú v počte kusov a s rozstupom aký definujeme v príkazovom okne. Po označení časti modelu, na ktorý chceme použiť príkaz *Pattern* a aktivovaní príkazu napr. *Circular Pattern* sa objaví príkazové okno, v ktorom môžeme definovať požadované parametre príkazu.



Obr. 2.35. Príkaz Circular Pattern

Rib

Príkaz *Rib* Slúži na vytiahnutie profilu nakresleného v *Sketcher*-i pozdĺž vopred vytvorenej krivky, pozri Obr. 2.36. Pred použitím príkazu *Rib* je potrebné vytvoriť krivku požadovaného tvaru a následne vytvoriť rovinu kolmú na túto krivku, v ktorej vytvoríme profil telesa, ktorý vytiahneme do priestoru pozdĺž tejto krivky. V príslušnom dialógovom okne si môžeme nastaviť parametre príkazu. Postup vytvorenie krivky a roviny kolmej na krivku bude opísaný nižšie.



Obr. 2.36. Príkaz Rib

Slot

Príkaz *Slot i* podobný ako príkaz *Rib*, ale s tým rozdielom, že sním nevytvárame teleso vyťahovaním pozdĺž krivky, ale vytvárame drážku v telese pozdĺž krivky, pozri Obr. 2.37. Postup je však rovnaký ako pri príkaze *Rib*. Je teda potrebné vytvoriť krivku pozdĺž ktorej sa má nakreslený profil v *Sketcher*-i vyrezať. V príkazovom okne, ktoré sa ako v predchádzajúcich príkazoch objaví po aktivácií príkazu, si môžeme nastaviť príslušné parametre príkazu.



Obr. 2.37. Príkaz Slot

Thread/Tap

Príkaz *Thread/Tap* \bigoplus , slúži na vytvorenie vonkajšieho závitu na telese. Podobne ako vnútorný závit vytvorený pomocou príkazu *Hole* \bigcap popísaný vyššie, tak aj vonkajší závit vytvorený príkazom *Thread/Tap* sa na virtuálnom modeli telesa nezobrazuje. Ale, ak by sme vytvorili s navrhnutého telesa výkresovú dokumentáciu, závit tam bude zobrazený v súlade s normami technickej dokumentácie. V *Part Design*-e vytvorenie závitu vieme odkontrolovať v strome operácií vytvorenými ikonami \bigoplus Thread.1 a \bigoplus Hole.1, v ktorých je závit vyznačený.

Ako už bolo spomenuté v strome operácií sa vytvára podrobný postup tvorby virtuálneho modelu. Pomocou stromu operácií vieme vyčítať postup vytvorenia modelu ako aj zmeniť predchádzajúce nastavenia príkazov, resp upraviť *Sketch* daného príkazu. Postačí ak 2x klikneme na požadovaný príkaz v strome operácií, ktorý chceme upraviť a v príkazovom okne daného príkazu môžeme vykonať potrebnú zmenu v nastavení príkazu, príp. ak je potrebné vykonať zmenu profilu (zmenu *Sketch*-u), 2x klikneme na daný *Sketch* požadovaného príkazu v strome operácií a dostaneme sa do príslušnej roviny v *Sketcher*-i, kde sme profil tvorili. Po úprave *Sketch*-u na požadovaný sa prepneme naspäť do *Part Design*-u, kde sa zmena automaticky zobrazí a upraví sa navrhovaný virtuálny model telesa.

V ďalšej časti tejto kapitoly budú opísané ďalšie užitočné a často využívané príkazy na vytvorenie pomocných rovín, osí a kriviek, ktoré nám uľahčia vytvorenie virtuálnych 3D modelov.

Reference elements

Súbor príkazov *Reference Elements* Súbor príkazov *Reference Elements*, slúži na vytvorenie pomocných bodov, úsečiek, pomocou ktorých vytvoríme pomocnú rovinu potrebnú na tvorbu modelu. Ak nastane situácia, že nám nevyhovuje ani jedna zo základných rovín *xy*, *yz*, *zx* a nevyhovuje nám ani plocha na vytvorenom modeli, je nutné si vytvoriť pomocnú rovinu pomocou tohto

príkazu. Po aktivovaní príkazu *Plane* sa otvorí príkazové okno, v ktorom si môžeme vybrať s rôznych typov plôch.



Obr. 2.38. *Plane – Plane type*

Na ilustráciu uvedieme iba postup vytvorenie niektorých z nich. Napr. ak si vyberieme typ *Offset from plane* postačí nám iba zvoliť si referenčnú rovinu a v príkazovom okne nastaviť požadovanú hodnotu posunutia novo vytvorenej roviny, pozri Obr. 2.39.



Obr. 2.39. Plane – Offset from plane

Ďalšia možnosť vytvorenia pomocnej roviny môže byť rovina kolmá na úsečku/krivku, typ *Normal to curve*, v príkazovom okne po aktivovaní príkazu *Plane*. Na vytvorenie tohto typu roviny je potrebné si najprv vytvoriť danú úsečku na ktorú má byť tvorená rovina kolmá. Úsečku môžeme vytvoriť taktiež rôznymi spôsobmi.

Line Definit	ion 🥄	×
Line type	Point-Point]
Point 1:	Point-Point Point-Direction	
Point 2:	Angle/Normal to curve	_
Support:	Normal to surface	
Start:	Bisecting	A V
Up-to 1:	No selection	
End:	0mm	-
Up-to 2:	No selection	
Length Ty Length Infinit	/pe O Infinite Start Point O Infinite End Point ed extent	
O OK	Cancel Previ	ewy

Obr. 2.40. *Line – Line type*

Jedna možnosť môže byť pomocou dvoch bodov. Po aktivovaní príkazu *Line* v príkazovom okne *Line type – Point-Point*. Na tento typ úsečky si ešte potrebuje vytvoriť požadované body, na ktorých sa má úsečka nachádzať. Vyberieme si príkaz *Point* a vytvoríme bod. Bod takisto môžeme vytvoriť viacerými možnosťami, medzi ktorými si môžeme vybrať v dialógovom okne. Prostredníctvom *Point type – Coordinates* v príkazovom okne, môžeme vytvoriť bod v súradniciach, ktoré zadáme. Ďalej máme možnosť vytvoriť bod na krivke, rovine, ploche..., pozri Obr. 2.41.

Point type:	Coordinates	•	1
x - 0mm	Coordinates	*	
γ = 0mm	On curve On plane On surface	ш	
Z = 0mm	Circle / Sphere / Ellipse		4
Reference Point:	Tangent on curve Between	+	
Axis System	n: Default (Absolute)	_	l
Compass	Location		

Obr. 2.41. Point – Point type

Po vytvorení dvoch bodov môžeme vytvoriť úsečku *Line type - Point-Point*, následne rovinu kolmú na túto úsečku *Plane type – Normal to curve*. Vytvorili sme rovinu, kolmú na vytvorenú úsečku, do ktorej sa môžeme prepnúť do prostredia *Sketcher* a vytvoriť v ňom požadovaný profil, pozri Obr. 2.42.



Obr. 2.42. Vytvorená pomocná rovina – Normal to curve

Ďalšia veľmi často využívaná rovina je rovina kolmá na plochu, *Plane type –Tangent to surface*. V tomto prípade je potrebné vytvoriť si bod na požadovanej ploche (napr. valcovej ploche modelu), *Point type – on surface*. Následne si vytvoríme rovinu, ktorá bude dotyčnicou na zadanú valcovú plochu, *Plane type – On surface* v bode, ktorý sme si vytvorili v predchádzajúcom kroku (*Point on surface*). Vytvorili sme rovinu, ktorá je dotyčnicou na zadanú valcovú plochu telesa, do ktorej sa môžeme prepnúť do *Sketcher*-a a vytvoriť v nej požadovaný profil, pozri Obr. 2.43.



Obr. 2.43. Vytvorenie roviny - Tangent to surface

Podobným spôsobom si budeme môcť vytvoriť body, úsečky a roviny aj ďalších typov, ktoré nám uľahčia a umožnia tvorbu zložitých tvarov virtuálnych modelov.

Na vytvorenie kriviek, ktoré môžeme použiť ako vodiace krivky potrebné pre príkazy *Rib* a *Slot* popísané vyššie je možné použiť prostredie *Shape – Generative Shape design*.

V roletovom Menu na prepneme z Mechanical Design – Part Design do Shape – Generative Shape Design. V súbore príkazov Wireframe nachádzajú príkazy ako napr. Spline, Helix a Spiral vytvorenie kriviek, následne sa prepnúť do Mechanical Design – Part design a použiť ich na príkazy Rib a Slot.

Helix

Príkaz *Helix* nachádzajúci sa v prostredí *Generative shape design* využijeme na vytvorenie závitovkovej krivky. Pred použitím samotného príkazu je potrebné vytvoriť si os okolo ktorej bude krivka rotovať a počiatočný bod, ktorý určí polomer rotácie. Potrebnú

krivku a bod vytvoríme podobným postupom ako bol opísaný vyššie v príkazoch *Reference Elements*, príkazmi *Point* a *Line*.



Obr. 2.44. Vytvorenie osi a bodu potrebných na príkaz Helix

Po aktivácii príkazu *Helix* si v príkazovom okne nastavíme potrebné parametre a po stlačení tlačidla *OK* sa vytvorí požadovaná krivka, pozri Obr. 2.45.



Obr. 2.45. Príkaz Helix

Potom sa prepneme do *Part Design*-u, kde si vytvoríme rovinu kolmú na túto vytvorenú krivku, *Plane type – Normal to curve*. Po vytvorení požadovaného profilu v prostredí *Sketcher* už môžeme použitím príkazu *Rib* vytiahnuť profil pozdĺž tejto krivky.



Obr. 2.46. Vytvorenie kolmej roviny na vytvorenú krivku

Podobným spôsobom si vytvorme aj krivky iných typov príp. podobne si vytvoríme krivku potrebnú aj k príkazu *Slot*, ktorým vyrežeme zadaný profil pozdĺž krivky do modelu telesa.

Ďalšie príkazy v prostredí Shape – Generative Shape Design:

V súbore príkazov *Wireframe* si dokážeme pomocou príkazu *Spline* vytvoriť krivku z vopred vytvorených bodov, pozri Obr. 2.47.



Obr. 2.47. Vytvorenie krivky pomocou príkazu Spline

Pomocou príkazu *Corner* dokážeme spojiť a zaobliť vybrané krivky pomocou zadného polomeru, pozri Obr. 2.48.

Wirefr	ame 🔤
	Corner Definition
R 40	Corner Type: Corner On Support Corner On Vertex Cerner On Vertex Element 1: Line.1 Trim element 1 Element 2: Line.2 Trim element 2 Support: Default (Plane) Radius: 40mm OK Cancel Preview

Obr. 2.48. Spojenie a zaoblenie kriviek príkazom Corner

V súbore príkazov *Operations* sa nachádza príkaz *Extrapolate* , ktorý slúži na extrapoláciu povrchov alebo kriviek o zadanú hodnotu napr. pre potrebu následného spojenia a zaoblenie dvoch kriviek ohraničených koncovými bodmi, pozri Obr. 2.49 a neskoršieho použitia príkazu *Connect Curve* . Príkazom *Extrapolate* dokážeme predĺžiť danú plochu na hraničnej krivke alebo predĺžiť krivku na hraničnom bode.



Obr. 2.49. Extrapolácia kriviek

Na vytvorenie paralelnej krivky s už existujúcou krivkou slúži príkaz Parallel Curve



Obr. 2.50. Vytvorenie paralelnej krivky



Príkaz *Split* Slúži na orezanie povrchu alebo aj na orezanie krivky pomocou pomocnej úsečky. Podobný príkaz *Trim* Slúži na orezanie prečnievajúcich častí dvoch povrchov alebo kriviek. Pomocou príkazu *Connect Curve* Sdokážeme spojiť dve krivky. V súbore príkazov *Surfaces* Scréen Scréen Schweiser nájdeme príkaz *Extrude* Schweiser Pomocou tohto príkazu dokážeme vytiahnuť profil vytvorený krivkami pozdĺž smerovej úsečky a vytvoriť tak plochu.



Obr. 2.51. Vytvorenie plochy pomocou príkazu Extrude

Veľmi užitočný a často využívaný príkaz v prostredí *Generative Shape Design* môže byť príkaz *Projection*, ktorý nájdeme v súbore príkazov *Wireframe*. Tento príkaz slúži na premietnutie vybraného profilu, vytvoreného krivkami na zvolenú plochu vytvorenú napr. príkazom *Extrude*.



Obr. 2.52. Premietnutie profilu do požadovanej plochy pomocou príkazu Projection

Na zaoblenie dvoch priľahlých plôch slúži príkaz *Shape Fillet* v súbore príkazov *Operations* v súbore príkaz *Runp*, ktorý nájdeme v súbore príkazov *Advanced* pôvodnej ploche použijeme príkaz *Bump*, ktorý nájdeme v súbore príkazov *Advanced Surfaces* v v súbore príkaz *Runp*. Na Obr. 2.53 je znázornené vytvorenie plochy pomocou vopred nakresleného profilu vytiahnutého pozdĺž profilovej krivky príkazom *Sweep*.



Obr. 2.53 Vytvorenie plochy vytiahnutím profilu pozdĺž profilovej krivky

Ak tvoríme virtuálny model skladajúci sa z viacerých materiálov, prípadne s viacerých telies, ktoré sú medzi sebou pevne spojené, môžeme si do stromu operácií umiestniť tzv. *Body* 2, príp. ďalšie.

Ak si zadáme v roletovom *Menu – Insert – Body*, pozri Obr. 2.54, všimnime si, že v strome operácií nám pribudlo nové teleso *Body* 2.

Insert	Tools	<u>W</u> indow	<u>H</u> elp	
Qbj	ect			
Boc	iy			
Boo	l <u>y</u> in a Set.			
S Geo	ometrical S	iet		
Ord	lered Geor	metrical Set		
E. Inse	rtinnew	body		
Anr	notations			•
<u>C</u> or	nstraints			Þ
Sk <u>e</u>	tcher			Þ
\downarrow Axis	s System			
S <u>k</u> e	tch-Based	Features		۲
Dre	ss-Up Feat	tures		F
Sur	face-Based	d Features		۲
Tra	nsformatio	on Features		۲
<u>B</u> oo	olean Oper	ations		F
Ady	anced Dre	ess-Up Featur	es	۲
K <u>n</u> c	wledge T	emplates		•
S Inst	antiate <u>F</u> ro	om Documen	it	
S Inst	antiate Fro	om Selection.		

Obr. 2.54. Zadanie nového Body v Part Design-e



Obr. 2.55. Body 2 v strome operácií

Ak je vytvorené *Body 2* aktivované t. j. keď je v strome operácií podčiarknuté, každý ďalší krok, ktorý na telese vykonáme sa bude ukladať do stromu operácií pod *Body 2* a bude sa teda týkať tohto nového telesa. Ak sa budeme chcieť vrátiť k pôvodného telesu – *Part body* alebo k inému *Body*, je potrebné pravým tlačidlom na myši kliknúť na príslušné *Body* v strome operácií a zvoliť príkaz *Define in work object*, pozri Obr. 2.56. Všetky kroky, ktoré následné vykonáme budú pripisované v strome operácií pod aktivované *Body*.



Obr. 2.56. Aktivovanie požadovaného Body

Ak vytvárame virtuálny 3D model skladajúci sa z viacerých *Body*, je užitočné si jednotlivé *Body* v strome operácií premenovať na nami zvolený názov a farebne odlíšiť na modelovanom virtuálnom modeli z dôvodu lepšej prehľadnosti. Ak klikneme pravým tlačidlom myši v strome operácií na konkrétne *Body* a nastavíme sa na kolónku *Properties*,

pozri Obr. 2.57, otvorí sa príkazové okno, v ktorom si môžeme prepísať názov aktuálneho *Body* a môžeme mu priradiť farbu príp. vlastný názov.



Obr. 2.57 Zmena vlastností Body

Na Obr. 2.58 sú znázornené zmenené vlastnosti jednotlivých *Body*, konkrétne zmena farby každého body a v strome operácií priradený vlastný názov.



Obr. 2.58. Zvýšenie prehľadnosti modelu zmenou vlastností jednotlivých Body

Ak by sme potrebovali virtuálny model podrobiť rôznym analýzam je potrebné priradiť k jednotlivým *Body* aj materiál, pomocou príkazu *Apply material* , v ktorom si môžeme parametre zvoleného materiálu dodatočne poupravovať. Po priradení a nastavení materiálu jednotlivým *Body* si môžeme pomocou príkazu *Measure* pozrieť jednotlivé dĺžkové parametre modelu, prípadne hmotnosť, objem a iné hodnoty.

3 Tvorba zostavy

Zostavu vytvorenú z vopred namodelovaných jednotlivých *Part*-ov vytvoríme v prostredí *Assembly Design*. Ak už máme vytvorené virtuálne modely z ktorých sa má vytvoriť celková zostava virtuálnej sústavy, je potrebné sa prepnúť do prostredia *Assembly Design* pomocou menu *Start – Mechanical Design – Assembly Design*. Je dôležité, aby boli jednotlivé virtuálne modely, z ktorých sa má zostava vyskladať vytvorené samostatne v jednotlivých *Part*-och a aby mali tieto jednotlivé *Part*-y rôzne názvy.

3.1 Assembly Design

Ak máme vytvorené virtuálne modely v prostredí *Part Design*, pričom každý model je vytvorený ako samostatný *Part*, pomocou príkazov v prostredí *Assembly Design* si dokážeme vyskladať požadovanú zostavu virtuálneho mechanizmu.

Prepneme sa do prostredia *Assembly Design*, kde si pomocou príkazu *Existing component* a následnom stlačení kolónky *Product*, na vrchole stromu operácií, vyhľadáme a otvoríme vopred vytvorené virtuálne modely.

File Selection			Contraction of	×
Kde hl'adat':	MODEL	•	← 🖸 💣 🛒	
œ.	Názov	*	Dátum úpravy	Тур
Naposledy navštívené mi	 Hriadel Kolik toro hnana treci kruzol 	cast c	10.10.201214:26 10.10.201214:13 10.10.201214:26 10.10.201214:26	CATIA Pai CATIA Pai CATIA Pai CATIA Pai
Pracovná plocha	췗 Trecia cast 췗 ZOSTAVA		10. 10. 2012 14:26 10. 10. 2012 14:26	CATIA Pai CATIA Pro
Počítač	•	m		۲
	Názov súboru:		· ·	Otvorit'
Siet'	Súbory typu:	All Files (*.*)	<u> </u>	Zrušiť
		Show Preview		

Obr. 3.1. Vloženie vopred vytvoreného telesa do Assembly Design

Rovnakým spôsobom si vložíme aj ďalšie teleso a pravdepodobne bude potrebné upraviť ich vzájomnú polohu, prostredníctvom súboru príkazov *Constraints* Ø upraviť vzájomnú polohu. Pomocou príkazu Coincidence 🦉 môžeme dvom rotačným telesám predpísať súosovosť. Po stlačení príkazu Coincidence je potrebné označiť osi telies, ktorým chceme predpísať súosovosť a následne je potrebné zadať príkaz Update 🙋. Po vykonaní týchto úkonov sa telesá nastavia do predpísanej polohy, pozri Obr. 3.3. Príkazom Coincidence môžeme nastaviť totožnosť osí, plôch resp. aj vzťažných rovín viacerých telies.



Obr. 3.2. Telesá vložené do Assembly Design



Obr. 3.3. Nastavená súosovosť zvolených telies

Príkazom *Offset Coinstraint* , dokážeme zadať vzdialenosti jednotlivých plôch na telesách. Po zadaní príkazu *Offset coinstraint*, nastavení konkrétnej hodnoty vzdialenosti v otvorenom príkazovom okne a následnom označení príkazu *Update* sa telesá nastavia do zvolenej polohy, pozri Obr. 3.4.



Obr. 3.4. Nastavená vzdialenosť čelných plôch oboch telies

Ak potrebujeme vložiť do zostavy rovnaké teleso aké sa už v zostave vyskytuje, môžeme to urobiť rovnakým spôsobom, ktorý bol popísaný vyššie, čiže cez príkaz *Existing component*, alebo môžeme použiť jeden z príkazov *Fast Multi Instantiation* alebo *Define Multi Instantiation* Po aktivovaní príkazu *Define Multi Instantiation* sa otvorí príkazové okno, v ktorom si môžeme nastaviť polohu vkladaného existujúceho telesa a počet vložení rovnakých telies. Po označení príslušného telesa v strome operácií alebo priamo v pracovnom priestore ľavým kliknutím myši sa zobrazí teleso v nastavenej vzdialenosti a v zadanom počte kusov.



Obr. 3.5. Vloženie telesa pomocou príkazu Define Multi Instantiation

Príkaz Fast Multi Instatiation je podobný ako Define Multi Instantiation, akurát v ňom nemáme možnosť nastavenia polohy a počtu kusov vkladaného telesa, ale telesá sa vložia podľa vopred zadaných obmedzení v Define Multi Instantiation. Následne si vieme nastaviť polohu vloženého telesa pomocou príkazov Coinstriants. Ako už bolo opísané vyššie, príkazom Coincidence si vieme nastaviť súosovosť jednotlivých telies, príkazom Offset Coinstraint , vzájomnú vzdialenosť jednotlivých plôch. Ďalšie často používané príkazy na

zostavenie sústavy telies sú napr. Angle constraint 22, Fix component 22 alebo Fix

together C. Príkazom *Angle Coinstraint* si vieme nastaviť sklon, pod ktorým majú byť jednotlivé telesá. Môžeme nastaviť sklon osí telies alebo priamo aj uhol medzi označenými plochami na telesách. Príkazy môžeme použiť aj vzhľadom na vytvorené roviny v pracovnom priestore. Ak chceme, aby sa zadaná vzájomná zmena polohy jednotlivých telies zobrazila, je zakaždým potrebné spustiť príkaz *Update*. Príkaz *Fix component* slúži na ukotvenie zvoleného telesa do nehybnej polohy. Príkazom *Fix together* spojíme jednotlivé telesá k sebe a zmenou polohy jedného telesa sa zmení aj poloha všetkých telies, ktoré sú k nemu viazané týmto príkazom. Po aktivovaní príkazu *Fix together* klikneme na telesá, ktorých vzájomná poloha sa nemá meniť a následne stlačíme tlačidlo *OK* v otvorenom príkazovom okne.

Môže sa vyskytnúť situácia, keď potrebujeme k zostave vytvoriť ešte teleso - *Part*, ktoré nemáme vytvorené. Na to nám poslúži príkaz *Part* , ktorým si vytvoríme teleso do

zostavy v novom prostredí *Part Design-*u alebo rovnako ako v *Part Design-*e nové *Body, Insert – New Part.* Po aktivovaní príkazu *Part* a označení *Product* v strome operácií sa v strome operácií vytvoril nový *Part*, v ktorom však nie je vytvorené žiadne teleso. Dvojitým kliknutím na daný *Part* v strome operácií sa automaticky prepneme do prostredia *Part Design* a môžeme namodelovať požadované teleso. Do prostredia *Assembly Design* sa opätovne nastavíme dvojitým kliknutím na *Product* na vrchole stromu operácií. Rovnakým spôsobom sa vieme prepnúť aj do *Part Design-*u vložených telies a vykonať na nich potrebné zmeny. Rovnako ako v prostredí *Part Design* tak aj v prostredí *Assembly design* sa v strome operácií ukladajú všetky naše úkony a môžeme ich kedykoľvek zmeniť. Ak tvoríme virtuálnu zostavu mechanizmu skladajúcu sa z viacerých telies, pričom nám k nastaveniu vzájomných väzieb medzi telesami prekážajú iné vložené telesá, môžeme si jednotlivé telesá skryť a následne nechať zobraziť pomocou príkazu *Hide/Show*. Ak klikneme pravým tlačidlom myši na v strome operácií na konkrétny *Part*, stlačením príkazu *Hide/Show* si vieme tento *Part* skryť.

	C <u>e</u> nter graph Reframe On Hide/Show	
	Pr <u>o</u> perties Ope <u>n</u> Sub-Tree	Alt+Enter
	Co <u>t</u> Copy	Ctrl+X Ctrl+C
	<u>P</u> aste Paste <u>S</u> pecial	Ctrl+V
7	Delete	Del
	Hn <u>a</u> cia cast obj	ject 🔸

Obr. 3.6. Príkaz Hide/Show

4 Tvorba výkresovej dokumentácie

Na tvorbu kompletnej výkresovej dokumentácie slúži prostredie *Drafting*, do ktorého sa prepneme cez *Start – Mechanical Design – Drafting*. Je potrebné mať vymodelované teleso resp. zostavu, z ktorej potrebujeme vytvoriť výrobný, resp. zostavný výkres.

4.1 Drafting

Po zvolení pracovného prostredia *Drafting* sa objaví príkazové okno, v ktorom si môžeme nastaviť čistý výkres, rýchle zobrazenie všetkých šiestich pravouhlých priemetov v rátane *Iso* zobrazenia, pravouhlý priemet spredu, sprava a zdola alebo spredu, zľava a zhora. Ďalej si môžeme nastaviť mierku a formát výkresu, Obr. 4.1.



Obr. 4.1. Nastavenie výkresu

Ak nevieme aký veľký formát výkresu bude pre danú súčiastku (zostavu) najvýhodnejší, prípadne v akej mierke sa má zobraziť, je vhodné označiť čistý výkres *Empty sheet*. Rovnako je vhodné označiť čistý výkres v prípade, ak si chceme presne nastaviť priemet spredu, pretože, ak by sme si nechali hneď vykresliť pravouhlé priemety navolením z príkazového okna, nevieme ktorý *Catia* vyberie ako základný. Po označení *Empty sheet* a stlačení tlačidla *OK* sa nastavíme do pracovného prostredia *Drafting* s prázdnym výkresom.

Pravouhlý priemet spredu si vyberieme pomocou príkazu *Front View* 2. Po aktivovaní príkazu *Front View* je potrebné sa pomocou roletového menu v hornej časti obrazovky - *Window* prepnúť na daný *Part*, z ktorého potrebuje vytvoriť výkresovú

dokumentáciu alebo si pracovné okno rozdeliť horizontálne, vertikálne alebo kaskádovito, tak aby sme videli aj požadované teleso v prostredí *Part Design*, Obr. 4.2.



Obr. 4.2. Prepnutie do Part Design-u / Rozdelenie pracovného okna

Pohybom kurzora myši v *Part Design*-e po rovinách *xy*, *yz* a *zx* v strome operácií alebo priamo v pracovnom prostredí sa v dolnej pravej časti obrazovky objavujú návrhy na priemet spredu, Obr. 4.3. Po navolení požadovaného priemetu sa automaticky prepneme naspäť do prostredia *Drafting*, kde si zvolený priemet ešte môžeme otáčať do najvhodnejšej polohy podľa zásad technického kreslenia pomocou šípok intuitívneho kompasu prostredia *Drafting*, pozri Obr. 4.4.



Obr. 4.3. Voľba priemetu spredu v Part Design-e



Obr. 4.4. Natáčanie zvoleného priemetu v Drafting

Po nastavení presnej polohy a kliknutím ľavého tlačidla myši sa vytvorí pravouhlý priemet na výkrese. Ak chýbajú v priemete zobrazené niektoré čiary, ktoré by však v zmysle technického kreslenia mali byť zobrazené, ale nie sú, je potrebné si ich aktivovať pomocou nastavenia vlastností daného priemetu. V strome operácií klikneme pravým tlačidlom na daný priemet a vyberieme položku *Properties*, podľa Obr. 4.5.



Obr. 4.5. Nastavenie vlastností priemetu

Po stlačení položky *Properties* sa otvorí príkazové okno, v ktorom si môžeme nastaviť zobrazenia závitov, osí, skrytých hrán atď., Obr. 4.6. Po stlačení tlačidla *OK* sa nastavené vlastnosti zobrazia vo výkrese. Na Obr. 4.6 je zobrazené príkazové okno, v ktorom sa nastavia požadované vlastnosti daného priemetu.

roperties		2	×
Current selecti	on : Front view/ViewMakeUp.	3/Sheet.1	-
View Gra	iphic		
Visualization	and Behavior		
📮 Display Vi	ew Frame		
Lock View	Visualization and behavi	or of the selected view(s)	
Visual Clip	oping		
Scale and Ori	entation		
Angle: 0deg	Scale: 1:1 =	1	
Dress-un			
📮 Hidden Li	nes 🧧 Center Line 🧧 3D spe	c 🔂 3D Colors	-
📮 Axis	🐷 Thread)	
🗐 Fillets : 🔍	Boundaries	3D Points : O 3D symbol inheritance	
C) Symbolic	🥥 Symbol 🗙 🖃	
C	Approximated Original Edges	i 🗌 3D Wireframe 🥥 Can be hidden	
C	Projected Original Edges	O Is always visible	
Mary Margar		-	
Prefix	ID	Suffix	
Front view			
Name Edito	or With Formula:		
Front view		fix)	
THOME TEVY	-		*
Thomestew			
		Mo	re

Obr. 4.6 Nastavenie zobrazenia priemetu



Obr. 4.7. Pravouhlý priemet pred a po nastavení zobrazovaných čiar

Ak je potrebné zmeniť formát výkresu alebo mierku zobrazenia daného telesa, vykonáme to kliknutím pravého tlačidla myši v strome operácií na kolónku *Sheet* a vyberieme položku *Properties*, v ktorom si nastavíme požadovaný formát, mierku a správne natočenie výkresu, pozri Obr. 4.8.

Properties				X X
Current selection	n : Sheet.1/Drawin	g		*
Sheet				
Name: Sheet.	1			- <u>-</u>
Scale: 1:1	= 1	1		
FOR				-
A0 ISO			isplay	
Height - 1941.0	00-000			
\mathbf{A}				
Lar	ndscape			
Cloud First an	alo standard			
	gie standard			
Generative view	vs positioning mor	le		
Part bound	ing box center			
O Part 3D axis				
Print Area				
🗌 Activate	X:	Y:		
	0,000 mm	🔄 0,000 mm	-	
	Width:	Height:		
	100,000 mm	100,000 m	m 🖆	-
	1.84			
				More
			OK OA	only Close

Obr. 4.8. Nastavenie výkresu

Zobrazenie popisového poľa a orámovanie výkresu si nastavíme pomocou roletového menu v hornej časti obrazovky *Edit – Sheet Background*, Obr. 4.9.

t <u>V</u> iew	Insert	Tools	Windo
Undo Empt	y selection	Ctrl	+Z
<u>R</u> epeat		Ctrl	+Υ
Update cur	rentsheet	Ctrl	+U
Cug		Ctrl	÷Х
<u>С</u> ору		Ctrl	+C
<u>P</u> aste		Ctr	+V
Paste <u>S</u> peci	al		
Delete			Del
<u>F</u> ind			
Replace		Ctrl	+H
Searc <u>h</u>		Ctr	I+F
Aut <u>o</u> Searc	h		
Selection S	ets	Ctrl	+G
Selection S	ets Edition.		
Fi <u>n</u> d Ownir	ng Selection	n Sets	
Lin <u>k</u> s			
P <u>r</u> operties		Alt+En	iter
Other Selec	tion		
Sheet <u>B</u> ack	ground	>	
	t View Undo Empt Repeat Update cur Cur Dopy Paste Speci Delete Eind Searc <u>h</u> Searc <u>h</u> Selection So Selection So Selection So Selection So Selection So Selection So Selection So Selection So Selection So	t View Insert Undo Empty selection Repeat Update current sheet Cup Copy Paste Special Paste Special Delete Eind Replace Search Selection Sets Selection Sets Edition. Find Owning Selection Links Properties Other Selection	t View Insert Iools Undo Empty selection Ctrl Repeat Ctrl Update current sheet Ctrl Cup Ctrl Cup Ctrl Cup Ctrl Paste Special Delete Eind Rgplace Ctrl Selection Sets Ctrl Selection Sets Edition Pigoperties Alt+ Err Other Selection

Obr. 4.9. Nastavenie orámovania výkresu

Po označení *Sheet Background* stmavne pracovná obrazovka a po aktivovaní príkazu *Frame and Title block* si navolíme v dialógovom okne orámovanie výkresu s popisovým poľom. Po nastavení orámovania sa opätovne prepneme do pracovného prostredia na prácu s pravouhlými priemetmi, v hornom roletovom menu *Edit – Working Views*.



Obr. 4.10. Pracovná plocha po nastavení vlastností pravouhlého priemetu aj výkresu

Ak už máme zobrazený priemet spredu a je potrebné zobraziť ešte ďalšie priemety, môžeme využiť príkaz *Projection view* , ktorý nájdeme v súbore príkazov *Views*, Obr. 4.11.



Obr. 4.11. Projection view

Po aktivovaní *Projection view* a pohybom kurzora myši v okolí priemetu spredu sa zobrazujú zodpovedajúce priemety podľa zásad pravouhlého zobrazovania. Kliknutím ľavého tlačidla myši sa vykreslí požadovaný pravouhlý priemet na výkres.



Obr. 4.12. Pridanie d'alšieho priemetu príkazom Projection view

V novo pridaných priemetoch si môžeme nastaviť zobrazovanie čiar samostatne rovnako ako je popísané vyššie, ľavý klik na daný priemet a výber *Properties*. Ak potrebujeme vykonať rez alebo prierez telesom, vyberieme zo súboru príkazov *Views* vhodný rez/prierez, Obr. 4.13.



Obr. 4.13. Tvorba rezu / prierezu

Po aktivovaní vhodného typu rezu resp. prierezu klikneme na miesto odkiaľ chceme viesť rez/prierez a koniec rezu ukončíme dvojklikom. Posuvom kurzora myši a ľavým kliknutím umiestnime rez/prierez na požadované miesto na výkrese. Ak sa na vytvorenom reze/priereze vyskytujú čiary, ktoré by sa podľa zásad technického kreslenia na výkrese

zobrazovať nemali, môžeme si ich zobrazovanie na danom priemete/reze/priereze vypnúť spôsobom popísaným vyššie, ľavý klik myši na daný priemet – *Properties*. Ďalšími príkazmi v súbore príkazov *Views* si môžeme pridávať ďalšie priemety, detaily, prerušenia a iné úkony technického zobrazovania. Ak vedieme rez zostavou telies v takej rezovej rovine, v ktorej sa nachádza teleso, ktoré sa podľa zásad technického zobrazovania rez nevykonáva (napr. skrutka), je potrebné si v *Assembly Design*-e nastaviť túto vlastnosť daného telesa. Pravý klik na daný *Part* v strome operácií, vyberieme si položku *Properties – Drafting*, Obr. 4.15. V otvorenom príkazovom okne si môžeme nastaviť vlastnosti daného *Part*-u do prostredia *Drafting*, ako napr. neprerezávať v rezovej rovine, nezobrazovať v pravouhlých priemetoch alebo zobraziť ako neviditeľné hrany.



Obr. 4.14. Zobrazenie rezu/prierezu



Obr. 4.15. Nastavenie vlastností pre Drafting

Všimnime si, že vždy jeden priemet je ohraničený červeným orámovaním a ostatné modrým. Ak sa nám orámovania nezobrazujú môžeme si ich aktivovať pomocou príkazu *Display View Frame as Specified for Each View* . Červené orámovanie znamená, že daný priemet je aktivovaný, môžeme na ňom pracovať, ostatné modré sú neaktívne. Pracovať môžeme iba s aktívnym priemetom (červený rámček). Ak si nechceme zobrazovať orámovania, aktívny priemet si zistíme pomocou stromu operácií. Aktívny je priemet, ktorý je podčiarknutý. Zmenu vykonáme dvojitým kliknutím na daný priemet v strome operácií alebo dvojitým kliknutím na orámovanie daného priemetu.

Ľavým kliknutím tlačidla myši na ľubovoľnú čiaru na aktívnom priemete resp. označenia rezu/prierezu, si môžeme zmeniť vlastnosti jednotlivých čiar v zmysle zásad technického kreslenia, resp. podľa našich požiadaviek.

Pomocou súboru príkazov *Dimensioning* , môžeme na výkres pridávať potrebné kóty a tolerancie.

Rovnako ako v prostredí *Assembly Design* tak aj v *Drafting* sa kedykoľvek môžeme vrátiť do prostredia *Part Design/Assembly Design* vykonať na virtuálnom modeli potrebné zmeny a po návrate do prostredia *Drafting*, po stlačení príkazu *Update* sa vykonané zmeny prekreslia vo výkrese.



Obr. 4.16. Výrobný výkres súčiastky vytvorený v programe CATIA V5

5 Kinematická analýza

Ak máme vytvorenú zostavu virtuálnych modelov v prostredí *Assembly Design* a potrebujeme odsimulovať jej vzájomný pohyb, je potrebné sa prepnúť z prostredia *Assembly Design* do *Digital Mock-up – Kinematics*, kde je potrebné si vytvoriť zo zostavy mechanizmus, priradiť mu potrebné väzby a príkazy.

5.1 DMU Kinematics

Nastavíme sa cez menu *Start – Digital Mock-up – DMU Kinematics* do potrebného pracovného prostredia. Príkazom *Assembly Constraint Conversion* - vytvoríme nový mechanizmus, v ktorom sa prekonvertujú geometrické väzby vytvorené v *Assembly Design-e* na kinematické. Po aktivovaní *Assembly Constraint Conversion* sa otvorí dialógové okno, v ktorom je potrebné vytvoriť nový mechanizmus zadaním *Auto Create*. Vytvorí sa nový mechanizmus, pozri strom operácií. Pomocou súboru príkazov *DMU Kinematics* môžeme zadefinovať jednotlivé potrebné väzby (rotačné, cylindrické, sférické pevné a iné) medzi jednotlivými časťami mechanizmu [7].



Obr. 5.1. Kinematické väzby – DMU Kinematics

Po zadaní všetkých kinematických väzieb je potrebné definovať pohyb napr. pomocou vytvorenej rotačnej väzby, pozri Obr. 5.2. Pravý klik na väzbu *revolution – revolute object – definition*, otvorí sa dialógové okno, kde si môžeme zadať potrebné obmedzenia. Je potrebné, aby jedna časť bola pevne uchytená voči zemi príkazom *Fix Part* a vzhľadom na časť mechanizmu prichytenú príkazom *Fix Part* sa tak môžu komponenty mechanizmu pohybovať.

-Joints				
Revolute.1 (Ojnica.1	klukovy_hria	del.1)		1
Revolute.2 (Ojnica.2	klukovy_hria	del.1)		1
🕈 🥰 Cylindrical.3 (Pa	Center graph			
💠 🗃 Rigid.4 (Kruzky.:	<u>R</u> eframe On			
🕂 🗃 Rigid.5 (Kruzky.2	Hide/Show			
+- 😪 Cylindrical.6 (Oj	Pr <u>o</u> perties	Alt+Enter		
• Cylindrical 7 (Pa	Open Sub-Tree			
+- ¹ ² Cutinduicat 8 daila	Gu <u>t</u>	Ctrl+X		
	Сору	Ctrl+C		
Rigid.9 (piest.1,p	Easte	Ctrl+V		
🕈 📲 Rigid.10 (piest.1	Paste Special			
🕈 🌉 Rigid.11 (piest.2	Delete	Del		
+- Rigid.12 (piest.2	Revolute.13 ob	ject	▶ <u>D</u> efinition	
Joint Edition: Revolute.13 (Revolu	te)		?	x
Link warmen (De la state)]
Joint name: Revolute.13	loint geome	trv:		
Line 1: Part1.1/Pad.1	Li	ne 2: klukovy	/_hriadel.1/Solid.1	
Plane 1: Part1.1/Pad.1	Plar	e 2: klukovy	_hriadel.1/Solid.1	
Angle driven				
Joint Limits			2004-	
		opper limit:	loong	
			ок 🧕	Cancel

Obr. 5.2. Nastavenie rotačného pohybu

Ak chceme spustiť simuláciu, aktivujeme príkaz *Simulation with command* Ak sme nezadali všetky väzby potrebné k spusteniu simulácie, objaví sa hlásenie o chýbajúcich väzbách, pozri Obr. 5.3.

Kinematics Simulation - Mechanism.1	? ×
Mechanism: Mechanism.1	•
This mechanism cannot be simulated. If you wa - Add at least one command on a joint	nt to simulate it:

Obr. 5.3. Informácia o neumožnení simulácie

Ak sme však zadali všetky potrebné väzby a príkazy ku kinematickej simulácií, objaví sa hlásenie o schopnosti pohybovej simulácie mechanizmu, pozri Obr. 5.4.



Obr. 5.4 Informácia o umožnení simulácie

Po aktivácií príkazu *Simulation with commands* si môžeme nastaviť okrajové podmienky jednotlivých polôh pohybu a spustiť simuláciu pomocou dialógového okna, Obr. 5.5.

Kinematics Simulation - Mechanism,1		? ×
Mechanism: Mechanism.1		•
Command.1 0 360	0.0000	.
Activate sensors Plot vectors Reset Analysis		< <less< td=""></less<>
Simulation O Immediate 🔮 On request		
Number of steps: 100		
		Close

Obr. 5.5. Spustenie simulácie - Simulation with commands

Príkazom *Simulation* si vieme nastaviť krok pohybu simulácie, nekonečné opakovanie simulácie a iné obmedzenia, pozri Obr. 5.6.
Kinematics Simulation - Mechanism.1	? X
Command.1 0 360 0,0000	osition on exit
Edit Simulation ? ×	
Name: Simulation.2	
Animate viewpoint	
Insert Modify Delete Skip	
Automatic insert	
Interference Distance	
Off 🚽 Off 🛫	
Edit analysis Edit simulation objects	
Edit sensors	
OK OCancel	

Obr. 5.6. Nastavenie obmedzení simulácie - Simulation

Príkazom *Compile Simulation* dokážeme vytvoriť videozáznam simulácie spustiteľný v rôznych komerčných video prehrávačoch [7].

5.2 Príklad

Vytvoríme si jednotlivé základné časti kľukového mechanizmu v Mechanical Design – Part Design, z ktorých si v Assembly Design vytvoríme zostavu mechanizmu.



Obr. 5.7. Potrebné Part-y vytvorené v Part Design-e

Vhodnými väzbami (Constraints) v prostredí Assembly Design si vytvoríme zostavu podľa Obr. 5.8.



Obr. 5.8 Vytvorená zostava z vopred vytvorených Part-ov

Predtým ako sa prepneme do prostredia DMU Kinematics, je potrebné si ešte vytvoriť nový Part, ktorý neskôr ukotvíme príkazom Fix v priestore. Vzhľadom na tento novo vytvorený Part sa bude mechanizmus pohybovať. Vytvoríme si Part, ktorý bude predstavovať uchytenie kľukového mechanizmu, namodelujeme v ňom ložiská, v ktorých sa bude otáčať kľukový hriadeľ a os valca, po ktorej sa bude pohybovať piest, pozri Obr. 5.9.



Obr. 5.9. Zostava doplnená o nový Part – ložiská a os valca

Prepneme sa do prostredia DMU Kinematics. Prostredníctvom príkazu Assembly Constraint Conversion si vytvoríme nový mechanizmus stlačením príkazu New mechanism a následne Auto Create, pričom sa automaticky prekonvertujú väzby vytvorené v Assembly Design-e na kinematické. V strome operácií vznikol nový mechanizmus. V kolónke Joints v strome operácií môžeme vidieť prekonvertované väzby z Assembly Design. Príkazmi v súbore príkazov DMU Kinematics si v strome operácií si vhodne uväzbíme mechanizmus a odoberieme mu všetky stupne voľnosti. Vytvoríme (ak už nie sú vytvorené) si potrebné pevné, rotačné a cylindrické väzby (Joints) a jednu Fix Part.

Piest a piestny čap uväzbíme pomocou Rigid Joint 🗐 (pevná väzba), pozri Obr. 5.10. Tieto dve časti sa voči sebe nebudú pohybovať.



Obr. 5.10 Joint - Rigid

Ďalej nastavíme Revolute Joint 🖾 (rotačná väzba) medzi piestnym čapom a okom ojnice. Pri tejto väzbe je potrebné zadať okrem osí oboch telies aj vzájomnú polohu čelných plôch, pozri Obr. 5.11. Po aktivovaní Revolute v dialógovom okne zadáme os piestneho čapu a ojničného oka a čelnú plochu piestneho čapu a ojnice. V dialógovom okne zaškrtneme možnosť Offset a ponecháme nastavenú hodnotu. Ak je potrebné jednotlivé Party zostavy si môžeme skryť príkazom Show/Hide. Rovnakým spôsobom vytvoríme rotačnú väzbu medzi kľukovým hriadeľom a hlavou ojnice a medzi ložiskom a kľukovým hriadeľom.

Joint Creation: Revolute Mechanism: Mechanism.1 Joint name: Revolute.2 Current selection: Line 1: piestny cap.1/Transl. Line 2: Ojnica.1/Solid.1 Plane 3: piestny cap.1/Transl. Plane 2: Ojnica.1/Solid.1 Plane 3: Plane 4: OCCentered OK Cancel		
Mechanism: Mechanism.1 New Mechanism Joint name: Revolute.2 Current selection: Line 1: plestny cap1/Transl Line 2: Ojnica.1/Solid.1 Plane 1: piestny cap1./Transl, Plane 2: Ojnica.1/Solid.1 Null Offset Image: Plane 3: Plane 3: Plane 4: Ocentered Image: OK Cancel	Joint Creation: Revolute	? *
Joint name: Revolute.2 Line 1: plestny cap1/Transl Line 2: Ojnica.1/Solid.1 Plane 1: piestny cap1./Transl.Plane 2: Ojnica.1/Solid.1 O Null Offset @ Offset = -17mm @ Plane 3: - Plane 4: - O Centered Angle driven OK @ Cancel	Mechanism: Mechanism.1	New Mechanism
Line 1: plestny cap.1/Transl Line 2: Ojnica.1/Solid.1 Plane 1: piestny cap.1/Transl. Plane 2: Ojnica.1/Solid.1 Null Offset Image: Offset = -17mm Plane 3: - Plane 4: - Centered Image: OK Image: OK Cancel	Joint name: Revolute.2	
Angle driven Cancel Cancel	Current s Line 1: piestny cap.1/Trans1 Line 2: Ojnica.1/Solid Plane 1: piestny cap.1/Trans1.Plane 2: Ojnica.1/Solid Plane 3: - Plane 4: -	election: 1 1 0 Null Offset Offset = -17mm
OK Cancel	Angle driven	
		OK Gancel

Obr. 5.11. Joint – Revolute

Ďalej zadáme Cylindrical Joint 📽 (valcová väzba) medzi zvislou osou piesta a osou valca, ktorú sme vytvorili v novom Part-e s ložiskom, pozri Obr. 5.12.



Obr. 5.12. Joint – Cylindrical

Ešte je potrebné odobrať všetky stupne voľnosti Part-u, ktorý predstavuje ložisko a os valca príkazom Fix Part .

Strom operácií by teraz mal vyzerať podľa Obr. 5.13. Zadefinovali sme 1x Rigid Joint medzi piestom a piestnym čapom, 3 x Revolute Joint medzi piestnym čapom a okom ojnice, kľukovým hriadeľom a hlavou ojnice a ložiskom a kľukovým hriadeľom a 1 x Cylindrical Joint medzi osou piesta a osou valca. Ložisko a os valca sme uväzbili pomocou Fix Part.



Obr. 5.13. Strom operácií s vytvorenými väzbami

Ak máme vytvorené tieto väzby, potrebujeme ešte definovať pohyb kľukového hriadeľa. Pravým tlačidlom myši klikneme v strome operácií na rotačnú väzbu ložiska a kľukového

hriadel'a Revolute.5 (Lozisko a os valca, klukovy_hriadel.1), označíme Revolute Object – Definition..., pozri Obr. 5.14.



Obr. 5.14. Aktivácia nastavenia pohybu mechanizmu

Otvorí sa dialógové okno, Obr. 5.15. v ktorom zadáme príkaz Angle Driven, nastavíme požadovanú rotáciu a stlačíme OK.

Joint Edition: Revolute.5 (Revolute)	2 ×
Joint name: Revolute.5	
Joi	nt geometry:
Line 1: Lozisko a os valca/Solid.1	Line 2: klukovy_hriadel.1/Solid.1
Plane 1: Lozisko a os valca/Solid.1	Plane 2: klukovy_hriadel.1/Solid.1
Angle driven Joint Limits Lower limit: -360deg	Upper limit: 360deg OK Cancel

Obr. 5.15. Definovanie pohybu

Po správnom zadaní všetkých väzieb v tomto príklade a nastavení pohybu sa objaví okno s informáciou o možnosti simulácie mechanizmu, Obr. 5.16.



Obr. 5.16. Správne zadefinovaný mechanizmus

Prostredníctvom príkazu Simulation with command 2 rozpohybujeme mechanizmus. Po aktivácií príkazu Simulation with command sa otvorí dialógové okno, Obr. 5.17, v ktorom si spustíme simuláciu tlačidlom Play (možno bude potrebné si kurzorom myši presunúť posúvač do krajnej polohy a až potom spustiť simuláciu).

Kinematics Simulation - Mechanism.1		? ×
Mechanism: Mechanism,1		•
Command.1 -360	360 -360,0000	÷
Activate sensors Plot Reset Analy Simulation Immediate On request Number of steps: 200	vectors sis	< <less< td=""></less<>
		Close

Obr. 5.17. Spustenie simulácie – Simulation with command

Príkazom Simulation *môžeme nastaviť ďalšie obmedzenia simulácie. Po aktivovaní* príkazu Simulation sa otvorí dialógové okno, ktorom si označíme Insert nastavíme si vhodný krok simulácie a zaškrtneme Automatic insert, podľa Obr. 5.18.

lame: Sim	ulation.2				_
e	K	11	M	►	M
1,0	0		1		
Animat	e viewpoir	ıt			
Insert	Modi	fy	Delete		Skip
Autom	atic insert				
Interferen	ice	- IFI	Distance	87	
Off		- 0	ff		1
Edit an	alysis	Edit	simulat	tion ob	jects
	-	111120000			

Obr. 5.18. Nastavenie simulácie – Simulation

Ak by sme potrebovali vykonať kinematickú analýzu rozpohybovaného mechanizmu alebo jeho časti je potrebné po spustení príkazu Simulation with command ¹⁰ v dialógovom okne zaškrtnúť možnosť Activate sensors podľa Obr. 5.19.

Command.1 -360	360	-360.0000	
Activate sensors	Plot vectors		التقسا
Reser	Analysis		< <le< td=""></le<>
Simulation			
🔿 Immediate 🧕 On requ	uest		
Number of	steps: 80 👻		

Obr. 5.19. Aktivovanie senzorov na kinematickú analýzu

Po označení voľby "Analysis…" sa otvorí okno podľa Obr. 5.20, v ktorom si môžeme aktivovať požadované senzory na jednotlivých častiach mechanizmu. Stlačením voľby Graphics v kolónke Outputs v tomto dialógovom okne sa zobrazí kinematická analýza zobrazená príslušnou krivkou v 2-osom grafe, Obr. 5.21.

Sensor		Unit	Observed	1
Mechanism.1\Joints\Revolute.	13\Angle	Degree	Yes	1
Mechanism.1\Joints\Revolute.	14\Angle	Degree	No	
Mechanism.1\Joints\Revolute.	15\Angle	Degree	No	Ξ
Mechanism.1\Joints\Revolute.	16\Angle	Degree	No	
Mechanism.1\Joints\Revolute.	17\Angle	Degree	No	
Mechanism.1\Joints\Revolute.	18\Angle	Degree	No	
Mechanism.1\Joints\Revolute.	19\Angle	Degree	No	
Mechanism.1\Joints\Revolute.	20\Angle	Degree	No	
Mechanism.1\Joints\Revolute.	21\Angle	Degree	No	
Mechanism.1\Joints\Cylindrica	al.22\Length	Millimeter	No	,
Deselect A	u [Select Al	1	
Display Options		O Limited	1	Li
Detect Clashes	Check Limits			
Automatic O Interferences	Off	On O	Stop	
and the second second second	Outputs			_
	ouchars			

Obr. 5.20 Výber požadovaných senzorov na kinematickú analýzu



Obr. 5.21. Kinematická analýza vybranej časti mechanizmu

Príkazom Compile simulation vytvoríme a uložíme videozáznam. Je potrebné v dialógovom okne zaškrtnúť voľbu Generate an animation file, zadať názov videa a vybrať si úložný priestor.



Obr. 5.22. Vytvorenie videozáznamu – Compile simulation



Obr. 5.23. Vytvorený videozáznam spustiteľný v komerčných prehrávačoch

6 Pevnostná analýza

Ak potrebujeme vykonať pevnostnú analýzu namodelovaného virtuálneho telesa, resp. zostavy, môžeme ju vykonať prostredníctvom modulu *Generative structural analysis*. Do príslušného prostredia sa prepneme pomocou *Start – Analysis&Simulation – Generative Structural Analysis*. Predtým ako sa do pracovného prostredia prepneme, je nutné mať vypracovaný model telesa/zostavy s priradenými vhodnými materiálmi.

6.1 Generative Structural Analysis

Príkazom *Isostatic Restraint* **v**, ktorý nájdeme v súbore príkazov *Restraint* danému telesu automaticky odoberieme všetky stupne voľnosti – podoprieme ho. Tento príkaz má však tú nevýhodu, že nevieme v ktorých miestach sú odobraté aké stupne voľnosti. Ak potrebujeme presne ukotviť teleso v presne nami zadaných bodoch, môžeme použiť príkaz

User-defined Restraint , pomocou ktorého si ukotvíme teleso v miestach, kde potrebujeme a odoberieme mu také stupne voľnosti, aby bola analýza korektná. Ak sa rozhodneme pre túto možnosť, pred tým ako aktivujeme príkaz *User-defined Restraint* potrebujeme si vytvoriť virtuálne časti modelu v miestach, kde potrebujeme teleso ukotviť a odobrať potrebné stupne voľnosti. Tieto virtuálne časti vytvoríme pomocou príkazu *Smooth*

Virtual Part , ktorý nájdeme v súbore príkazov *Virtual Parts*. Po aktivovaní príkazu *Smooth Virtual Part* sa otvorí dialógové okno, v ktorom je potrebné zadať miesto podoprenia telesa. Následne aktivujeme príkaz *User-defined Restrait* a v danom mieste podoprenia môžeme odobrať požadované stupne voľnosti, ktoré si zaškrtneme v otvorenom dialógovom okne [6].

Po korektnom ukotvení a zaťažení virtuálneho modelu môžeme spustiť pevnostný výpočet príkazom *Compute*

Príkazmi v súbore *Image* si vieme pevnostný výpočet vizualizovať. Príkazom *Deformation* si vizualizujeme deformáciu telesa, príkazom Von Mises Stress napätia podľa hypotézy *Von Mises*, príkazom *Displacement* suzlové premiestnenia a príkazom *Principal Stress* hlavné napätia. Príkaz *Precision* slúži na vizualizáciu odhadovanej chyby výpočtu. V miestach s veľkou odhadovanou chybou je potrebné zmenšiť veľkosť elementov (metóda konečných prvkov).

Veľkosť elementu si môžeme pozrieť a nastaviť pomocou stromu operácií. Dvojitým kliknutím ľavým tlačidlom myši na *OCTREE Tetrahedron Mesh* sa otvorí dialógové okno, v ktorom si môžeme nastaviť požadovanú veľkosť elementu.



Obr. 6.1. Nastavenie veľkosti elementu

Ak je postačujúce zmeniť veľkosť elementu iba v miestach s veľkou odhadovanou chybou výpočtu, môžeme použiť príkaz *Local Mesh Size*, ktorý nájdeme v súbore príkazov *Model Manager*. Pomocou tohto príkazu dokážeme zjemniť veľkosti elementov na požadovanú hodnotu iba v miestach modelu s najväčšou odhadovanou chybou a opätovne spustiť výpočet príkazom *Compute*.

V súbore príkazov *Analysis Tools* V súbore príkazov *Analysis Tools* V súbore príkazov *Analysis Tools* N súbore príkazom *Animate* O dokážeme spustiť animáciu deformácie modelu, príkazom *Cut Plane Analysis* M model analyzovať po celom priereze,

príkazom *Amplification Amplitude* meniť mierku deformácií, *Image Extrema* zobraziť globálne a lokálne maximum či minimum napätia.

Príkazom *Generate Report* isi môžeme vygenerovať technickú správu pevnostnej analýzy s príslušnými vlastnosťami zvolených materiálov, vstupných podmienok výpočtu a vypočítanými hodnotami a názornými obrázkami.

V prípade pevnostných analýz virtuálnych zostáv je potrebné definovať spojenia medzi jednotlivými *Part*-ami virtuálnej zostavy jednotlivými príkazmi v súbore príkazov

Analysis Supports Supports Properties is zadefinujeme potrebné vlastnosti v spojeniach (lisovaný spoj, klzné uloženie, ...).

Následne môžeme zostavu a/alebo jednotlivé telesá v nej ukotviť podľa potreby pomocou súboru príkazov *Restraint* , zaťažíme požadovanými silami, momentmi a tlakmi a spustíme výpočet príkazom *Compute*. Súbormi príkazov *Image* a *Analysis Tools* vizualizujeme a analyzujeme výsledky dosiahnuté pevnostným výpočtom. Príkazom *Generate*

Report vygenerujeme technickú správu z prevedenej pevnostnej analýzy [6].

6.2 Príklad

Pevnostná analýza telesa

V prostredí Mechanical Design – Part Design si vytvoríme potrebný model telesa, na ktorom potrebujeme vykonať pevnostnú analýzu a priradíme mu materiál s požadovanými vlastnosťami. Následne sa prepneme do prostredia Generative structural analysis, Start – Analysis&Simulation – Generative Structural Analysis.



Obr. 6.2. Vytvorený model telesa

Pre jednoduchosť si teleso podoprieme pomocou príkazu Isostatic Restraint \checkmark , ktorý nájdeme v súbore príkazov Restraints \checkmark Ak by sme potrebovali presnejšie podoprieť teleso tak, že v rôznych miestach odoberieme telesu rôzne stupne voľnosti, použime príkaz User-defined Restraint \checkmark . Ak by sme potrebovali uväzbiť teleso presne pomocou príkazu User-defined Restraint, je potrebné vytvoriť tzv. virtuálne dielce Smooth Vitual Part

ktoré nájdeme v súbore príkazov Virtual Parts . Po vytvorení virtuálnych častí v miestach telesa, kde mu potrebujeme odobrať konkrétne stupne voľnosti, môžeme zadať príkaz User-defined Restraint a v dialógovom okne zadáme odobratie konkrétnych stupňov

voľnosti. Zadáme príkaz Smooth Virtual Part A, a označíme miesta, kde potrebujeme vytvoriť tieto virtuálne časti potrebné na odobranie jednotlivých stupňov voľnosti. Následne zadáme príkaz User-defined Restraint a zadáme požadované odobratie stupňov voľnosti v jednotlivých vytvorených virtuálnych časti – Virtual Smooth Part-och.

Ak už máme teleso podopreté či už všeobecne pomocou Isostatic Restraint alebo presne pomocou User-Defined Restraint, môžeme ho zaťažiť rôznymi tlakmi, silami a akceleráciami.

Bearing Load
Name Bearing Load.1
Supports No selection
Axis System
Type Global 💌
Display locally
- Force Vector
Norm 32000N
x -32000N
YON
ZON
Angle 180deg
Orientation Radial
Profile
Type Sinusoidal
Distribution Outward
Cancel

Obr. 6.3. Dialógové okno príkazu Bearing load

V tomto okne je potrebné zadať vektor sily a miesto pôsobenia zvoleného zaťaženia. Môžeme si zvoliť napr. miesto pôsobenia vo vnútornej valcovej ploche telesa a veľkosť sily napr. 32000 N, podľa Obr. 6.4.

l l	Bearing Load
	Name Bearing Load.1
	Supports 1 Face
	Axis System
	Type Global
	Display locally
	Force Vector
	Norm 32000N
	x -32000N
	Y ON
	ZON
	Angle 180deg
	Orientation Radial
	Profile
	Type Sinusoidal
	Distribution Outward
	OK OCancel

Obr. 6.4. Zadávanie parametrov zaťaženia Bearing load

Druhú stranu telesa zaťažíme napr. tlakom. Zo súboru príkazov Loads si vyberieme príkaz Pressure 🙆 a zadáme veľkosť a miesto pôsobenia tlaku v dialógovom okne, pozri Obr. 6.5.

Pressure Name Pressure 1 Supports No selection Pressure 5e+006N_m2 Data Mapping OK Cance

Obr. 6.5. Zadávanie parametrov zaťaženia Pressure

Všetky zadané zaťaženia sa rovnako ako u predošlých prostrediach ukladajú v strome operácií a možno sa k nim kedykoľvek vrátiť a spresniť ich. Na telese sa tieto zaťaženia zobrazia príslušným označením, Obr. 6.6 a 6.7.



Obr. 6.6. Zadané zaťaženie v strome operácií



Obr. 6.7. Zobrazenie zaťaženia na telese

Ak sme teleso zaťažili všetkými potrebnými silami a tlakmi resp. zrýchleniami, môžeme spustiť výpočet. Pevnostný výpočet zaťaženého telesa spustíme pomocou príkazu Compute po spustení príkazu Compute sa objaví príkazové okno, v ktorom si môžeme určiť rozsah výpočtu, Obr. 6.8.



Obr. 6.8. Zadanie rozsahu pevnostného výpočtu

Po určení rozsahu výpočtu, napr. po zadaní All (všetko) sa objaví informácia o požadovaných nárokoch hardvéru na výpočet. Po akceptovaní týchto odhadovaných nárokoch na hardvér počítača sa spustí samotný pevnostný výpočet.

0.01 s of CPU	
319 kilo-bytes of memory	
391 kilo-bytes of disk	
Do you want to continue the computat	tion?
	Yes No

Obr. 6.9. Odhad požadovaných nárokov na hardvér

Po dokončení pevnostného výpočtu si môžeme nechať vizualizovať rôzne deformácie, napätie, globálne a lokálne extrémy, odhadované chyby výpočtu a rôzne ďalšie analýzy.

Príkazom Deformation 4, ktorý nájdeme v súbore príkazov Image 4 La La si dokážeme zobraziť deformácie telesa zaťaženého zadanými tlakmi a silami, Obr. 6.10.



Obr. 6.10. Zobrazenie deformácií

Na zobrazenie mechanických napätí podľa hypotézy Von Mises zaťažovaného telesa použijeme príkaz Von Mises Stress zo súboru príkazov Image, Obr. 6.11.



Obr. 6.11. Zobrazenie mechanických napätí Von Mises

Rovnakým spôsobom si môžeme nechať zobraziť posunutia uzlových bodov príkazom Displacement A hlavné napätia príkazom Principial Stress A alebo odhadovanú chybu výpočtu napätia zaťažovaného telesa príkazom Precision A, všetky zo súboru príkazov Image. Ak by sa vyskytla pomerne veľká odhadovaná chyba výpočtu napätí a je potrebné vykonať lokálnu zmenu veľkosti elementu výpočtovej siete, použijeme príkaz Local Mesh Size 20 súboru príkazov Model Manager 20 20 20 20 a označíme plochy na telese s veľkou odhadovanou chybou výpočtu. Po zmenení parametrov výpočtovej siete je potrebné opätovne spustiť pevnostný výpočet, príkazom Compute 20 Ak by bola potrebná zmena nastavení glogálneho elementu siete, zmenu vykonáme pomocou stromu operácií. Otvoríme si ponuku Nodes and Elements, pravým tlačidlom myši označíme OCTREE Tetrahedron Mesh. 1 a v ňom označíme Definition, pozri Obr. 6.12.



Obr. 6.12. Nastavenie veľkosti elementu výpočtovej siete

Následne sa otvorí dialógové okno, v ktorom si môžeme upraviť globálnu veľkosť elementu siete podľa potreby výpočtu, Obr. 6.13.

ize:	24,251mm	
🖬 Absolute sag:	3,88mm	
Description of a	0.0	

Obr. 6.13. Nastavenie elementu výpočtovej siete

Podobným spôsobom si môžeme upraviť lokálnu veľkosť elementu, ak pravým tlačidlom myši označíme Local Mesh Size – Definition, Obr. 6.14.

Analysis Manager Links Manager.1			
🗢 🗥 Finite Element Mode	el.1		
Pipe Nodes and Eleme	ents		
🔶 🥠 OCTREE Tetra	hedron Mesh.1 : I	Part1	
Local Mes	Center graph		
Properties.1	Reframe On		
🔶 😇 Materials. 1	Bide/Show		
📥 \Lambda <u>Static Case</u>	Properties	Alt+Enter	
🔶 📜 Restraints.1	Dpen Sub-Tree		
🔶 🐼 Loads. 1	🔏 Cu <u>t</u>	Ctrl +X	
🔶 🛟 Static Case S	💼 Сору	Ctrl+C	
🔶 🕕 Sensors. 1	Paste	Ctrl +V	
-	Paste <u>S</u> pecial		
	<u>D</u> elete	Del	
	<u>L</u> ocal Mesh Size	1 object 🔹 🕨	<u>D</u> efinition

Obr. 6.14. Zmena parametrov lokálnej výpočtovej siete

Na zobrazenie globálneho, príp. lokálnych extrémov mechanických napätí použijeme príkaz

Image Extrema 🦉 v súbore príkazov Analysis Tools 🗗 🥎 🖼 🌽 🦉 🤹 🤹 pozri Obr. 6.15.



Obr. 6.15. Označenie extrémov mechanických napätí

Príkazom Animate zo súboru príkazov Analysis Tools si môžeme spustiť animáciu priebehu deformácií, pozri Obr. 6.16.



Obr. 6.16. Animácia priebehu deformácií

Na zmenu mierky zobrazovaných deformácií môžeme použiť príkaz Amplification Magnitude zo súboru príkazov Analysis Tools. Na analyzovanie rozloženia napätí v priereze danej súčiastky použijeme príkaz Cut Plane Analysis , taktiež zo súboru Analysis Tools, Obr. 6.17.



Obr. 6.17. Zobrazenie rozloženia napätí v priereze telesa

Na vygenerovanie technickej správy použijeme príkaz Generate Report \square , ktorý nájdeme v súbore príkazov Analysis Results \square \square \square \square . Po zadaní príkazu Gerenate Report sa objaví dialógové okno, v ktorom zadáme názov technickej správy a miesto uloženia v počítači. Následne sa vygeneruje technická správa z vypracovanej pevnostnej analýzy telesa.

Pevnostná analýza zostavy

Pomocou Assembly Design si vytvoríme zostavu telies z vytvorených Part-ov s priradenými materiálmi a prepneme sa do Generative structural analysis, rovnako ako pri predošlom príklade. Je potrebné však v Assembly Design-e definovať aj kontaktné väzby medzi telesami, ktoré majú medzi sebou stály kontakt. Tieto kontaktné väzby v Assembly designe vytvoríme pomocou príkazu Contact Constraint *v súbore príkazov Constraints*



Obr. 6.18. Vytvorený model zostavy

Na rozdiel od pevnostnej analýzy telesa, pri pevnostnej analýze zostavy telies je potrebné okrem odobratia stupňov voľnosti a zaťaženia zostavy definovať aj väzby medzi jednotlivými telesami aj v prostredí Generative structural analysis. Často sa používajú tzv. všeobecné spojenia General analysis conection 差, ktoré nájdeme v súbore príkazov Analysis Supports Tieto všeobecné spojenia nám zachytia jednotlivé telesá medzi sebou. Zadáme príkaz General analysis conection a označíme plochy, medzi ktorými má byť definované spojenie (nemusia sa vzájomne dotýkať). Ak potrebujeme definovať aj spojenie dvoch telies s presahom, použijeme na to príkaz Pressure Fitting Connection Property ktoré nájdeme v súbore príkazov Connection Properties 🔍 🗊 🦈 Následne sa otvorí dialógové okno, v ktorom si môžeme zadefinovať veľkosť presahu a potrebné všeobecné spojenie, ktoré sme definovali v predošlom kroku, ktoré má byť s presahom. Na našej zostave telies si môžeme všeobecné spojenia zadefinovať podľa Obr. 6.19. Definujeme všeobecné spojenie medzi čelnými plochami čapu a telesa vidlice, ďalej medzi vnútornou čelnou plochou vidlice a čelnom plochou oka tiahla a všeobecné spojenie medzi vnútornou valcovou plochou oka tiahla a vonkajšou plochou čapu.



Obr. 6.19. Všeobecné spojenia

Spojenie s presahom si môžeme zadefinovať pomocou všeobecného spojenia medzi vnútornou plochou oka tiahla a vonkajšou plochou čapu, Obr. 6.20. Označíme si príkaz Pressure Fitting Connection Properties a označíme požadované všeobecné spojenie, v ktorom sa má definovať spojenie s presahom.



Obr. 6.20. Spojenie s presahom

Nesmieme zabudnúť na odobratie stupňov voľnosti či už pomocou príkazu Isostatic Restrait alebo User-defined Rastraint (pomocou Smooth Virtual Part), podobne ako bolo popísané v predošlom príklade pevnostnej analýzy telesa. Ak by bolo na zostave potrebné vytvoriť aj klznú väzbu medzi telesami, vykonáme ju pomocou klzného spojenia Surface Slider , ktoré nájdeme v súbore príkazov Restraints . Označíme príkaz Surface Slider a klikneme napr. na valcovú plochu tiahla, čím zadáme klznú väzbu.

Potom, ak už máme odobraté stupne voľnosti na požadovaných miestach a priradené všetky požadované väzby a spojenia medzi jednotlivými telesami resp. plochami, môžeme zostavu zaťažiť momentmi, silami a tlakmi podľa potrieb pevnostnej analýzy a spustiť výpočet rovnako ako v predošlom príklade. Ďalej možno vykonať analýzu pevnostného výpočtu, zobrazením deformácií a iných údajov opísaných v predošlom príklade.

7 Ďalšie možnosti a nastavenia programu

V nasledujúcej kapitole sú popísané niektoré možnosti programu upravujúce grafické a vizualizačné prostredie na tvorbu efektnejších grafických výstupov a prezentácií potrebných na lepšie grafické prezentovanie vytvorených 3D modelov. Okrem základných nastavení, ktoré boli ozrejmené v predošlých kapitolách tejto publikácie, CATIA ponúka aj ďalšie nastavenia a možnosti, z ktorých základné a najviac používané sa pokúsime opísať v nasledujúcej kapitole.

Nie všetkým užívateľom programu môže vyhovovať prednastavené grafické prostredie podkladu, v ktorom sa má vytvárať 3D model. Na zmenu tohto nastavenia klikneme na *Tools* v hornom roletovom menu a v ňom na možnosť *Options*. Otvorí sa príkazové okno, Obr. 7.1. Na ľavej strane okna je zobrazený strom nastavení, v ktorom si nastavíme možnosť *Display*. Tu si môžeme nastaviť farbu pozadia aj iné grafické možnosti zobrazovania telies a hrán.

options	Navigation Performance Visualization Layer Filter Thickness & Font
General General General General Compatibility Parameters and Measu Devices and Virtual Res Mechanical Design Mechanical Design Analysis & Simulation AEC Plant Machining Digital Mockup	Colors Graduated color background Background Selected elements Selected elements Preselected element linetype Low-intensity elements Update needed Handles Surfaces' Boundaries Depth display Display all elements using Z-buffer depth
Digital Process for Manuf	Anti-allasing Edges/Lines Offset 0,2 Full Scene Super Sampling 4x

Obr. 7.1. Nastavenie grafického prostredia a zobrazovania

Pre efektné a vizualizačne príťažlivejsšie zobrazenie vytvoreného 3D modelu, za účelom grafickej prezentácie, môžeme použiť zmenu nasvietenia modelu. V hornom roletovom menu označíme *View* a v ňom *Lighting*. Otvorí sa okno, Obr. 7.2, v ktorom si

môžeme nastaviť počet a typ zdrojov svetla, ako aj ich polohu a okolie nasvietenia, rozptyl a lesk odrazu zdroja svetla.



Obr. 7.2. Nastavenie nasvietenia

Ďalšou možnosťou ako zdokonaliť prezentáciu vytvoreného modelu je umiestnenie vlastnej fotografie z počítača na pozadie pracovnej plochy. Túto možnosť je možné vykonať prostredníctvom príkazu *Photo Studio Easy Tools* v súbore *Render* na pracovnej ploche prostredia *Mechanical Design – Part Design*.

Ďalšia často používaná možnosť je voľba kolmého pohľadu a pohľadu z perspektívy. Voľbu medzi týmito dvoma možnosťami si vyberieme pomocou horného roletového menu *View – Render Style*. V tomto menu nájdeme aj ďalšie možnosti zobrazenia telies. Podobné možnosti ponúkajú aj príkazy *Examine Mode, Fly Mode* a *Walk Mode,* ktoré upravujú režim náhľadu na teleso resp. zostavu. Tieto režimy je možné aktivovať cez roletové menu *View – Navigation Mode* alebo priamo pomocou ikon na pracovnej ploche v súbore príkazov *View*

🏂 🖶 💠 🖙 🔍 🔍 🍰 🖪 🔂 🖉 💆

Ak sa pri práci pri vytváraní virtuálneho modelu stane, že sa stratí model v pracovnom priestore a nedarí sa nám ho nájsť, je možné použiť príkaz Fit All In 🔂. Po jeho aktivovaní sa na stred pracovnej plochy vráti vytváraný virtuálny model.

Pre názornú ukážku vytvoreného modelu vo viacerých kolmých priemetoch na spoločnej pracovnej ploche použijeme príkaz *Create Multi View*, zo súboru príkazov *View*. Znázornia sa 3 kolmé priemety a jeden priestorový priemet. Pracovná plocha sa rozdelí do 4 kvadrantov a z každým priemetom sa teraz dá pracovať/prehliadať samostatne, Obr. 7.3.



Obr. 7.3. Rozdelenie pracovnej plochy do 4 kvadrantov - Multi View

Veľmi užitočným príkazom je aj príkaz *Sectioning* , ktorý nájdeme v súbore príkazov *Space Analysis* . Je to príkaz na vytváranie rezov priamo v 3D priestore a slúži na lepšie zobrazenie zakrytých častí telesa resp. zostavy. Po zadaní príkazu sa objaví okno, v ktorom si môžeme zvoliť orientáciu rezu, zobrazenie, resp. nezobrazenie rezovej roviny a iné parametre.



Obr. 7.4. Priestorový rez zostavy

Veľmi často je potrebné premerať si vytvorený model, prípadne určiť plošný obsah jednotlivých plôch, určiť vnútorný objem alebo iné vlastnosti ako napr. moment zotrvačnosti príp. iné. Na zistenie týchto vlastností a parametrov použijeme niektorý príkaz zo súboru príkazov *Measure*

Ďalšie užitočné pokročilejšie príkazy pre prehľadnejšiu vizualizáciu ako aj príkazy pre presnejšiu tvorbu komplikovaných konštrukcií mechatronických systémov a ich rôznych analýz uživatelia programu CATIA V5 získajú v priebehu samostatných individuálnych zadaní.

Záver

V tejto publikácií sú zahrnuté a ozrejmené iba základné a najviac používané príkazy v programe *CATIA V5* potrebné na základné úkony virtuálneho prototypovania 3D modelu telesa resp. zostavy telies. Je tu objasnená tvorba virtuálneho 3D modelu telesa, tvorba virtuálnych zostáv mechanizmov, vygenerovanie výkresovej dokumentácie, vykonanie kinematickej animácie a analýzy a vykonanie pevnostných výpočtov pomocou metódy konečných prvkov.

Dúfam, že táto publikácia bude nápomocná všetkým študentom a záujemcom, ktorí majú snahu naučiť sa základom virtuálneho prototypovania v modernom *CAx* programe *CATIA V5*, ktorý je dnes veľmi aktuálny a intenzívne využívaný v automobilovom, leteckom, ale aj v spotrebnom priemysle.

Na záver chcem zaželať všetkým čitateľom a užívateľom tejto publikácie veľa zdaru pri tvorbe vlastných virtuálnych prototypov, veľa trpezlivosti pri tvorbe vlastných virtuálnych inžinierskych analýz, ako aj veľa zdravia a veľa študijných, pracovných aj osobných úspechov nielen v oblasti virtuálneho prototypovania.

Juraj Matej

Zoznam použitej literatúry

- [1] Fabian,M.: CAD 3D modelovanie v CATIA V5, Strojnícka fakulta TU v Košiciach,
 2008, ISBN 978-80-553-0095-5
- Fabian, M., Spišák, E.: Navrhování a výroba s pomocí CA.. techonologií, Brno 2009, ISBN 978-80-85825-65-7
- [3] Maixner, L.: Mechatronika, Computer Press, Brno 2006, ISBN 80-251-1299-3
- [4] DYTRON SLOVAKIA, s.r.o, Popredný dodavateľ PLM riešení, dostupné na WWW: http://www.dytron.sk/catia-popis/catia-v5.aspx
- [5] DS CATIA Version 5 Release 20, Dassault Systemes 1999-2009, Catia documentation, dostupné na WWW: http://catiadoc.free.fr/online/CATIA_P3_default.htm
- [6] Technodat, Integrátor komplexných CAx/PLM riešení, dostupné na WWW: http://www.technodat.sk/catia-v5-a-fem
- [7] Engineering Design and Product Innovation, dostupné na WWW: http://engineeringinventions.blogspot.sk/2012/01/dmu-kinematics.html