



Grafické systémy II (GSII)

340-0337/01

Podklady k předmětu, jehož obsahem je rozšíření si znalostí v oblasti počítačového 3D modelování ve strojírenství. Dokument se zaměřuje na špatné návyky studentů, kteří již mají základní znalosti s ovládáním programu od společnosti Autodesk – Inventor (verze 2019 a nižší).

Autor: Tomáš Kubín

Ostrava, 2019





Obsah

1. Úvod.....	3
2. Orientace modelu a sestavy.....	3
3. Náčrt	5
4. Prvky.....	11
5. Sestavy	17



1. Úvod

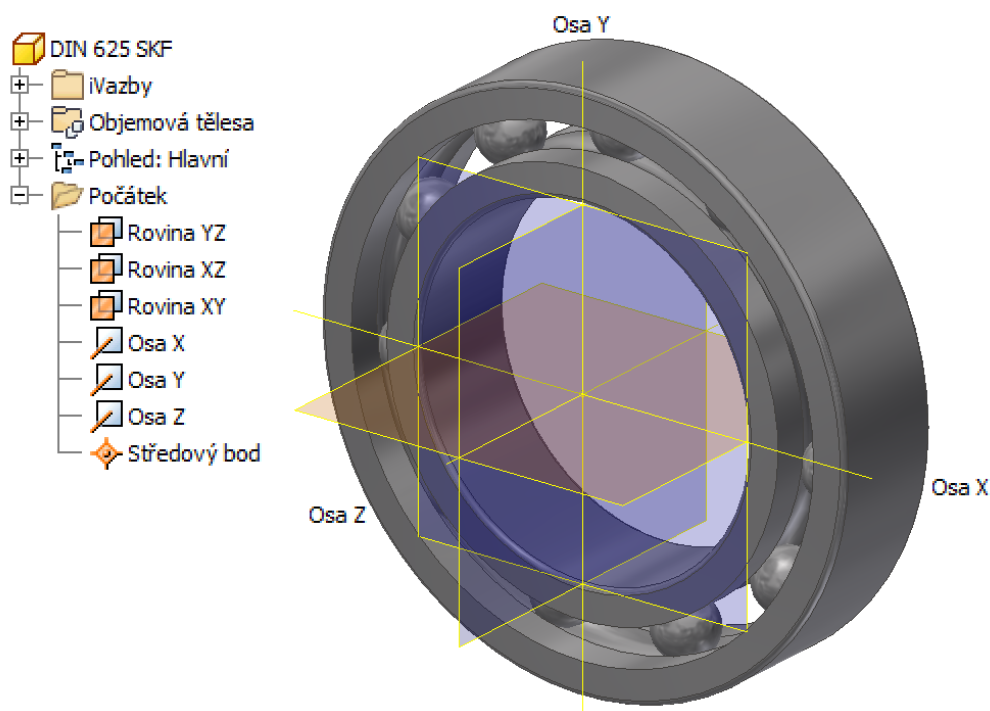
Výukou, která je zaměřena na konstruování pomocí 3D softwarů, se zabývám již 15 let. Především mám zkušenosti s programem „Inventor“ od společnosti Autodesk, který je zároveň i výukovým nástrojem v předmětu Grafické systémy II. Záměrně píši o výukovém nástroji, protože základní chybou, která se ve spojitosti se softwary dělá je, že dochází k výuce samotných softwarů a ne toho, k čemu mají softwary sloužit. V našem případě se jedná o konstruování. Máte-li základní znalost nebo zkušenost s výukou jakéhokoliv 3D CAD systému, tak ruku na srdce, jak tato výuka probíhala? Ze zkušeností vím, že se často vysvětlilo jen prostředí, co která ikonka dělá a to se na nějakém příkladu vyzkoušelo. Jako nejvyšší stupeň prokázání schopností, se dal studentům výkres součásti nebo sestavy s požadavkem na převedení do 3D. Výsledek byl většinou posuzován jen opticky a nikoho nezajímalo, jak jsou modely vytvořené, jak se dají dále použít (upravovat). Já osobně jsem se setkal na škole s pedagogem, který posuzoval model součásti s ohledem na to, na jaký nejmenší počet kroků byl vytvořen. Dnes jako konstruktér vím, že to bylo zcela špatně. Bohužel většinou výuku na středních a vysokých školách zajišťují pedagogové a ne zkušení konstruktéři. Vývoj v softwarech je obrovský. Před třiceti lety se kreslilo ručně na prknech a zároveň se využívalo 2D kreslení prostřednictvím počítačů. Jenže lidé, kteří vyrostli u prkna, používali 2D CAD jako elektronické prkno. Přičemž i tady je velký rozdíl v technice kreslení. Před dvaceti lety se můžeme setkat s možností 3D modelování. A opět docházelo k tomu, že staré techniky se uživatelé snažili roubovat na nové technologie. Dnes se začíná realizovat ve strojírenském konstruování informační modelování. Projekty jsou bez tradiční výkresové dokumentace. Výroba využívá 3D modely, které jsou prostorově kótovány. Snažme se tedy plnohodnotně využít to, co nám dřívější i dnešní technologie nabízí tak, aby naše činnost byla maximálně produktivní.

Tento výukový materiál si neklade za cíl naučit Vás na pár stránkách konstruovat, ale pouze shrnuje základní chyby a špatné návyky, které studenti mají, když je někdo učil pouze software. Budeme si také ukazovat pouze software „Inventor“, ale tak, abyste byli o něco produktivnější. Máte-li zájem naučit se konstruovat, tak jděte studovat konstruování a staňte se konstruktérem!

2. Orientace modelu a sestavy

Se správnou orientací modelu si nikdo hlavu neláme. Dokonce se dá říci, že mnozí uživatelé ani neví, že se dá díl nebo sestava v prostoru přesně zakotvit. Toho se dá následně využít při dalším konstruování, určování těžiště, při týmovém modelování, při vkládání vazeb, výměně komponent, atd.

Na obrázku **obr. 1** je ložisko vytažené z obsahového centra. Na tomto ložisku jsou zobrazeny (zaplá viditelnost) roviny a osy počátku. Je možné si všimnout, že přesto, že je ložisko symetrické ve třech rovinách (bez ohledu na kuličky), je jeho poloha orientována symetricky pouze ve dvou rovinách. Rovina XY leží na čele ložiska. Není to náhoda, ale záměr tvůrců dílů v obsahovém centru. Důvodem je jednak vytvoření parametrické součásti (bude vysvětleno později), a jednak ohled na funkci a použití uživatelem. Když takové ložisko budete umisťovat správně na hřídel, využijí se vazby v podobě osa Z na osu hřídele a rovina XY na čelo osazení na hřídeli. Následně je vhodné použít vazbu roviny YZ s totožnou rovinou na hřídeli, aby se v řezu vykreslila minimálně jedna kulička ložiska.



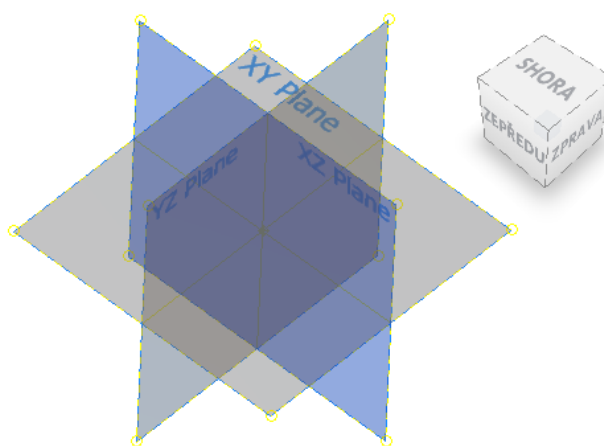
Obr. 1 – Orientace ložiska v souřadném systému

Studenti převážně používají vazby s použitím přímé geometrie na tělesech. Takže v tomto případě by zvolili válcovou plochu ložiska a nějakou válcovou plochu hřídele (osa na osu) a následně libovolnou čelní stranu ložiska s čelem osazení hřídele. Případně by využili jedné vazby vložit

(osazení na osazení). Dosáhne se tím relativně stejného výsledku. Problém vesměs nastává, když se změní typ ložiska. Program začne hlásit ztrátu vazby – chyby, které je nutno opravit.

Je dobré si vžít návyky v podobě vytváření součástí ne jen podle symetrie, ale i s ohledem na následné vazby v sestavě (funkci součásti), tak, aby se maximálně využila možnost použít osy a roviny počátku. Když se modeluje hřídel, tak je vhodné osu umísťovat do směru osy Z, protože prvky obsahového centra jsou také orientovány v tomto směru.

Další zvyklostí je osu Z orientovat v sestavách jako vertikálu a osy X a Y jako horizontální. Kladný směr osy Z by měl směřovat proti tíhové síle součásti umístěné v reálném prostředí. Potom bude možno plně využít nástroj **ViewCube** (viz **obr. 2**).




Obr. 2 – Orientace sestav

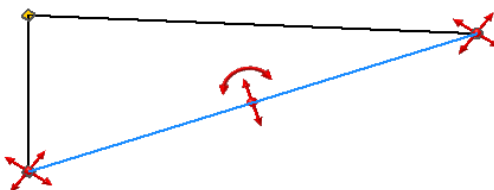
V běžné konstruktérské praxi se nemodelují součásti zvlášť a následně se vkládají do sestav, ale konstruuje se tak, že se jednotlivé součásti tvoří přímo na již vzniklé konstrukci. Orientace je pak vázána přímo na součást, pomocí které byla vytvořena. To znamená, že dá-li se vytvořit nová součást v sestavě, chce software po uživateli, aby definoval rovinu XY nově vznikající součásti. Toho jde dosáhnout poklepem na kteroukoliv již vzniklou plochu na sestavě. Tím dojde ke sjednocení orientace pouze těchto dvou rovin. Aby došlo k převzetí celé orientace referenční součásti, je nutné zvolit přímo rovinu XY z počátku referenční součásti.

3. Náčrt

Vazby náčrtu

Snad nejběžnějším pochybením, jehož se studenti dopouští, je náčrt, který nemá plný počet vazeb. To znamená, že jeho prvky mají určité stupně volnosti – chybí kóty nebo vazby. Informaci o chybějících vazbách a kótách poskytuje inventar v každém aktivním náčrtu v pravém dolním rohu ve formě textové informace – **Potřebný počet kót: 5**. Tato konkrétní informace znamená, že je nutné přidat pět kót, respektive vazeb. Není vždy nutné dosáhnout plného počtu vazeb u celého náčrtu, ale vždy u prvků, které se přímo využívají pro další modelování (zpravidla nemusí mít plný počet vazeb konstrukční čára nebo osa, není-li její parametr určující).

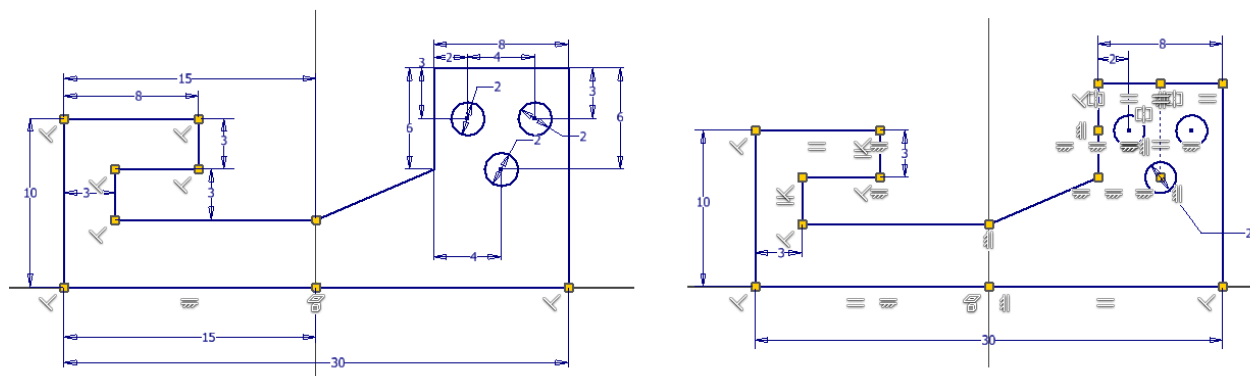
Pro zobrazení volnosti jednotlivých prvků náčrtu slouží funkce: **Zobrazení nebo skrytí symbolů stupňů volnosti** . Nachází se v aktivním náčrtu uprostřed dolního řádku. Pokud je potřeba zjistit stupně volnosti pouze určitých prvků, lze využít možnosti výběru prvků a pod nabídkou pravého tlačítka na myši zvolit možnost „zobrazit stupně volnosti“ (viz **obr. 3**).



Obr. 3 – Zobrazení volnosti úsečky v náčrtu

Zneužívání parametrických vazeb

Potřeba odstranění volnosti v náčrtech, mnohdy vede u studentů ke zneužívání parametrických vazeb. Nesmyslně jsou kótovány opakovaně symetrické rozměry, kolmé úhly, nulové vzdálenosti, stejné průměry otvorů, oblouků, úkosů atd. Zjednodušeně řečeno, tam kde je možné použít vhodnou geometrickou vazbu je vložena vazba parametrická. Srovnání zakótovaného náčrtu s převahou parametrických vazeb oproti geometrickým je na **obr. 4**. Na pravé straně je náčrt jen s nejnutnějšími parametry. Výhodou je rychlá editace, popřípadě řízení parametrickou tabulkou. Pro využívání kót je dobré se řídit pravidlem: není-li možné použít geometrickou vazbu, využijte parametrickou.



Obr. 4 – Srovnání náčrtů s využitím parametrických a geometrických vazeb

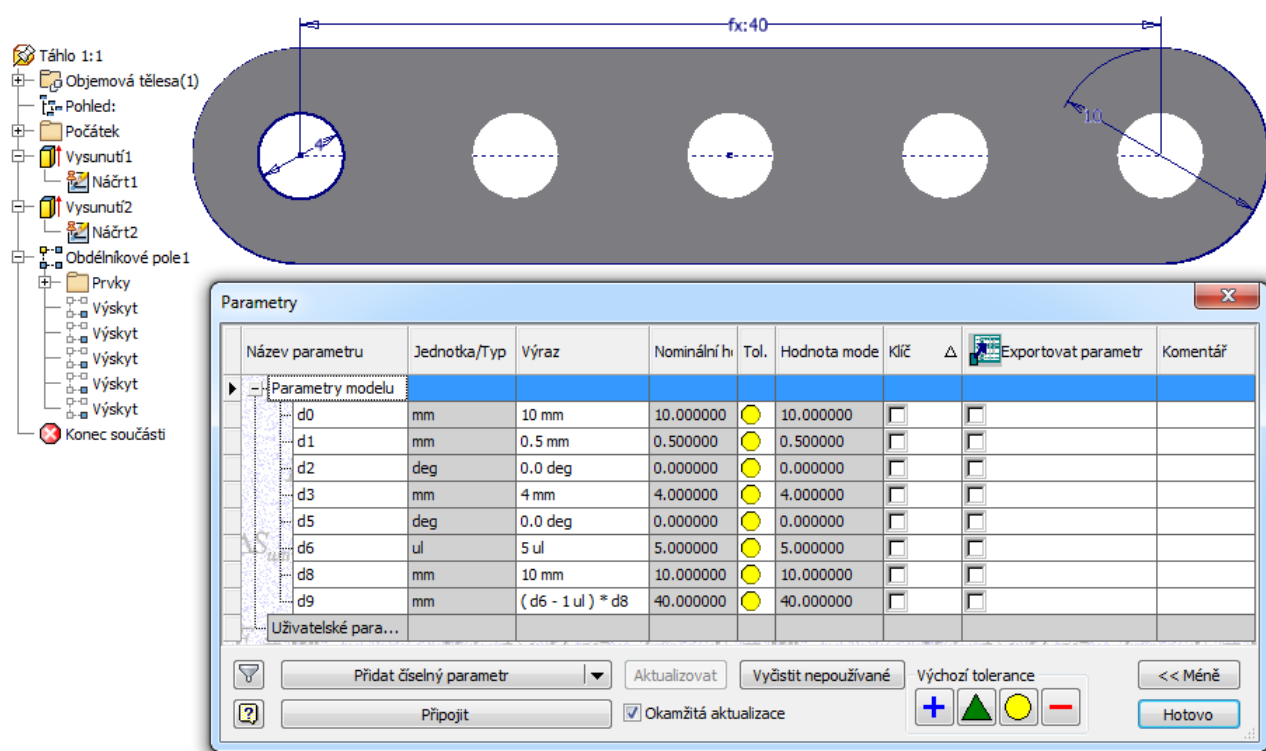
Tabulka parametrů

Při kreslení náčrtků a při následném kótování nevyužívají studenti tabulku parametrů. Snad až na ojedinělé výjimky, studenti ani neví, že tato tabulka existuje. Výhoda parametrické tabulky spočívá především v editaci a vzájemného navázání parametrů napříč všemi náčrtky, které jsou na součásti vytvořeny. Je tak možné vytvořit závislost parametru vytvořeného v prvním náčrtu, na parametru, který je vytvořen v posledním náčrtu. Samozřejmě za předpokladu, že nedojde k řetězení těchto parametrů (musí být řešitelné). Ikona pro zobrazení **tabulky parametrů** f_x je umístěna v panelu nástrojů – rychlý přístup (horní řádek). Následně se objeví tabulka, kde jsou veškeré parametry, které byly při tvorbě modelu zadány.

Na **obr. 5** je znázorněna tabulka parametrů pro plechové táhlo ze stavebnice Merkur. Táhl bylo vytvořeno tak, že se nejprve vysunul vnější tvar. Zadány byly pouze parametry šířka plechu **d0=10mm**, a tloušťka plechu **d1=0,5mm**. Parametr **d2=0deg** odpovídá úhlu zkosení při vysouvání. Parametr, který je na obrázku znázorněn jako **fx:40** nebyl v původním náčrtu zadán. Odpovídá poslední kótě **d9**, která je závislá na počtu děr a jejich rozteči. Tj. až na základě definování pole děr, je stanovena konečná délka táhla, přičemž tato hodnota je použita hned při prvním vysouvání tělesa. Závislost parametru **d9** je dána počtem mezer (**d6-1**) (počet děr mínus jedna), která se vynásobí roztečí děr **d8**. Kterýkoliv výraz v tabulce parametrů je možné upravit, bez nutnosti editovat náčrt, a dojde k modifikaci součásti. Pojmenování parametrů v podobě písmene **d** a pořadového čísla se vytváří automaticky, ale je možné si parametr pojmenovat dle svého

uvážení. Jediné omezení je, že nelze oddělovat slova mezerou. Rozměry, které se počítají prostřednictvím rovnice, mají označení **fx**.

Pojmenované parametry je možné jednoduše exportovat, vytvářet parametrické součásti nebo jen prvky a umísťovat je do knihoven součástí. Parametry mohou definovat velikost a tvar prvků na součásti a ovládat tak polohu komponent na sestavách prostřednictvím svého tvaru. Je možné vytvářet závislosti například mezi průřezem součásti, tvarem a zatížením, tak aby součást vždy vydržela požadovanou zátěž. Dále je možné propojit tabulku s jinou součástí nebo sestavou a řídit parametry pomocí tabulky. Parametry lze také exportovat do rozpisky a kusovníku. Parametry lze definovat v tabulce aplikace Microsoft Excel a tu pak propojit se součástí nebo sestavou.





Obr. 5 – Tabulka s parametry pro vytvořený model

Pole a zrcadlení v náčrtech


Zjednodušeně se dá říci, že nejlepší je, v náčrtech nepoužívat funkci pole a funkci zrcadlit náčrt. Samozřejmě jako vždy jsou případy, kdy je nutné tyto funkce použít. Většinou se však jedná o tvorbu pomocných prvků v podobě konstrukčních čar. Snahou by mělo být vytvořit co nejjednodušší náčrty, které se dají rychle editovat. Funkci pole nebo zrcadlení je potom lepší použít při vytváření 3D prvků. Mnohdy studenti takovéto náčrty neumí editovat. Při editaci se musí vybrat pole a prostřednictvím pravého tlačítka na myši zvolit funkci upravit vzor. Například když by se mělo na existující přírubě vytvořit kruhové pole, které by mělo třicet otvorů. Je možné tento prvek vytvořit pomocí kruhového pole v náčrtu, ale potom může nastat situace, že bude třeba vybrat pro odebrání každý otvor zvlášť. Když by následně chtěl někdo tento otvor editovat nebo jen přidat sražení hrany, opět by se muselo zdlouhavě vybírat. V případě, že se vytvoří jeden otvor jako prvek a následně se použije funkce pro tvorbu kruhového pole prvků, je možné původní otvor jakkoliv editovat a upravovat s přímou návazností na celé pole komponent.

V případě používání zrcadlení v náčrtech je to obdobné jako u polí. V danou chvíli vytváření součásti se to jeví jako nejrychlejší řešení. V případě, že je předem znám konečný tvar součásti (překresluje se již existující díl), tak je zrcadlený náčrt produktivní. Ale když konstruktér navrhuje strojní díly, tak se k náčrtům vrací, upravuje je, přidává a ubírá další prvky, které nelze přímo navázat na náčrt se zrcadlením. Proto je vhodnější vytvořit si návyk se zrcadlením následných prvků.

Osy a konstrukční čáry

K vytváření kvalitních náčrtů patří používání prvků **osa**  a **konstrukční geometrie** . V případě funkce osy je výhodná možnost kotování přes osu. Navržené rozměry, zejména rotačních součástí, tak není nutné dělit dvěma. Pomocí konstrukční geometrie je možné zavazbit normální geometrii náčrtu. Neslouží však k definování profilů, průřezů ani trajektorií. Lze ji použít v náčrtech, které používají parametrické funkce. V praxi se konstrukční geometrie využívají zejména při navrhování složitějších návrhů, kdy je například nutné do náčrtu promítnout další geometrie nebo geometrie jiných náčrtů. Po vyřešení tvaru náčrtu se na konstrukční geometrii navazbí normální geometrie, která se následně využívá k vytváření prvků. Pozor na častou chybu, kterou se uživatelé dopouštějí, tou je mazání těchto konstrukčních čar.

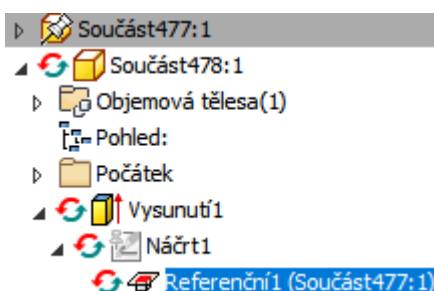
Formáty čar v náčrtech

Když lidé kreslí v 2D CAD softwarech, je pro ně automatické používat různé formáty čar a různé barvy a tloušťky čar. V případě náčrtů v inventoru je také možné těchto funkcí využívat, ale téměř nikdo o tom ani neví nebo to nedělá. Součástí náčrtů mohou být náčrty, na kterých si pouze dovedíte rozměry nebo využijete kombinaci několika dalších náčrtů. Pro přehlednost je barevné rozlišení velmi výhodné. Zejména v případech, kdy se k úpravě náčrtu vracíte po dlouhém časovém období. Využívání formátů je téměř nutností pro dosažení přehlednosti u složitých sdílených náčrtů. Velmi pěknou funkcí je ikona **zobrazit formát**  **Zobrazit formát**, prostřednictvím které je možné přepínat mezi klasickým zobrazením bez formátů a s formáty objektů.

Promítání geometrie

Základem pro dobré provázání modelu je promítání geometrie. Tady je vhodné připomenout, že je možné promítat při zapnutí konstrukční geometrie celé plochy nebo řezy a následně si převést na normální geometrii jen to, co je pro náčrt podstatné.

V případě, že je předem známo, že se provázaná geometrie z jiné součásti může změnit, je možné po promítnutí geometrie vypnout adaptivitu referenční geometrie viz obr. 6 (volbou pod pravým tlačítkem na myši). Promítnutá geometrie přestane mít vazbu na jinou součást a zároveň se tato geometrie stane referenční pro tvořený náčrt.



Obr. 6 – Reference promítnutého prvku

Vytváření a používání bloků

Bloky jsou zejména výhodné při používání opakujících se prvků především v rozvržení sestav. Je dobré mít na paměti, že tato funkce tady je, a může velmi zrychlit konstrukční činnost.

4. Prvky

Spojování nesouvisejících prvků

Častou chybou je snaha o vytvoření součásti na co nejmenší počet náčrtů. Vede to k tomu, že se spojují prvky, které spolu nesouvisí. Příkladem může být „kotouč“, na kterém se nachází několik funkčních prvků:

1. Středové uložení – v případě, že tento kotouč budeme chtít uložit na hřídel, tak máme několik možností. Například drážkování, prostřednictvím pera nebo klínu, přírubovým spojením, prostřednictvím spojky taper lock, atd.
2. Funkční prvky – pod pojmem funkční prvek si můžeme představit drážku pro řemen nebo lano, ozubení pro řemen, řetěz nebo přímé spojení ozubených kol, která zase mohou mít zuby přímé, šikmé nebo kuželové.
3. Odlehčení kotouče – tvar odlehčení je různorodý, od vrtaných děr až po různě tvarované drážky nebo vybrání.

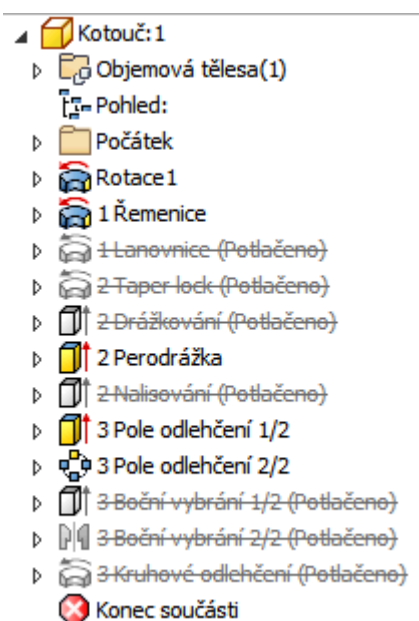
Uvedené tři funkční prvky mají několik možností řešení, tím se vytváří i velké množství dalších kombinací. Když například na jeden náčrt a následně na jednu rotaci vytvoříme řemenici, která bude mít jednu drážku na řemen, odlehčení formou vybrání materiálu a kuželový otvor pro spojku taper lock, bude nutné při jakékoliv změně předělat původní náčrt. Tyto prvky nelze samostatně uvádět do polí nebo je zrcadlit.

Kombinování prvků

Kotouč z předchozího odstavce by bylo možné řešit například jako kombinace vytvořených prvků. U kotouče by se vypnul pouze prvek rotačního odebrání materiálu při vytváření řemenice a nahradil se prvkem, který bude mít náčrt například drážky pro lano. Kdykoliv v budoucnu je možné vrátit se k původní řemenici, aniž by byla vytvořena kopie součásti. Každý prvek může být řízený parametrickou tabulkou, která v sobě již bude mít zakomponovány tvary drážek pro různé řemeny, respektive lana. Pro standardní prvky, které se opakují, je vhodné mít vytvořen i-prvek. Jedna součást, kterou je v uvedeném příkladu obyčejný kotouč, může mít na sebe navázána celou řadu prvků, které si pojmenujete, a následně pouze zapínáme a vypínáme ty, které se nám hodí. Je dobré

při pojmenování těchto prvků uvádět pro přehlednost u prvků, které se vzájemně vylučují jednotný symbol nebo značku. Ideální je číslice. Při zapínání prvků pak zapnete pouze jeden se stejným symbolem.

Názorný příklad je vidět na obr. 7, kde je znázorněn strom součásti s názvem Kotouč. Základní tvar je proveden prostřednictvím náčrtu a rotace. Dále jsou na tomto kotouči vytvořené dvě drážky – jedna pro řemen a druhá pro lano. Číslice 1 před prvkem naznačuje, že se jedná o prvky, které se vzájemně vylučují. Proto je jeden potlačen. Obdobné je to u uložení na hřídel. To jsou prvky s číslicí 2. Zvoleno je spojení perodrážka. V případě odlehčení (číslice 3) je jeden objekt tvořen více prvky. Pole odlehčení je tvořeno vysunutím (odebrání) a kruhovým polem. Jedna se o propojené prvky. Proto jsou v názvu uvedeny značky jedné a druhé poloviny.



Obr. 7 – Strom kotouče s potlačením volitelných prvků

Prvek závitu

Zjednodušeně se dají závity rozdělit na vnější a vnitřní. U modelování závitu vnějších obvykle k chybám nedochází. Je to dáno tím, že se vymodeluje dřík, na který se pomocí funkce závit vytvoří požadovaný závit. Je nutné si uvědomit, že tento postup je možné použít u díry jen v případě, že vytvořený otvor odpovídá průměru závitu d_3 , který je uveden v tabulkách. Například u závitu M10 x 1,5 se jedná o průměr 8,344mm. Častou chybou je, že student vytvoří otvor průměru

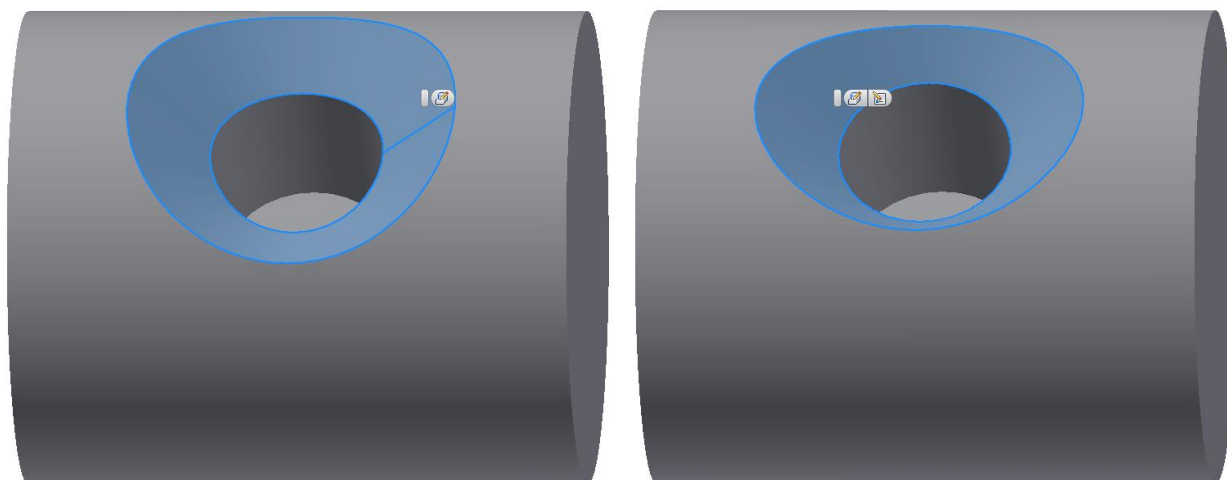
10mm a na něj nařeže metrický závit. Program udělá přesně to, co uživatel požadoval, ale ve výsledku se nejedná o závit M10 (viz teorie, jak je definován metrický závit). Z uvedeného vyplývá doporučení, používat pro vytváření vnitřních závitů prvek díra. Tam se definuje závit formou typ, velikost, stoupání, třída přesnosti, směr otáčení a rozměrové parametry (délka a výběh závitu).

Prvek díra

Tento prvek je hojně využíván zejména v případech vytváření otvorů dle předešlého náčrtu (z náčrtu), zadáním odsazení od stávajících hran (lineární) nebo osově umístění (soustředná). Opomíjenou možností je vytváření otvorů v bodě. Je potřeba zadat konkrétní bod prostřednictvím pracovního bodu a směr prostřednictvím pracovní osy. Výhodou je možnost absence jakékoliv závislosti na tvaru modelované součásti. V případě, že si student umí nadefinovat v prostoru dva libovolné ne stejnohlé body, je následně schopen vytvořit otvor.

Zkosení a zaoblení

V případě prvků zkosení a zaoblení by se dalo říci, že tady není co zkazit. Zde je nutné si dát pozor na zkosování (zaoblování) křivek, které neleží v jedné rovině, ale vyskytují se v prostoru. Typickým příkladem je průnik dvou válců, respektive vrtaný otvor do válce. Vzniklá hrana je prostorová křivka. Pokud se tato hrana zkosí, nedojde k vytvoření kuželové plochy. U zaoblení se očekává vznik části anuloidové plochy.

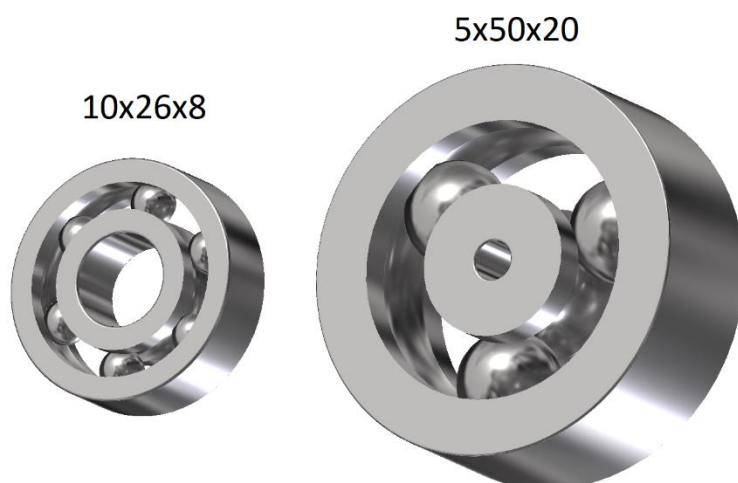


Obr. 8 – Srovnání zkosení

Na obr. 8 je srovnání, jak vypadá kuželová plocha (válec vpravo) a výsledná nerotační plocha po použití prvku zkos na hranu, která je průnikem válce a díry. Zásadní rozdíl je v reálné výrobě těchto prvků. V případě pravého válce se jedná o jednoduché zahloubení například kuželovým záhlubníkem. V případě složité prostorové plochy by bylo nutné využít CNC obrábění.

Parametrizace prvků – součástí

Příkladem pro plně parametrizovanou součást může být kuličkové ložisko, vložené z obsahového centra. V parametrech (viz obr. 10) jsou jednak parametry modelu a jednak uživatelské parametry. Když vezmeme konkrétní příklad ložiska DIN 625 6000 - 10 x 26 x 8, je tvar určen příslušnou normou a rozměry trojicí uživatelských parametrů. Jedná se o vnější průměr 26mm, vnitřní průměr 10mm a šířka ložiska 8mm. Ostatní rozměry (mimo sražení a zaoblení) vychází z těchto rozměrů. V případě, že se změní tyto tři parametry, vypadá ložisko dle obrázku obr. 9. Pro výraznost jsou zvolené rozměry extrémní. Je to příklad typické parametrizované součásti. Pomocí modelovacího stromu a parametrické tabulky je možné určit postup, jak byl parametrický model vytvořen. Textově z důvodu velkého rozsahu nebude postup dále detailně popsán.



Obr. 9 – Ložisko 6000 po změně parametrů

Obdobným způsobem jsou vytvářeny parametrické sestavy.

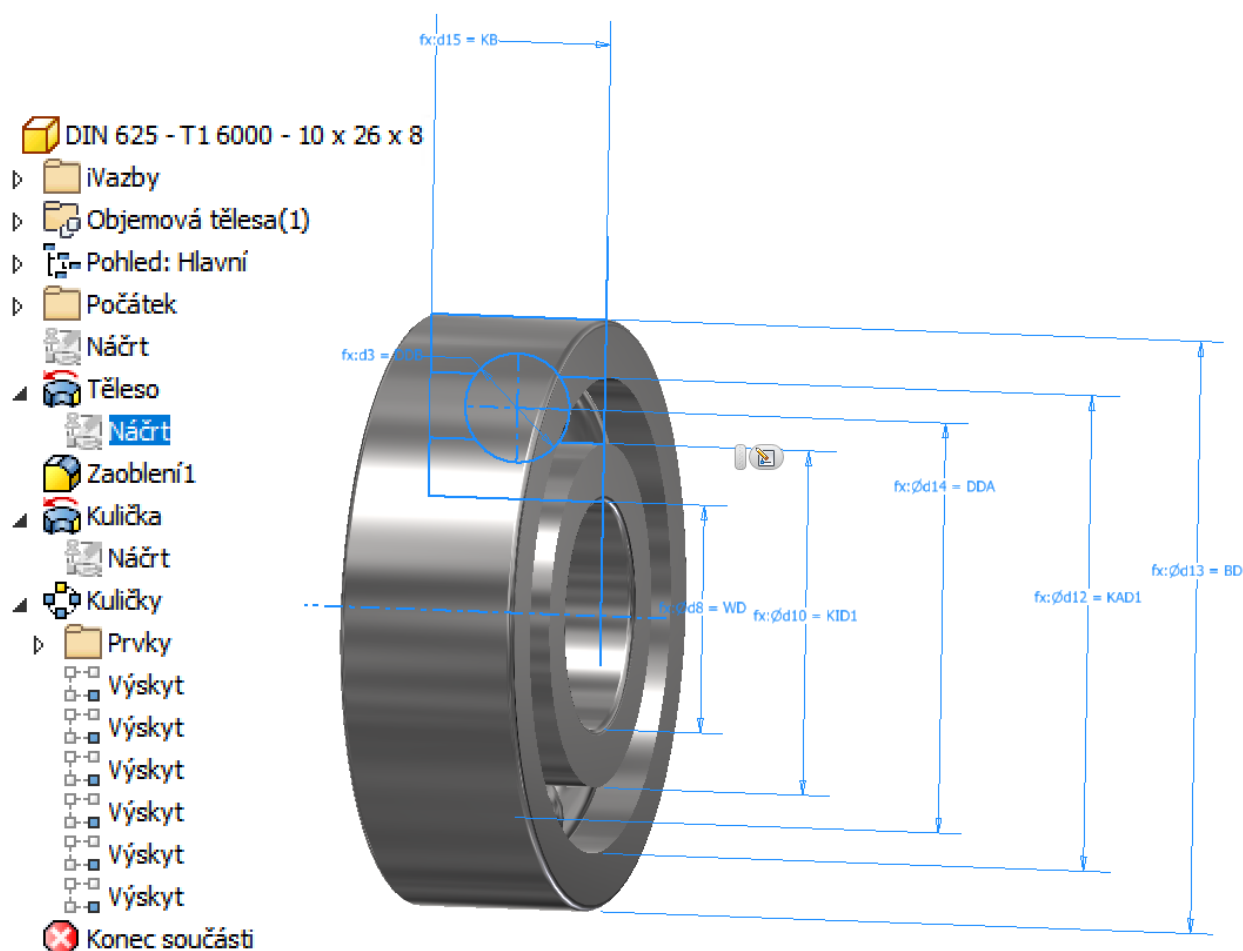
Parametry								
Název parametru	Jednotka/Typ	Výraz	Nominální hod.	Tol.	Hodnota model	Klíč	Ex	Komentář
Parametry modelu								
d0	mm	KRS	0,300000	●	0,300000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d1	ul	round($\pi * DDA / DDB / 2$ ul)	6,000000	●	6,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d2	deg	360 deg	360,000000	●	360,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d3	mm	DDB	4,800000	●	4,800000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d4	mm	0,0 mm	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d5	mm	0,00 mm	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d6	mm	0,00 mm	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d8	mm	WD	10,000000	●	10,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d10	mm	KID1	15,120000	●	15,120000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d12	mm	KAD1	20,880000	●	20,880000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d13	mm	BD	26,000000	●	26,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d14	mm	DDA	18,000000	●	18,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d15	mm	KB	8,000000	●	8,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d16	mm	0,00 mm	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d17	mm	0,00 mm	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Uživatelské parametry								
WD	mm	10 mm	10,000000	●	10,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Shaft Diameter
BD	mm	26 mm	26,000000	●	26,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Outer Diameter
KB	mm	8 mm	8,000000	●	8,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bearing Width
KRS	mm	0,3 mm	0,300000	●	0,300000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Edge Margin
KID1	mm	$DDA - 0,6 \text{ ul} * DDB$	15,120000	●	15,120000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Outer Ring Bore Diameter
KAD1	mm	$DDA + 0,6 \text{ ul} * DDB$	20,880000	●	20,880000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Inner Diameter Ring
DDA	mm	$0,5 \text{ ul} * (BD + WD)$	18,000000	●	18,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mean Pitch Diameter
DDB	mm	$0,3 \text{ ul} * (BD - WD)$	4,800000	●	4,800000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Mean Roller Diameter
WR	mm	$WD / 2 \text{ ul}$	5,000000	●	5,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
BC0	kN	1,96 kN	1,960000	●	1,960000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
BC	kN	4,75 kN	4,750000	●	4,750000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
BR	mm	$BD / 2 \text{ ul}$	13,000000	●	13,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
BBA	deg	0 deg	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
BI	ul	1 ul	1,000000	●	1,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

☒ Okamžitá aktualizace

Obr. 10 – Tabulka parametrů pro ložisko 6000

Je možné definovat číselné parametry, textové parametry nebo parametry typu Ano/Ne. (použití výrazů je možné pouze v kombinaci s číselnými parametry.) Definování více číselných hodnot pro jeden parametr je možné za předpokladu, že v jednom okamžiku může obsahovat parametr pouze jednu hodnotu. Definování více parametrů se provádí v dialogu **Parametry**, kde se po vybrání konkrétního parametru zvolí volba pod pravým tlačítkem na myši - vybere se možnost **Nastavit jako s více hodnotami**

Můžete si také změnit hodnotu existujícího parametru úpravou kótování náčrtu nebo konstrukčního prvku.






Obr. 11 – Modelový strom pro ložisko 6000

Pokud se v mnoha součástech využívá stejných parametrů, je vhodné si vytvořit soubor šablony s těmito parametry. Šablona se následně uloží do složky **Templates** k použití při tvorbě nových souborů součástí.

5. Sestavy

Vztahy v sestavách

Vazby a připojení sestavy vytvářejí v sestavách vztahy, které určují jednak umístění komponent, a jednak povolený pohyb. Častou chybou, kterou se studenti dopouštějí, je špatné pochopení, jaké informace soubor sestavy v sobě nese. Zjednodušeně se dá říci, že se jedná o informace spojené s polohou součásti na disku, informace o poloze v dané sestavě a informace o vzájemných vztazích mezi jednotlivými součástmi (případně sestavami). Vztahy v sestavách jsou definovány příkazy:

1. Sestavení  Sestavení
2. Vazby  Vazby
3. Spoj  Spoj

Sestavení a vazby jsou starší metody řešení vztahů mezi komponenty. Jsou založené na principu postupného vyloučení stupňů volnosti pomocí vazeb. Zejména příkaz vazby je hojně používán i přesto že efektivnější je příkaz spoj. Tímto příkazem se snižuje složitost vztahů komponent. Příkaz Spoj slouží k umístění komponenty a plnému definování pohybu. S příkazem Spoj lze použít ovládací prvky **Zamknout** a **Chránit**. Tyto možnosti jsou k dispozici v místní nabídce, když vyberete připojení v prohlížeči. Uzamčení odstraní všechny stupně volnosti, ale umožňuje změnu umístění komponentu, pokud se posunou související komponenty. Ukotvení také odstraní všechny stupně volnosti, ale upevní umístění komponenty v prostoru. Chcete-li zobrazit upozornění na přidáné vztahy, které porušují požadovaný pohyb, použijte u spoje příkaz **Chránit**.

Ve starších verzích softwaru Inventor byla vložená součást do sestavy pevně ukotvena a navázána na souřadný systém sestavy. Její poloha byla pevná a počátek součásti byl totožný s počátkem sestavy. Novější verze Inventoru tuto automatickou možnost nenabízejí. Stává se tak často, že komponenty v sestavě nejsou pevně ukotveny. Doporučuje se ukotvit alespoň jednu komponentu, která se s ohledem na svoji funkci nepohybuje, a zajistit tak ukotvení pro ostatní komponenty. Chcete-li komponentu ukotvit, použijte při umísťování komponenty do sestavy místní

nabídku a vyberte příkaz **Umístit ukotvené v počátku**. Zároveň je možné využít místní nabídky k otáčení kolem osy X, Y nebo Z a stanovit tak počáteční orientaci součásti.

Výhodou novějšího příkazu Spoj je přímé definování umístění komponenty a stupně volnosti. Pro zajištění konzistentních a předvídatelných výsledků je potřeba méně připojení.

Při použití výhradně příkazu Vazby k definování stupňů volnosti a umístění komponent, je zapotřebí obvykle více vztahů. Studenti nechávají často spojovací součásti volně rotovat. Což není žádoucí pro následnou práci se sestavou. Pokud orientace není důležitá, při použití vazeb jsou další stupně volnosti běžné. Příkaz Sestavení některé typy vazeb nepodporuje (Pohyb, Přejít, Úhel – proti sobě a Úhel – explicitní referenční vektor). Rovněž nelze změnit název vazby nebo použít meze. Po vytvoření je možné úpravou vazby tato nastavení změnit.

Příkaz Spoj může automaticky určit typ připojení, a to jen na základě výběru počátku. Lze také vybrat typ spoje a potom vybrat objekty k umístění a spojení. Kromě vytvoření vztahu je možné navíc změnit název prohlížeče a použít meze. Spoj přesune první vybranou komponentu do druhého výběru. Podle potřeby se uvolní existující vztahy nebo stav ukotvení, aby bylo možné první komponentu přesunout. Abyste mohli komponenty správně umístit, spoje ještě před použitím zobrazí náhled výsledků.

Polohové meze v sestavách

Meze jsou, zjednodušeně řečeno, definované hodnoty určující povolený rozsah pohybu komponent, které se pohybují. Vazby i spoje podporují funkci meze. Symbol +/- v prohlížeči označuje vztah s mezemi. Meze lze definovat geometricky prostřednictvím dotykové sady. Nevýhodou dotykové sady je nutnost fyzického kontaktu mezi komponentami. Tím jsou stanoveny meze v podobě, jak je známe. Meze u vazeb a spojů používají k omezení pohybu pouze určené hodnoty a nevyžadují žádný „fyzický“ kontakt. Nevýhodou používání mezí je, stejně jako u dotykových sad, snížení výkonu sestavy. K dosažení nejlepšího výkonu je doporučeno použít meze ke zhodnocení návrhu a poté v rámci dalších úprav zrušit zaškrtnutí políček. Mezní hodnoty jsou uloženy se vztahem a zůstanou k dispozici, když se omezení znovu aktivuje. Nová verze Inventoru s označením 2020 by podle předběžných recenzí neměla mít s výkonem problém.

Pohyb v sestavách

Pohybující se mechanismus části sestavy může být v inventoru realizován několika způsoby. Pro ověření funkčnosti mechanismu nebo pro prezentaci výsledků není vždy nutné využívat složité metody. Inventor obecně pro pohyb nabízí následující možnosti (řazeno od procesně nejjednodušších) :

1. Využití mezí pohybu na vazbách k definování povoleného rozsahu pohybu nebo rotace. Jedná se o řízení vazby. Výstupem může být kontrola mezních stavů, určení kolizí nebo jednoduchá animace.
2. Pohybové vazby, které umožňují definovaně popsané pohyby mezi komponentami. Zejména se jedná o rotační pohyb nebo provázání rotace s posuvem. Je tak možné ověřovat převodové poměry, určovat mezní stavy nebo kolize.
3. Využití dotykové sady mezi komponentami se používá při řešení přímého kontaktu geometrie komponent. Výhodou je omezení dotyku pouze na konkrétní komponenty. Tato metoda slouží především pro možnost určování mezních stavů a vyloučení kolizních stavů. Kolizní komponenty se navzájem nepohybují. Tato varianta je nevhodná pro závitové spoje (pohybové šrouby, atd.).
4. Dynamické simulace do omezení pohybu zahrnují fyzikální vlastnosti (hmotnost, tření, setrvačnost, zatížení). Výstupem je simulace pohybu v reálných podmínkách. Přesnost metody je ovlivněna přesností definování okrajových podmínek. Pomocí aplikace Inventor Simulation Suite se dá určit vliv a výsledky skutečných sil působících na návrh. Tato metoda vyžaduje nejvíce výpočtů, ale poskytuje nejpresnější výsledky. Ve spojení s aplikací Inventor Studio umožňuje zaznamenat realistickou animaci pohybu.
5. Aplikace Inventor Studio umožňuje animaci vztahů sestavy a polohových reprezentací k vytvoření mechanického pohybu. Slouží především k získání kvalitního obrazového nebo video výstupu.

Pro zjednodušení pohybů u velkých a složitých sestav je vhodné, vytvořit několik malých podsestav vzájemně spojených komponent. Tento přístup umožňuje umístění podsestavy jako jediné jednotky pomocí vazeb. Seskupování součástí do podsestav také zjednodušuje proces použití součástí ve více než jedné sestavě.

Polohy v sestavách

Jedná se o polohové reprezentace v sestavách. Tato zajímavá funkce dokáže práci s mechanismem značně zjednodušit. Bohužel studenti ji téměř neznají, i když by měla patřit k základům ovládání softwaru. Polohové reprezentace umožňují kinematické polohování za účelem pracovat a vyhodnocovat sestavy v různých polohách. Polohové reprezentace se ukládají do nadřazené sestavy a lze je kdykoliv použít pro analýzu nebo úpravy. Zejména využití pro polohování ve výkresech je velmi přínosné (například pro znázorňování krajních poloh). Často se polohové reprezentace využívají ve spojení s flexibilními sestavami pro uvedení podsestavy do určitého kinematického stavu a ponechání zbývajících stupňů volnosti vůči nadřazené sestavě. Pozor na skutečnost, že v polohové reprezentaci je adaptivita odložená. Adaptivní prvky součástí a prvky sestavy se neaktualizují. Adaptivní sestavy jsou implicitně flexibilní a aktualizované, ale výsledky nejsou předány do podsestavy.

Každá sestava má v sobě hlavní polohovou reprezentaci, ve které se standardně uživatel pohybuje. Jedná se o výchozí stav sestavy, kde probíhají modelovací operace. Hlavní polohová reprezentace je dána a nelze ji mazat nebo upravovat, je vždy nadřazena těm „novým“, které jsou kopiemi hlavní polohové reprezentace. Nové polohové reprezentace vždy kopírují stav hlavní polohové reprezentace a vždy se podle ní aktualizují.

Pohledy v sestavách

Pohledová reprezentace v sestavách usnadňuje práci při modelování složitějších sestav, kdy jsou komponenty nebo celé podsestavy vnořeny do útrob sestavy. Pohledová reprezentace zachová konfiguraci zobrazení sestavy, kterou lze kdykoliv zobrazit díky jejímu pojmenování. V jednotlivých reprezentacích je možné definovat viditelnost jednotlivých komponent, povolování

komponent, jejich vzhled, aktuální pohledový úhel nebo detail. Současně je možné zachytit stav rozbalení prohlížeče.

Ve výkresech se určuje pohledová reprezentace při výběru pohledů. Je tak možné zobrazovat jen požadované komponenty. Příkladem je komponenta, která je průhledná (sklo). Ve výkresech se vlastnost průhlednosti nezobrazí. Jde však nastavit pro konkrétní pohled vypnutí této komponenty. Vše, co je za touto komponentou, se zobrazí. Jedna a ta samá komponenta může mít v různých pohledech jedinečný vzhled. Je tak možné určit komponenty v určitých pohledech zvýraznit.

Pohledová reprezentace se ukládá současně se sestavou a zachycuje tyto vlastnosti:


- Viditelnost komponenty.
- Viditelnost pracovního prvku (rovina, osa, bod).
- Průhlednost a barevnost komponenty.
- Stav komponenty v podobě povolená, nepovolená.
- Viditelnost prvku náčrtu v případě, že je stav viditelnosti řízen příkazem Viditelnost objektu.
- Úhel zobrazení a detail.

Reprezentace zobrazení v 3D PDF exportech je možná a řídí se nastavením vlastností publikování. Seznam reprezentací zobrazení v prohlížeči modelu určuje současně pořadí pohledů ve výstupním souboru 3D PDF. Je-li potřeba změnit umístění reprezentace zobrazení, je nutné v prohlížeči přetáhnout reprezentaci zobrazení do požadovaného umístění v seznamu.

Úroveň detailů

Do reprezentací patří i funkce úrovně detailů, která vylepšuje výkon softwaru. Dochází k potlačení nepotřebných komponent nebo umožní nahradit více komponent jednou jedinou polohovou reprezentací. Reprezentaci lze pojmenovávat a ukládat. Dle potřeby následně aktivovat pro modelování nebo vytvoření výkresu. Odvozenou součást vytvořenou ze sestavy, která používá úroveň detailů se sníženým počtem součástí lze použít ve stejné sestavě, ve které byla vytvořena, jako Náhradní úroveň detailů.

Flexibilní sestavy

V případech, kdy je potřeba, aby se některé komponenty sestav v nejvyšší úrovni sestavy pohybovaly do různých poloh, je potřeba využít flexibilních sestav. V jedné sestavě například může být několikrát použit pneumatický válec, který musí mít volnost pohybu, aby mohl reprezentovat kinematický pohyb sestavy. Pomocí možnosti Flexibilní je možné exponovat povolený pohyb, který je definovaný v podsestavě nadřazené sestavy. Podmínkou pro dosažení tohoto chování je neprovádět úplné zavazbení komponenty. Místo toho se v sestavě komponenty definují vztahy, které zachovávají požadovaný pohyb. Pokud je flexibilní komponenta sestavy vložena do sestavy vyšší úrovně, dojde k potlačení volnosti pohybu povoleného v podsestavě. Pro povolení flexibilního stavu podsestav je potřeba kliknout pravým tlačítkem na myši na všechny instance komponenty v prohlížeči a u každé vybrat položku **Flexibilní**. Ikona dané komponenty v prohlížeči se změní tak, aby indikovala, že je povolen flexibilní stav . Existují omezení v používání flexibilních sestav. Například svarové sestavy a jednotlivé součásti nemohou být flexibilní, sestava nemůže být flexibilní a zároveň adaptivní. Flexibilita se často používá ve spojení s polohovými reprezentacemi pro uložení sestavy v různých stavech, které lze vyvolat a reprezentovat v modelování sestavy a výkresových pohledech. Každou instanci sestavy lze zobrazit v jiné poloze, ale rozpiska tím nebude ovlivněna. Flexibilita aktivuje stupně volnosti dostupné v podsestavě. Flexibilní komponenty lze také zahrnout do polohových reprezentací. Flexibilní stav každé instance je uložen pouze ve zpracované sestavě, nikoli v jednotlivých komponentách.

Použitým softwarem pro vytvoření této části publikace byl Inventor od společnosti Autodesk. Použité ilustrace jsou vytvořené pro potřeby této publikace.