

**Doba, kdy CAD systémy byly výhradní záležitostí tajemně vystupující skupinky zasvěcených mágů, nenávratně končí. Dnes začínají přímo či zprostředkovaně (ale úspěšně) oslovovat i pracovníky, které by ještě nedávno taková možnost ani nenapadla. Proto jistě neuškodí, podíváme-li se krátce na moderní trendy v této oblasti.**

## Kam kráčí CAD

Produkt je hlavním objektem činnosti výrobce či dodavatele. Proto je logické, že systém obsahující data nezbytná k vytvoření výrobku a zároveň s výhodou použitelná i k podpoře jeho prodeje, provozu a údržby je přirozenou zásobárnou informací pro většinu pracovníků kolektivu i pro jeho spolupracovníky. Díky internetu a intranetu a v neposlední řadě růstu výkonu výpočetní techniky lze dnes tyto informace dodat doslova na každý pracovní stůl, a to i v té nejmýlnější, grafické podobě. Ale o tom podrobněji až jindy. Než budeme jediný společně sdílený elektronický model výrobku šířit po síti, musíme jej vytvořit. Jaké jsou moderní trendy v CAD oboru, to nám asi nejlépe přiblíží příklad strojírenských (MCAD) systémů, u nichž jsou tyto trendy nejmarkantnější.

### Obecný trend v CAD

“Konstruktér musí mít gumu jako cihlu,” říkával náš učitel technického kreslení. Tenkrát nás tím sice hlavně rozesmál, je to však velmi přiléhavé vyjádření faktu, že práce konstruktéra spočívá především v navrhování různých variant řešení a jejich opakovaném posuzování a odmítání až k přijetí podle jeho soudu optimálního řešení. Takto řečeno to zní triviálně, a přitom to trvalo přes deset let, než se CAD systém stal z pouhé náhrady rýsovacího prkna nástrojem, který se snaží tvůrčí činnost konstruktéra sice ještě ne nahradit, ale účinně mu pomáhat i v těch nejdůležitějších, tvůrčích úkonech.

Prvním krokem k tomuto cíli, usnadňujícím výše zmíněný proces opakovaného obměňování konstrukce, je princip parametrického, na konstrukčních prvcích založeného trojrozměrného (3D) modelování. Uvedl jej už roku 1988 systém Pro/ENGINEER firmy Parametric Technology Corporation (PTC) a v současné době jej přijaly prakticky všechny MCAD systémy, které si činí nárok na přívlastky moderní a výkonné.

Vysvětlení parametričnosti je jednoduché – namaluji třeba obdélník a jeho stranám přidělím hodnoty A a 2\*A. Když pak například definuji (kótou, zápisem v zadávací tabulce apod.), že A = 20 mm, strany obdélníka se upraví na délky 20 mm a 40 mm; když zadám, že A = 50, strany se zvětší na 50 a 100 mm. Jednoduchou změnou jednoho či více parametrů tak lze velmi snadno měnit tvar vytvářeného objektu, a přitom nemusím provádět úpravy, zaručující, aby některé hrany zůstávaly vzájemně kolmé nebo tečné, protínaly se v určitých místech apod. – to systém hlídá sám.

Ještě efektivnější jsou konstrukční prvky. Jsou to typické konstrukční detaily, například žebra, zaoblení, nálitky či díry, které při změnách zachovávají nejen tvar vlastního prvku, ale i jeho vztah

k okolním objektům, například díra je stále průchozí a kolmá na čelní plochu, žebra stále propojují příslušné stěny apod. Parametrické, na konstrukčních prvcích založené modelování však není zcela univerzálním řešením. Především jej nelze dobře použít na vytváření obecně tvarovaných ploch. Problematická je i práce se složitými díly, definovanými mnoha vzájemně závislými parametry.

K současným trendům rovněž patří už zmíněná podpora skupinové spolupráce všech zainteresovaných profesí (tedy už ne jen konstruktérů a technologů) s využitím internetových technologií. Dále je to modelování rozsáhlých sestav dílů, přecházejících do skutečných "virtuálních maket", které pak umožní simulaci maxima vlastností výrobku, dříve než je vyrobena jediná jeho součást. Oblíbeným heslem je i "zachycení konstrukčního záměru", jehož se obvykle dosahuje objektivním začleněním vlastností modelovaného prvku a pravidel konstrukčního postupu do vlastního modelu. Některé systémy se pokoušejí aplikovat i postupy umělé inteligence tak, aby systém "sledoval" postup konstrukce a odvozoval příslušná pravidla sám.

Kromě uvedených obecných trendů bych se rád obšírněji zmínil alespoň o specialitách dvou z "velkých" CAD systémů, Pro/ENGINEER a Unigraphics. Jejich přístup totiž dobře charakterizuje směr, který se, pochopitelně každý svým způsobem, snaží sledovat (a pokud ne, asi by měli) i ostatní dodavatelé CAD systémů.

## **Pro/ENGINEER**

Nová verze systému, nazvaná Pro/ENGINEER 2000i, byla u nás představena celosvětovým distributorem PTC, společností RAND Worldwide. Její demonstrace byla zopakována na tiskové konferenci k uzavření resellerské dohody mezi Randem a zkušeným veteránem CAD oboru, zlínskou firmou ZPS-SYSTEMS.

Jednou z novinek této verze a absolutní novinkou i v celé oblasti CAD je tzv. behavioral modeling. Není to nic jiného než automatické dosahování konstruktérem hledaného optimálního řešení. Konstruktér zadá, že chce upravit vytvořený model součásti například tak, aby se buď vešla do určitého prostoru, a přitom měla maximální objem, nebo aby při zadaných rozměrových, funkčních nebo mechanických vlastnostech byla co nejlehčí. Systém pak sám provede potřebné tvarové úpravy modelu tak, aby bylo cíle se zadanou přesností dosaženo.

Kdo do podobných záležitostí trochu vidí, vytuší nejméně dva problémy. Optimalizace s více parametry je sama o sobě dost náročná, hlavně co se týče stability řešení. Navíc je propojena s automatickou úpravou tvaru modelu vytvořeného parametrickými konstrukčními prvky, u níž, jak už jsme si řekli výše, mohou vznikat potíže při práci se složitějšími tvary. Odpověď dodavatele systému na tyto námitky je jednoznačná: U zakladatele 3D parametrického modelování je samozřejmé, že systém je tak dobře propracovaný, že mu nedělají potíže ani složité tvary. A co se týče optimalizace, před jejím zadáním se může provést tzv. citlivostní analýza, tedy určí se parametry, které nejvíce ovlivňují řešený problém, a ty méně významné se vyloučí, čímž se řešení zjednoduší.

Při prezentaci byla demonstrována optimalizace tvaru nádržky ostřikovače automobilu k dosažení jejího maximálního objemu při daných podmínkách, a fungovala skvěle. Jak to bude "chodit" na složitějších problémech, ukáže praxe, a bude-li výsledek uspokojivý, půjde o skutečně mimořádný nástroj (do optimalizace prý lze zapojit i výsledky výpočetní analýzy výrobku, například mechanické či teplotní analýzy metodou konečných prvků).

## Unigraphics

Nejnovější verze systému Unigraphics byla ohlášena (do prodeje má přijít na podzim) a předvedena na červnovém setkání uživatelů, ale už současná verze užívá unikátní technologii Wave. Ta vychází z poněkud jiné filozofie a předpokladů než behavioral modeling, ale cíl je obdobný: nahradit “gumu jako cihlu” rychlou, na pohled téměř inteligentní prací počítače.

Technologie Wave je založena na málo překvapivém zjištění, že náklady na tutéž úpravu téhož dílu se výrazně liší podle toho, ve které časové fázi vývoje produktu se úprava realizuje. Největší přirozeně jsou, když se nedostatek projeví až v provozu. To obvykle vyžaduje výměnu příslušného dílu u již prodaných produktů, a to není snadné ani levné. Lepší už to je, objeví-li se problém na fyzickém prototypu. I pak to ale znamená změnu technologie, tedy i příslušné dokumentace, a většinou i nástrojů a náradí. Ještě levnější je, odhalí-li závadu, dříve než začne jakákoliv výroba, virtuální prototyp atd. Obvykle se udává, že s každou další fází procesu vývoje, v níž ke změně dochází, rostou náklady desetkrát, tedy stojí-li úprava ve fázi ideového návrhu korunu, ve fázi konstrukce je to už deset korun, ve fázi analýzy konstrukce stovka a tak dále, takže v rutinním provozu výrobku už za původní jedničkou přibude pěkná řádka nul.

Cílem technologie Wave proto je přesunout maximum prováděných změn do co nejranější fáze vývojového procesu. Prakticky je toho docíleno stratifikací konstrukce produktu do různých úrovní podrobnosti. Ale abych mluvil hezky česky – všechny demonstrace jsem zatím viděl na modelu traktoru, takže si představte něco jako jednoduchou dřevěnou hračku, traktůrek složený z několika hranolů a koleček. Takový model se používá na nejvyšší úrovni, ve fázi ideového návrhu. Ten největší hranol představuje kapotu motoru. Na další úrovni už jej rozdělíme na plášť kapoty, blok představující motor a na další objekty představující například řízení a pohony. Tímto způsobem se pokračuje do dalších úrovní. Co je však nejdůležitější, při definici dalších úrovní se určují i vazby mezi jednotlivými úrovněmi. Změny v nejvyšší úrovni se pak automaticky šíří do úrovní nižších.

Hlavní projektanti pak stanovují vhodné rozměry a proporce na nejhrubším modelu, hrají si s traktůrkem. Ale konstruktéři nemusejí čekat, až skončí, a už po sestavení prvního ideového návrhu mohou začít pracovat na detailním návrhu dílů a sestav. Pokud hlavní projektant usoudí, že je třeba například zvětšit rozvor, provede to na hrubém modelu a všechny díly na nižších úrovních (jsou-li vazby správně stanoveny) se automaticky přizpůsobí novým rozměrům.

I v tomto případě musí být parametrické modelování dobře vyřešeno. Podle údajů firmy Unigraphics se po zavedení technologie Wave úprava křídla letadla, která “ručně” trvala tři měsíce (během nichž se vzájemně přizpůsobovaly tisíce součástí uvnitř křídla tak, aby “pasovaly”), zkrátila na čtyři hodiny.

## Závěr

Je potěšující, že nám počítače začínají účinně pomáhat tam, kde je to nejvíce potřebné. Přesto bychom neměli přeceňovat počítače ani software a měli bychom si uvědomit, že to největší bohatství každého podniku je v tvůrčích lidech a jejich nashromážděných zkušenostech.

*Josef Chládek*