

## PROPOJENÍ PROSTŘEDÍ EPD A PDM VE VÝUCE

MAXA Jiří – NEDELA Vilém, ČR

**Resumé:** V předloženém článku je krátce vysvětlena problematika technologie EPD a PDM a následně popsán systém výuky v simulovaném prostředí zmíněných technologií zcela věrně simulujícím práci v podniku, který má tyto technologie má zavedeny. Výuka v tomto prostředí je vedena v širší souvislosti v návaznosti na probíhající výzkum na našem ústavu ve spolupráci s Ústavem přístrojové techniky Akademie věd ČR v oblasti elektronové mikroskopie.

**Klíčová slova:** CAx, EPD, PDM, PLM

### INTERCONNECTION OF EPD AND PDM ENVIRONMENTS IN INSTRUCTION

**Abstract:** *The world trend TPV tends complex solutions of the system from the from of a sketch to manufacture. In order to be prepared for this trend, the Universities are required to react to it. There is a system of courses described in the article which in forms the students about this methodology.*

**Key words:** CAx, EPD, PDM, PLM

#### 1. Úvod

V současné etapě rozvoje lidské společnosti je výrazným jevem celosvětová globalizace ekonomiky, což se jednoznačně promítá i do výrobního prostředí, které na tento trend musí nutně reagovat. Vyrovnat se s tímto tlakem umožňuje – a zároveň se stává nezbytností – nasazování nových technologií:

- **EPD - Electronics Product Definition – elektronická definice výrobku,**
- **PDM - Product Data Management – systém správy dat.**

Elektronická definice výrobků (EPD) a s ní nezbytně spojená Elektronická správa dat (PDM) představují moderní trendy v oblasti technické přípravy výroby (TPV), které se začínají prosazovat v průmyslově vyspělých zemích a představují v této oblasti novou kvalitu. Efektivita využití těchto technologií je pro konkrétní výrobní společnosti vysoce závislá na správné volbě systémů a jejich zvládnutí uživateli, neboť tyto systémy jsou čím dál výkonnější a nabízí mnohem více možností. Ve skutečnosti je proto třeba, aby do podniku přicházeli lidé vybaveni potřebnými základními informacemi o dané problematice a dokázali tuto kvalitu zužít. Důvodem je i skutečnost, že výkonné PC i SW jsou stále cenově dostupnější, což vede k tomu, že tyto technologie stále více zavádí i menší firmy. Proto firmy, které v této oblasti zaváhají, se stávají nekonkurenceschopnými. Z tohoto důvodu jsou Vysoké školy tlačeny adekvátně reagovat a přizpůsobovat náplň své výuky. V tomto případě zavádět výuku EPD a PDM systémů v jejich vzájemné provázanosti.

## 2. Technologie EPD

Ještě donedávna se při TPV (technická příprava výroby) masově využíval klasický model, kdy na vývoji komplexního výrobku spolupracovalo několik izolovaných pracovních skupin a byla nutná velmi precizní koordinace činností (obr.1). Mezi jednotlivými pracovními týmy byly jakési bariéry (obr.1). A to mohlo jít i o modernější způsob TPV, kdy některé ze skupin měly nasazen některý z typů CAx systému, zefektivňující ale pouze danou oblast. Jestliže připustíme, že v datech byly chyby a že koordinace v tomto případě byla obtížná, je zřejmé, že řada konstrukčních chyb se projevila **až při montáži nebo ve fázi zkoušek funkčního modelu**. Z ekonomického hlediska je však pochopitelně nejlevnější provedení změn ve fázi tvorby výkresové dokumentace – vývoji (obr.1). Za uvedené situace TPV se jich však v této fázi provedlo nejméně a naopak nejvíce jich bylo prováděno až ve fázích, kdy provedení každé změny je nejdražší.

Rozvoj v oblasti CAx systémů přinesl radikální řešení v **nasazení komplexního řešení, které spojuje jednotlivé "ostrůvky" v jeden logický celek**, tedy nasazení **EPD - Elektronické definice výrobku**. Stručně řečeno, u systému tohoto typu je namodelován 3D díl, vsazen do sestavy, která může být podrobena statické, dynamické, kinematické aj. analýze. Z existujících dílů a sestav je možné odvodit 2D výkresovou dokumentaci, vytvořit kód pro NC obrábění, čímž pokrývá i oblast CAM. Všechny moduly systému jsou integrovány a vzájemně spolupracují v rámci společné databáze. Proto provedené změny se promítají všude tam, kde se jich to týká. Systémy umožňují generovat kusovník a napojení na databázové systémy (viz dále).



**Obr. 1** Schéma starého modelu TPV.

V krátké budoucnosti oproti klasickým metodám, i za použití "sólových CAx systémů", vzroste podíl komplexního řešení systému EPD, který spojí v jeden celek vývoj výrobku od formy skici - návrhu až po vlastní propojení na výrobu. **Při této metodě dojde jak k výraznému zkrácení doby celého procesu TPV, tak i k úzké koordinaci práce při jednotlivých fázích. V tom případě bude také možné drtivé množství změn v procesu přípravy provádět ještě ve fázi konceptu.**

Jak to v praxi vypadá nám může odkrýt popis simulovaného prostředí EPD ve výuce.

## 3. Simulované prostředí EPD

V simulovaném prostředí EPD ve výuce je využíván systém **SolidWorks** a nadstavby **Cosmos**. Pomocí těchto systémů studenti nejprve vytváří 3D model řešeného projektu a provedou potřebné simulace. V uplynulém semestru šlo o případ Enviromentálního rastrovacího elektronového mikroskopu AQUASEM II (obr.3).

**SolidWorks 3D modelář** – slouží k vytváření jednotlivých 3D těles, ze kterých se mikroskop skládá.

**SolidWorks assembly** – slouží k vytváření sestav. Do sestav vkládají studenti ty části, které v týmové práci vytvoří. Sestavy jsou spravovány systémem PDM Works, který umožňuje a především řídí pravidla týmové práce (viz dále).

**SolidWorks drawing** – slouží k odvození výkresové dokumentace ze 3D modelů. PDM Works následně sleduje patřičné zařazení dokumentu (viz dále).

**SolidWorks – detekce kolizí** – slouží k odhalení chyb, kdy jednotlivé díly do sebe nezapadají, popřípadě vzájemně kolidují. Studenti mají v předložené dokumentaci, podle které tvoří jednotlivé díly mikroskopu, úmyslně chyby, aby je pomocí tohoto modulu odhalovali a dovedli na ně reagovat v prostředí týmové práce.

**Vytvořený model mikroskopu je následně podroben analýze pomocí CAE** a to podle situace, jaký projekt se ten semestr vytváří, který typ analýzy je třeba. Například:

**Cosmos Works** – slouží k optimalizování tvarů některých dílů detektoru, které jsou velmi jemné, ale v některých oblastech musí být i dostatečně tuhé.

**Cosmos Motion** – slouží k analýze kinematických úloh mechanismů mikroskopu.

**Cosmos FloWorks** – nástroj k analýze proudění tekutin, který bude využit v následně popsaném projektu. Zde slouží k analýze čerpání plynu pro vytvoření vakua v diferenciálně čerpané komoře mikroskopu. Studenti v každé skupině vyvíjejí jiný tvar diferenciálně čerpané komory mikroskopu a pomocí tohoto modulu Cosmos FloWorks analyzují proudění při čerpání plynu z komory. Následně z výsledků analýzy vyhodnocují neoptimálnější z uvedených 3 tvarů.

**CosmosESM** – je simulátor 3D polí pro nízkofrekvenční elektromagnetické a elektromechanické aplikace.

Na vytvořený a zanalyzovaný model mikroskopu studenti na vybrané díly vytvoří pomocí modulu **Solid CAM výstup pro výrobu**.

**KONSTRUKCE → VÝROBA → MONTÁŽ → FUNKČNÍ MODEL**

Solid Works - 3D modelář

Solid CAM

Solid Works - assembly

COSMOS - works

Solid Works - detekce kolizí

COSMOS - motion

COSMOS - FloWorks

COSMOS - ESM

**Obr. 2** Schéma moderního modelu TPV.

Pomocí uvedených aplikací SOLIDWORKS – DETEKCE KOLIZÍ, SOLIDCAM a aplikacemi COSMOS studenti ještě ve fázi vývoje odhalují nejen chyby či nedostatky, které by se v praxi ODHALILY až ve fázi MONTÁŽE případně ve fázi ZKOUŠEK

FUNKČNÍHO MODELU, ale také naleznou i optimální řešení, které by se dříve muselo zjišťovat například až měřením na funkčním modelu (obr.2).

#### **4. Simulované prostředí PDM**

Technologie EPD tedy maximálně zefektivňuje vývoj produktu od návrhu až po výrobu. Ale vývoj výrobku není jen věcí jednoho konstruktéra, ale prací celého týmu. Přesněji řečeno, několika týmů, které vytváří části celku. U moderní výroby jde i o to, že jednotlivé skupiny vyvíjí součásti i pro několik různých výrobků. Nejmarkantnějším případem je automobilový průmysl, kde jednotlivé části patří různým modelům. Pro dokonalé začlenění technologie EPD do procesu vývoje produktu je proto potřeba zavést v součinnosti i technologii PDM – správu podnikových dat. Data – informace – jsou jedním z klíčových zdrojů. Jak jsou data řízeny, organizovány a používány v rámci organizace jsou rozhodující faktory v otázce úspěchu a neúspěchu organizace.

Technologie PDM, řeší problém v několika hladinách. Průzkumem v mnoha firmách bylo zjištěno, že téměř 20% času inženýr ztratí hledáním dat! V nejnižší hladině se PDM zaměřuje na tuto problematiku a zajišťuje centrální zdroj přesných a spolehlivých informací pro správné osoby ve správném čase. To znamená, že každý, kdo potřebuje přístup k informacím, ví, kde je najít a že když je získá, tak budou přesné a spolehlivé.

PDM ale především řídí tok dat celým podnikem. Podobá se jakoby krevnímu oběhu v těle člověka a odstraňuje tak dále zmíněné bariéry mezi jednotlivými odděleními (obr.1). Nasazením systému se získá moderní způsob organizace vývojového prostředí, který je schopen zajistit konkurenceschopnost. Tento způsob organizace spočívá v souběžné práci. Neznamená to však, že všichni musí sedět v jedné kanceláři. Pokud je instalována technologie PDM, distribuuje informace a spravuje vztahy mezi lidmi, procesy, daty a aplikacemi použitými k vytvoření dat.

Proto studenti nevytváří uvedený mikroskop sami – každý „na vlastní pěst“ - ale jsou rozděleni do týmů a spolupracují v simulovaném prostředí propojených systémů:

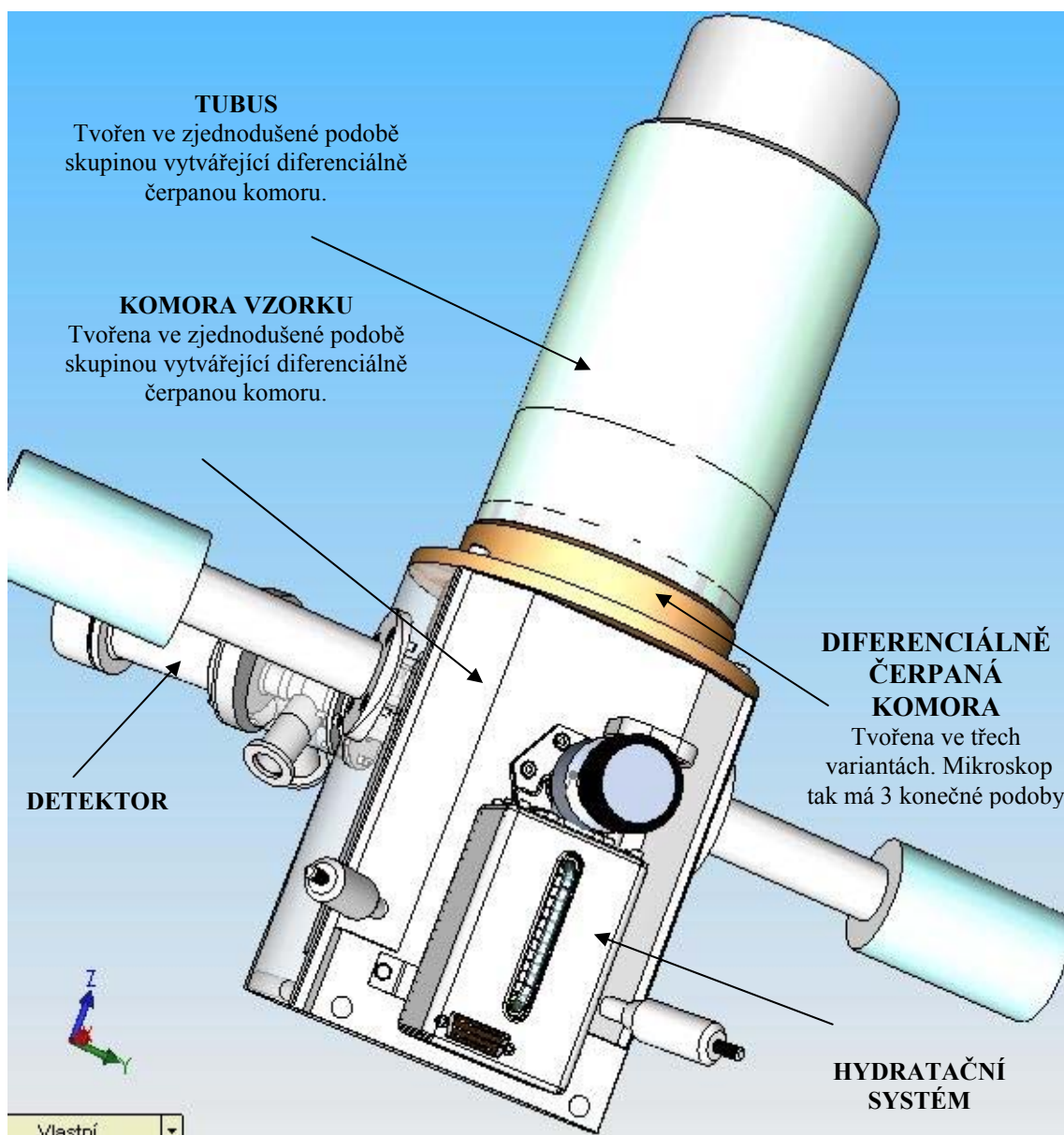
- **Oblast EPD – systém SolidWorks**
- **Oblast PDM – systém PDMWorks**

V tomto prostředí se učí studenti pracovat pod systémem **pro řízení toku dat během týmové práce**. Mimo jiné poznávají, že díky automatickému zaznamenávání historie, revizí a verzí dokumentů se **výrazně snižuje množství chyb a opakované práce** a především umožňuje přesně řídit přístup k dokumentům, určit kdo může s jakým dokumentem pracovat či zjišťovat kdo, kdy, jaké změny a z jakého důvodu provedl. PDMWorks také plní úlohu řízeného oběhu dokumentů napříč celou společností a může řídit nejen data SolidWorksu, ale i ostatní soubory používané na platformě Windows.

Uvedený simulovaný projekt mikroskopu se tak skládá ze tří základních celků mikroskopu (obr. 3):

- 1. DIFERENCIÁLNĚ ČERPANÉ KOMORY,**
- 2. DETEKTORU,**
- 3. HYDRATAČNÍHO SYSTÉMU.**

Vzhledem k počtu dílů, ze kterých se jednotlivé celky skládají, tak studenti vytvářející diferenciálně čerpanou komoru vytváří ještě zjednodušený tubus a komoru vzorku.



**Obr. 3** Enviromentální rastrovací elektronový mikroskop AQUASEM II.

Jak bude uvedeno dále, studenti jsou rozděleni do skupin a podle zadané výrobní dokumentace každá skupina v prostředí PDM vytváří jednu část mikroskopu, dosazují ji do společného celku.

Ale to není vše. Aby byl příklad ještě více podoben praxi, studenti společně vytvoří pouze jeden projekt, na kterém by se podílela každá skupina svojí částí, ale tvoří 3 projekty, které jsou z větší části stejné, ale určitými díly se liší. Potom každá skupina má přístup a vstupuje pouze do projektu, do kterého dodává svojí část a ostatní projekty má přístupné „pouze pro čtení“ (viz. dále).

Jedná se tedy o vývoj elektronového mikroskopu, na jehož modelu budou studenti kromě kontroly kolizí apod. především pomocí modulu Cosmos FloWorks hledat optimální tvar diferenciálně čerpané komory pro čerpání plynu k vytvoření vakua. Toto optimální řešení volí studenti ze 3 vytvářených variant, které mají podobu tří projektů:

V praxi tedy studenti tvoří tři projekty - kompletní:

1. Mikroskop s **uzavřenou variantou diferenciálně čerpané komory**.
2. Mikroskop s **otevřenou variantou diferenciálně čerpané komory**.
3. Mikroskop s **otevřenou variantou diferenciálně čerpané komory s kuželem**.

## 5. Rozdělení studentů

Aby tyto projekty studenti dokázali vytvořit, jsou rozděleni do skupin:

1. První skupina vytváří **uzavřenou diferenciálně čerpanou komoru**,
2. druhá skupina vytváří **otevřenou diferenciálně čerpanou komoru**,
3. třetí skupina vytváří **detektor**,
4. čtvrtá skupina vytváří **hydratační systém**,
5. pátá skupina vytvoří **odlišnou součást**, která vytvoří z otevřené diferenciální komory **variantu otevřenou s kuželem**. Jedná se pouze o jednu součást, proto ve skupině je pouze jeden student, který je zároveň členem i skupiny pro tvorbu komory otevřené.

Potom každá skupina vstupuje do projektu, pro který funguje a vkládá do něj svoji vytvářenou část mikroskopu.

**Tabulka 1:** Přístupy jednotlivých skupin do projektů.

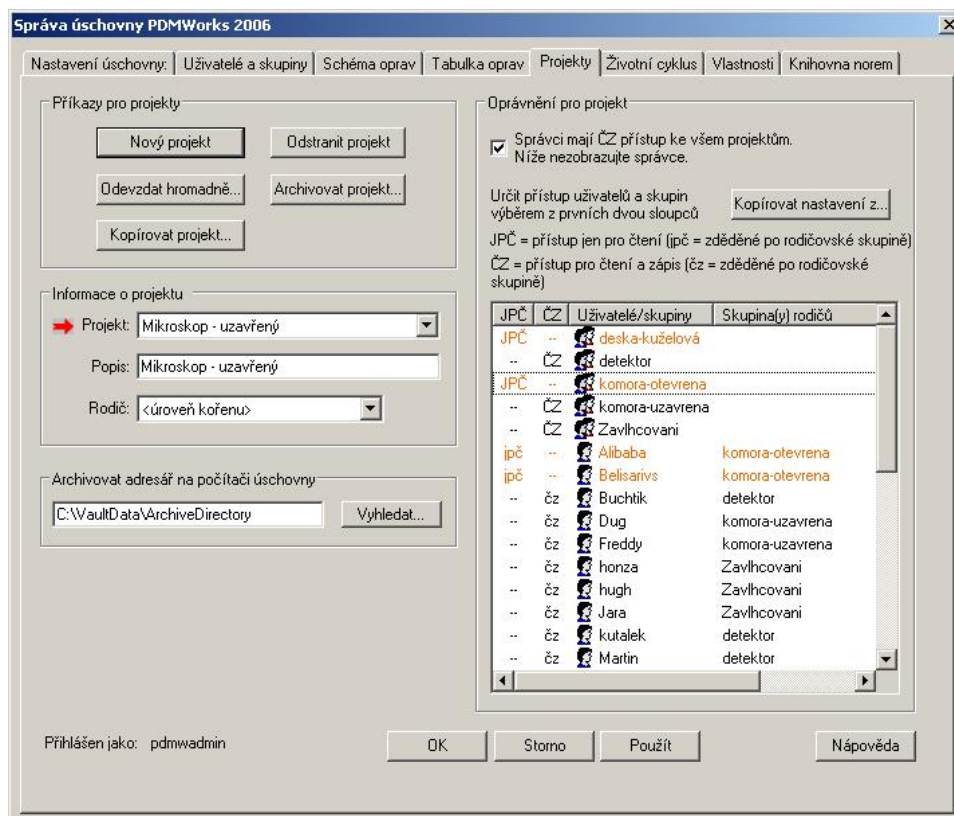
| Skupiny                                   | Projekt uzavřené varianty | Projekt otevřené varianty | Projekt otevřené varianty kuželové |
|-------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| <b>uzavřená komora</b>                    | <b>X</b>                  |                           |                                    |
| <b>otevřená komora</b>                    |                           | <b>X</b>                  | <b>X</b>                           |
| <b>detektor</b>                           | <b>X</b>                  | <b>X</b>                  | <b>X</b>                           |
| <b>hydratační systém</b>                  | <b>X</b>                  | <b>X</b>                  | <b>X</b>                           |
| <b>díl pro otevřenou komoru s kuželem</b> |                           |                           | <b>X</b>                           |

Při nastavování systému PDM tedy existují tři projekty, do kterých jednotliví studenti z pozice svých skupin vstupují a vkládají do projektů své hotové části.

Ukázka nastavení práv PDM systému u projektu „mikroskop – uzavřený“ je na obr. 4. Zde je patrné, že skupiny: Detektor, Komora-uzavřená, Zavlhčování (hydratační zařízení) mají přístup „ČZ“ – tedy povoleno čtení i zápis, zatímco skupiny Komora-otevřená a Deska-kuželová mají přístup „JPČ“ – tedy pouze pro čtení.

Níže uvedení studenti patřící do jednotlivých skupin mají u svého jména automaticky analogickou značku, pokud by nebylo nastaveno výjimečně jinak.

V tomto článku jde pouze o ukázkou využití systému, podrobnější popis nastavení a možností systému PDM Works je mimo možnosti tohoto článku a je uveden v publikaci: MAXA, J. *Teorie zavedení simulovaného prostředí EPD a PDM do výuky*. Brno – VUT, FEKT, 2007.

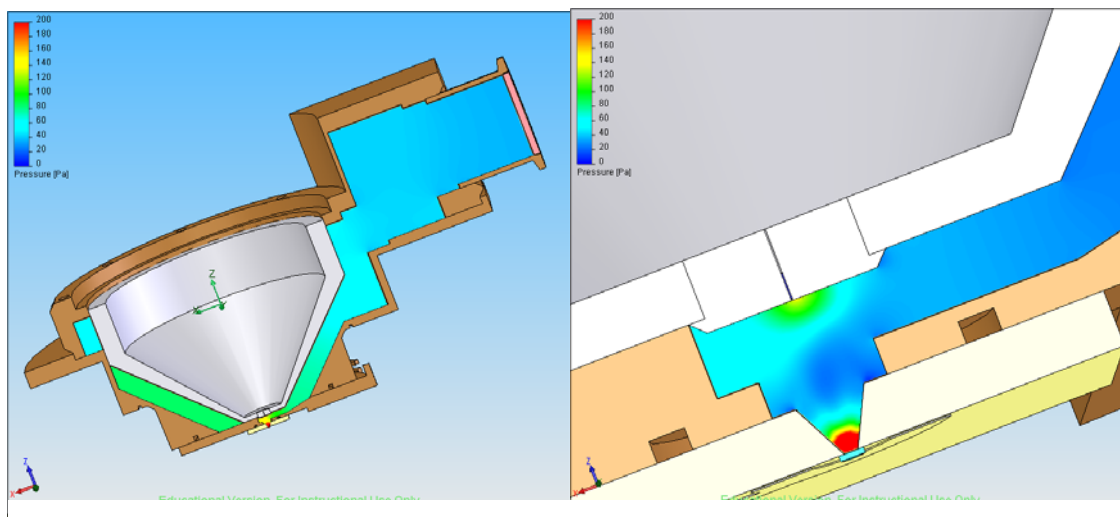


**Obr. 4** Ukázka nastavení práv PDM systému u projektu „mikroskop – uzavřený.“

## 6. Analýza pomocí Cosmos FloWorks

Systém Cosmos FloWorks umožňuje zpracovávat výsledky mnoha způsoby. V našem případě využíváme výsledky, podle kterých je možné určit variantu diferenciálně čerpané komory, u které při čerpání plynu pro vytvoření vakua v této komoře bude mít primární svazek elektronů při jejím průchodu nejméně rušený průběh. To znamená, že budeme sledovat především průběh tlaků na této dráze.

V první řadě můžeme sledovat průběh tlaků v diferenciálně čerpané komoře – především místě primárního svazku – na grafickém výstupu. Na obr. 5 je malá ukáзка rozložení tlaků v grafickém módu pro první orientaci. Systém ale především umožňuje načrtnout křivku – v našem případě přímku – ve sledované dráze primárního svazku elektronů, kterou sledujeme a následně vyčíst a vynést do grafu požadované hodnoty průběhu statického tlaku plynu a vyhodnotit nejvýhodnější variantu diferenciálně čerpané komory.



**Obr. 5** Ukázky analýzy pomocí systému Cosmos FloWorks.

## 7. Závěr

Uvedená metodika výuky EPD a PDM se v praxi ukázala jako velmi vhodně řešená, neboť ve stručnosti umožnila jak poukázat v celé šíři na výhody určující zvýšenou schopnost podniku obstát ve stále rostoucím konkurenčním prostředí díky zefektivnění přípravy výroby, tak i naučit studenty základnímu ovládnutí v celém širokém spektru a souvislosti EPD (CAD, CAE, CAM) a PDM.

## 8. Literatura

1. MAXA, J. *Teorie zavedení simulovaného prostředí EPD a PDM do výuky*. Brno – VUT, FEKT, 2007.
2. NEDĚLA V., AUTRATA R.: *Environmentální rastrovací elektronová mikroskopie*, Československý časopis pro fyziku, (3) (2005) 251.
3. MAXA, J.: *Experience with the establishment of teaching EPD and PDM*. Journal of mechanical engineering, 4th Int. Conference Design to Manufacture in Modern Industry, University of Maribor, 1999, str. 811 - 817.
4. [www.solidvision.cz](http://www.solidvision.cz)

**Lektoroval:** Doc. Ing. Vladimír Horák, CSc

Článek byl podpořen Akademií věd ČR, Grant KJB 200650602.

### Kontaktní adresa:

Jiří Maxa, Ing. Mgr. Ph.D.,  
Ústav elektrotechnologie, FEEC, VUT Brno,  
Údolní 53, 602 00 Brno, ČR, tel. 00420 541 146  
356, fax 00420 541 146 147,  
e-mail [maxa@feec.vutbr.cz](mailto:maxa@feec.vutbr.cz)

Vilém Neděla, Ing. et Ing.  
Ústav Přístrojové techniky AV ČR,  
Královopolská 147, 612 64 Brno,  
tel.: 420541514333, fax.: 420541514402,  
e-mail: [vilem@isibrno.cz](mailto:vilem@isibrno.cz);