

Numerické metódy v procese vývoja automatickej práčky

Maroš Bohunčák

SvF STU

8.2.2014

Obsah

- Úvod, Whirlpool
- SBD vo vývoji AP
- Základné princípy výpočtových softvérov
 - Čo je FEA
 - Typy analýz
 - Lineárna statická analýza
 - Nelineárna statická analýza
 - Dynamická analýza
 - Optimalizačné metódy
- Softvérove okienko: Altair Hyperworks, Ansys, LS-Dyna, LS PrePost, Msc Adams
- Ukážka 1 – Modálna analýza pracieho agregátu
- Ukážka 2 – Simulácia pádovej skúšky AP

Whirlpool

- Založená v 1911, Lou Upton, Saint Joseph, MI
- Práčky, sušičky, umývačky, chladničky, rúry, mikrovlnky...
- 2014 - 68 000 zamestnancov po celom svete
- 21 rokov na Slovensku
- Poprad - viac ako 2 milióny pračiek ročne



Whirlpool

Vertikálna os otáčania bubna:



Whirlpool

Horizontálna os otáčania bubna:

Zvrchu plnená práčka



Spredu plnená práčka



SBD, Typy simulácií

- SBD (Simulation Based Design) – Analytický proces, ktorý využíva počítačové simulácie pri navrhovaní, overovaní a optimalizácii dizajnu produktu/komponentu

Výhody:

- Predikcia správania sa navrhovaného komponentu ešte pred zostavením a testovaním reálneho prototypu
- Možnosť vyhodnotenia a overenia veľkého množstva dizajnov už na začiatku vývojového cyklu komponentu
- Zníženie časových a finančných nákladov na výrobu prototypov

Predikcia pomocou SBD:

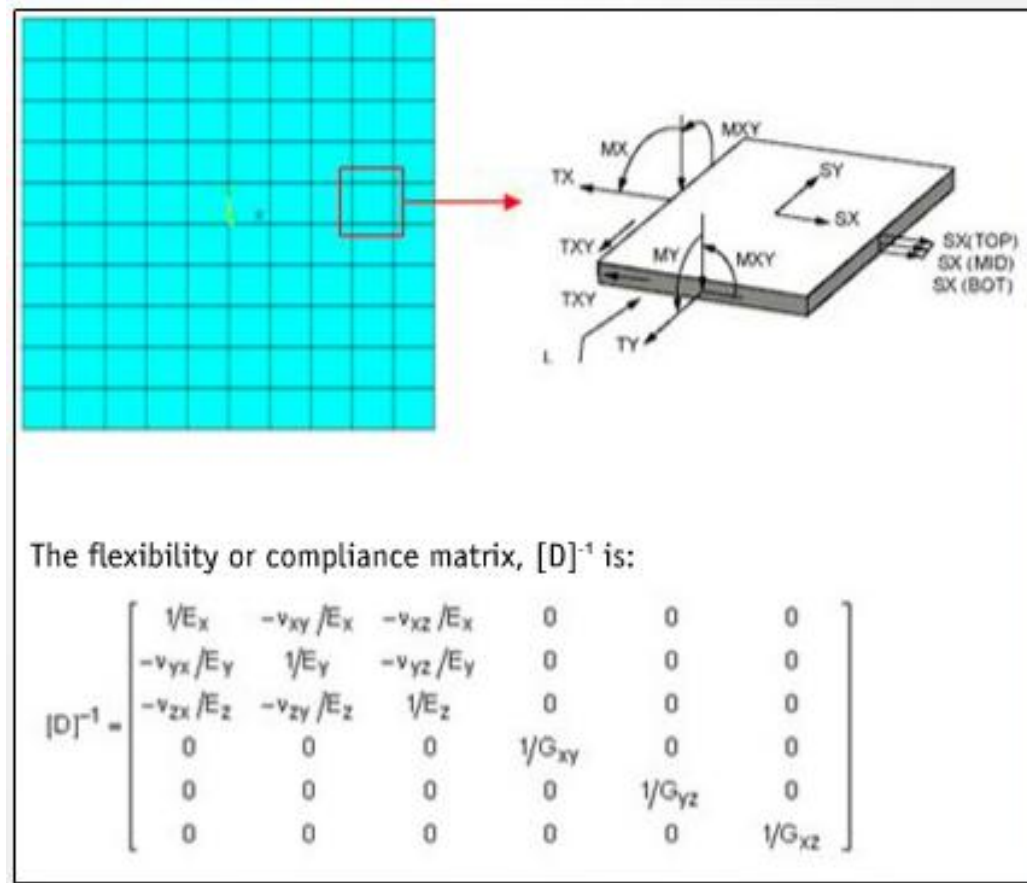
- Deformácie, distribúcia napätia, únava a lomy, vibrácie a hluk, teplota, tepelný tok, tok tekutín, spalovanie, optimalizácia tvaru...

SBD, Typy simulácií

- Relatívne jednoduché a rýchle „ručné“ výpočty
- Komplexné simulácie poskytujúce detailné odpovede napríklad na otázky ohľadom tuhosti, resp. vplyvu materiálových vlastností na správanie sa komponentu
 - Finite element analysis (Metóda konečných prvkov) - štrukturálne, vibrácie, pádové simulácie
 - Computational fluid dynamics (Metóda konečných objemov) - tepelný tok, spalovanie, tok tekutín
 - Multi-body dynamics (Num. metódy na riešenie pohybových rovníc) - simulácie pohybujúcich sa častí

Základné princípy výpočtových softvérov

- FEA (Finite Element Analysis) – Matematická technika, ktorá používa PDR na simulovanie geometrie, materiálových vlastností a zaťaženia reálneho fyzikálneho systému



Základné princípy výpočtových softvérov

Štruktúrna FEA

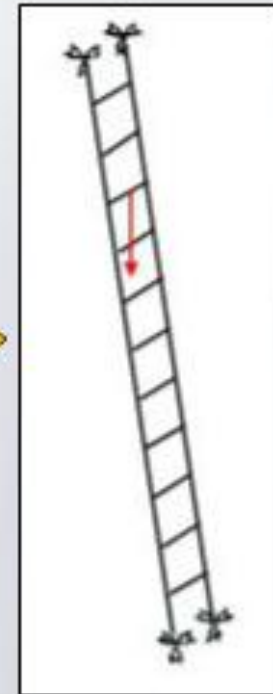
- Pomocou štruktúrnej FEA môžeme analyzovať:
 - Tuhosť a pevnosť
 - Deformácie (ohyb, krútenie, vzper...)
 - Posunutia a distribúcia napätí

Základné princípy výpočtových softvérov

Aproximácia reality

Ako dobre FEA aproximuje realitu závisí od:

- Typ simulácie
- Simulačná technika
- Vstupné dáta
- Jemnosť siete



Základné princípy výpočtových softvérov

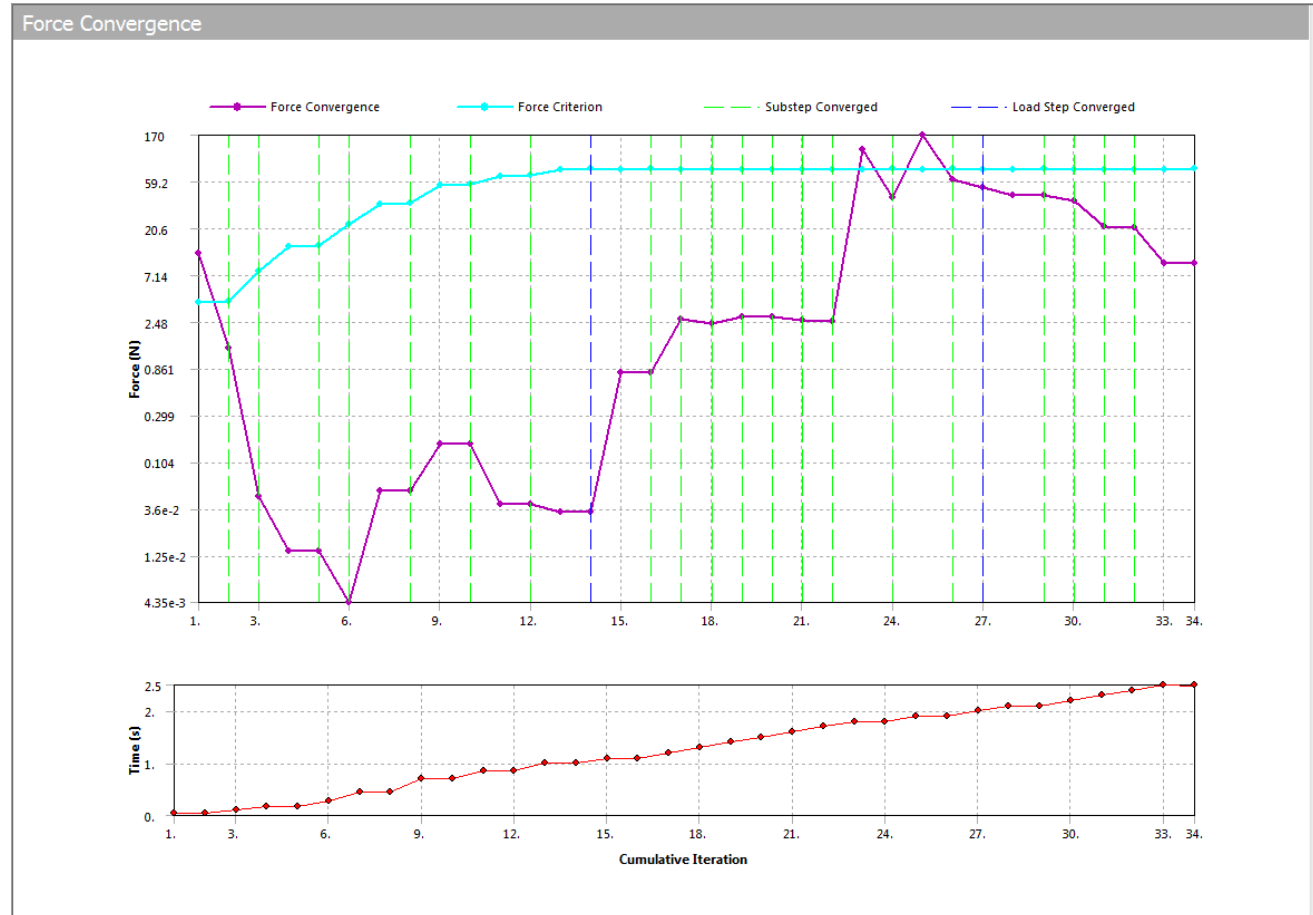
Výhody FEA

- Zvyšuje produktivitu, znižuje náklady, šetrí čas, skracuje vývojový cyklus, vytvára spoľahlivejšie dizajny
- Redukuje náklady na prototypovanie
- Simuluje ťažko vyrobiteľné prototypy

Základné princípy výpočtových softvérov

Postup FEA

- Pre-processing
- Solving
- Post-processing



Základné princípy výpočtových softvérov

Typy analýz

- Statická
 - Lineárna
 - Nelineárna

- Dynamická
 - Lineárna
 - Nelineárna

Základné princípy výpočtových softvérov

Typy analýz (pokračovanie)

Statická analýza

- Zaťaženie sa nemení v čase
- Kvázy statická - ak sa zaťaženie mení veľmi pomaly a zotrvačné vlastnosti sú zanedbateľné


Static Analysis Equation

Inertia Portion

Damping Portion

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\}$$

0 0 Constant


$$[K]\{u\} = [F]$$

The general equation of motion is simplified for the static condition.

Základné princípy výpočtových softvérov

Typy analýz (pokračovanie)

Dynamická analýza

- Zohľadňuje hustotu
- Explicitné výpočty – pádové skúšky

Dynamic Analysis Equation

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + [K]\{u\} = \{F(t)\}$$

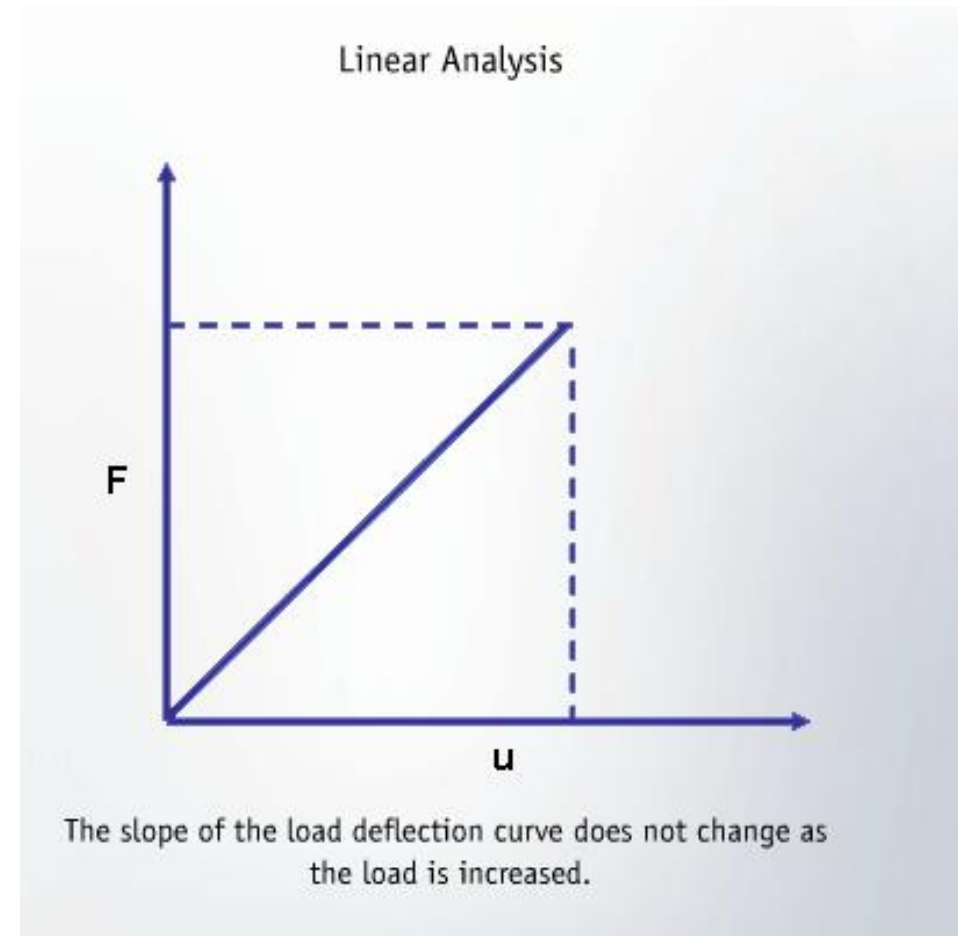
The general equation of motion applies fully.

Základné princípy výpočtových softvérov

Typy analýz (pokračovanie)

Lineárna analýza

- Ak sa vstupné dáta zdvojnásobia, zdvojnásobia sa aj výstupné dáta
- Deformovaný stav môže byť aproximovaný nedeformovaným
- Nezáleží na poradí aplikovania zaťaženií
- Časovo nenáročná

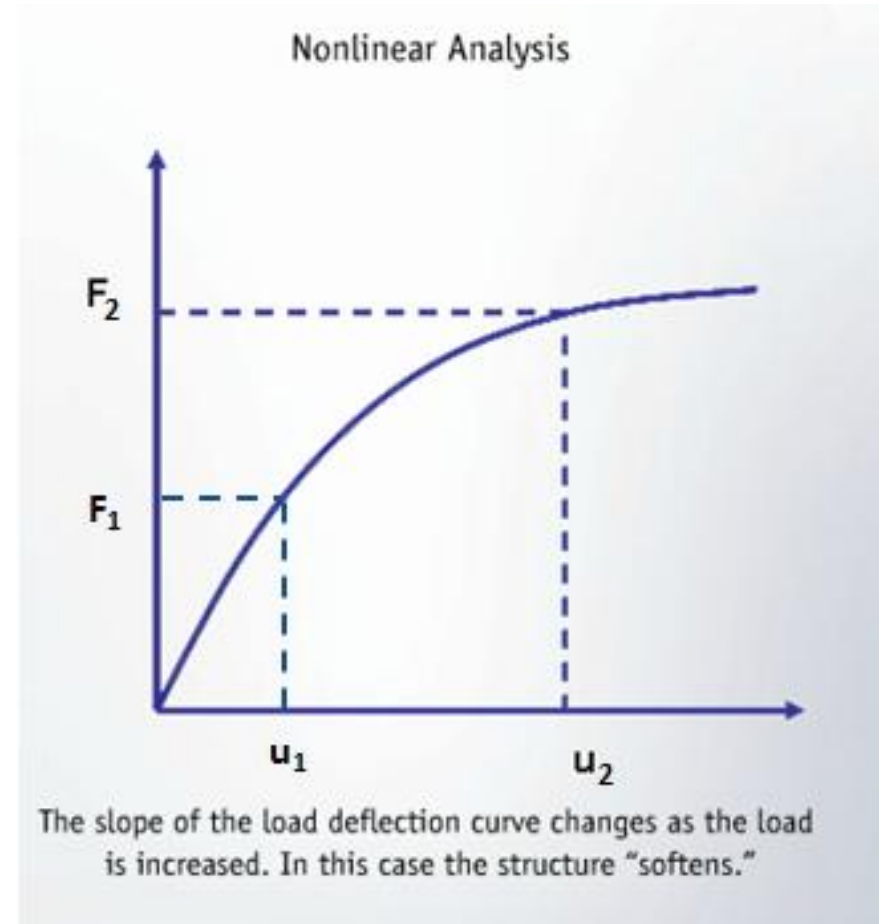


Základné princípy výpočtových softvérov

Typy analýz (pokračovanie)

Nelineárna analýza

- Ak sa vstupné dáta zdvojnásobia, výstupné dáta nemusia byť dvojnásobné
- Vzťah medzi zaťažením a odozvou nie je dopredu známy
- Iteračný proces



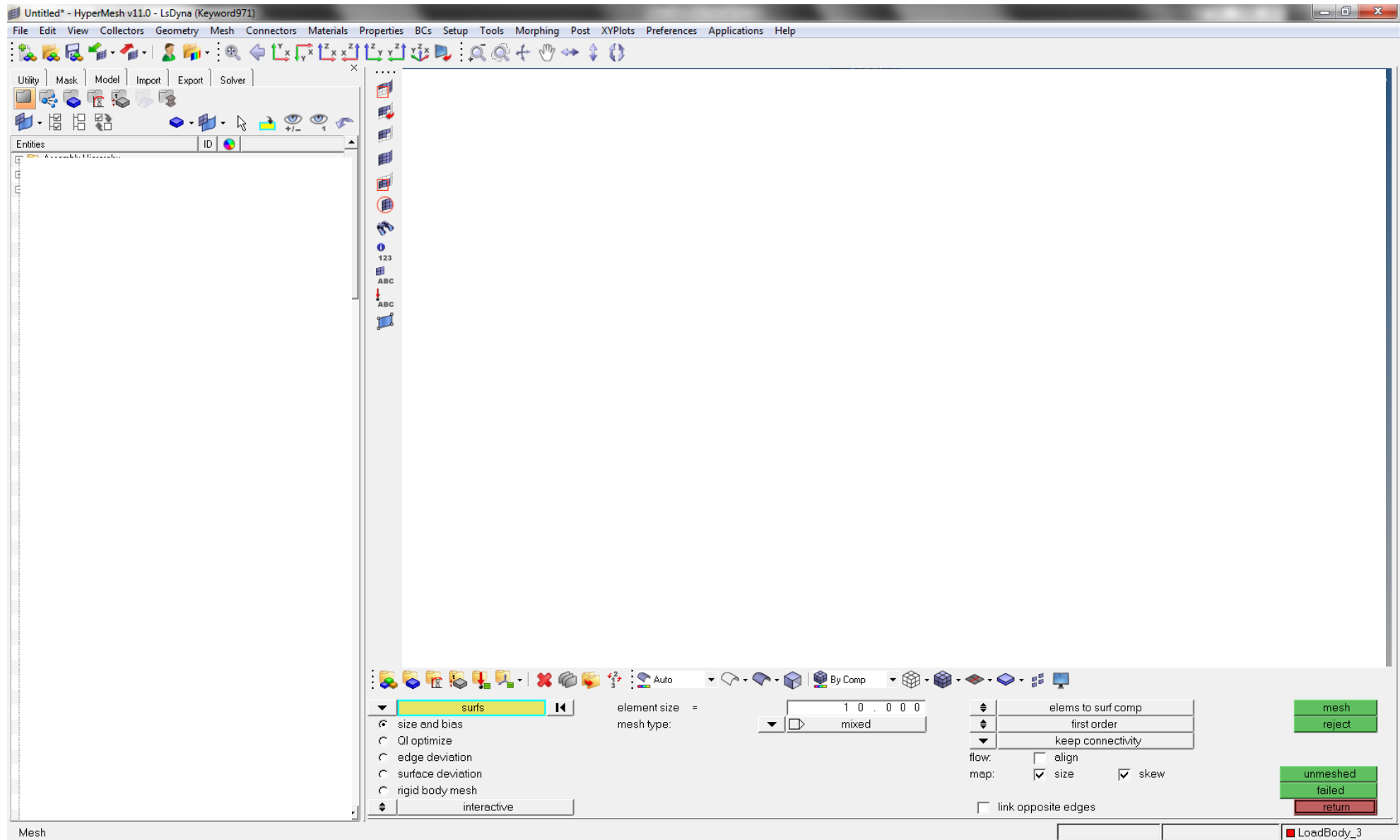
Základné princípy výpočtových softvérov

Optimalizačné metódy

- Topologická optimalizácia – optimalizácia rebrovej štruktúry remenice

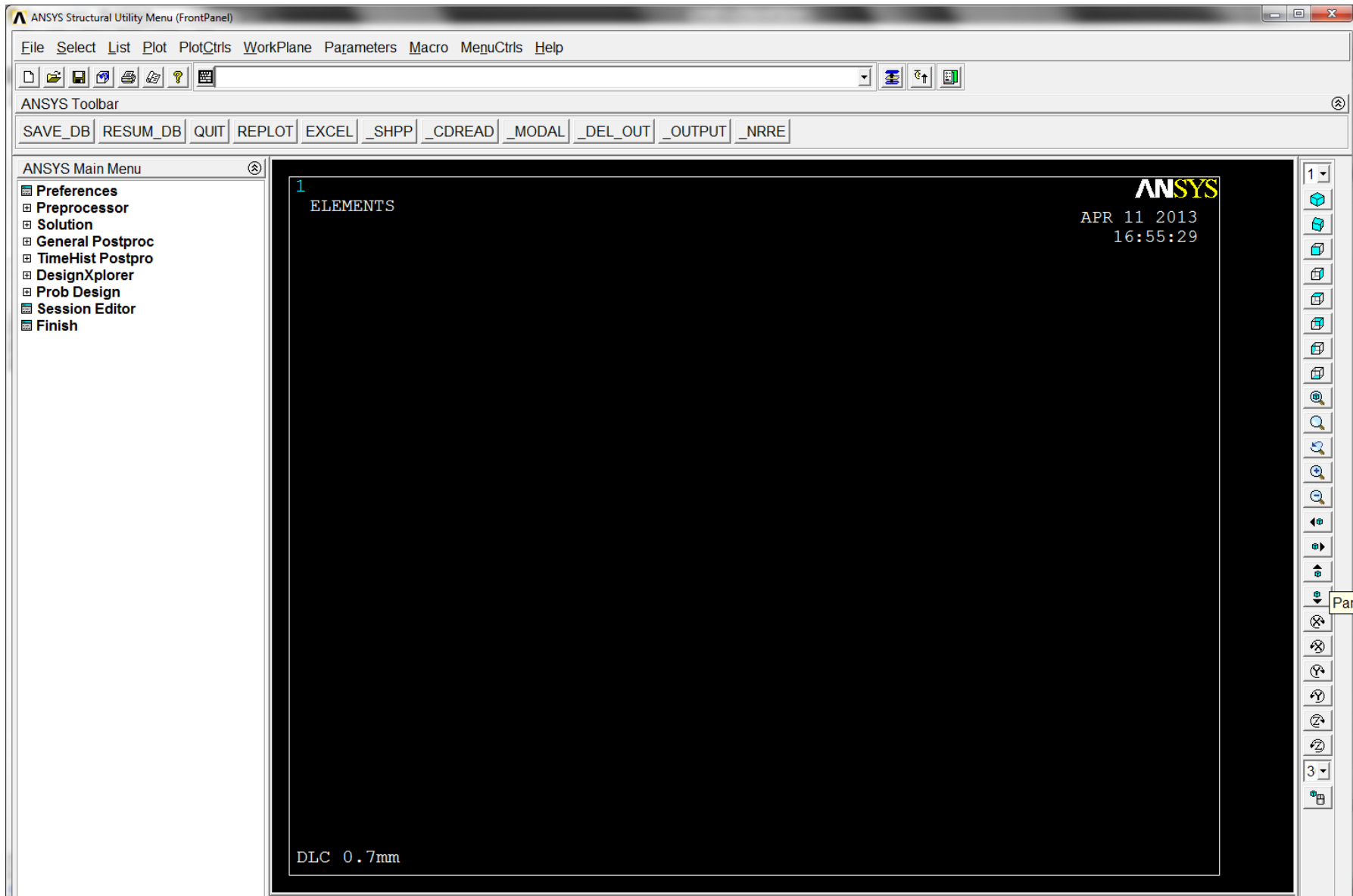
SW okienko - Altair HyperWorks, Ansys, LS-PrePost, LS-Dyna, Msc Adams

- HyperMesh, HyperView, HyperGraph, OptiStruct



SW okienko - Altair HyperWorks, Ansys, LS-PrePost, LS-Dyna, Msc Adams

- Ansys classic



SW okienko - Altair HyperWorks, Ansys, LS-PrePost, LS-Dyna, Msc Adams

• Ansys Workbench

The screenshot displays the Ansys Workbench interface for a project named 'Brace_current'. The main workspace shows a 'Project Schematic' area. On the left, the 'Toolbox' contains various analysis systems such as Design Assessment, Harmonic Response, Linear Buckling, Modal, Random Vibration, Response Spectrum, Rigid Dynamics, Shape Optimization (Beta), Static Structural, Steady-State Thermal, Thermal-Electric, Transient Structural, and Transient Thermal. On the right, the 'Outline of Schematic P5: Setup' panel is visible, along with the 'Properties of Schematic P5: Setup' table.

	A	B
1	Property	Value
2	General	
3	Component ID	Setup 7
4	Directory Name	SYS-8
5	System Information	
6	Physics	Structural
7	Analysis	Static Structural
8	Solver	Mechanical APDL

The 'Messages' panel at the bottom shows several error and warning messages:

	A	B	C	D
1	Type	Text	Association	Date/Time
2	Informational	ANSYS news messages could not be loaded because no external internet connection was found. http://www.ansys.com/rss/ansys-news.rss		11. 4. 2013 11:38:23
3	Error!	Unable to view geometry. Unable to get model.		22. 3. 2013 17:17:25
4	Warning!	Unable to obtain linked environment IDs. Unable to get model.		22. 3. 2013 17:17:24
5	Warning!	Unable to set generate input file. Unable to get environment.		22. 3. 2013 17:17:24
6	Error!	Unable to view qeometry. Unable to get model.		22. 3. 2013 17:17:03

The 'Progress' panel at the bottom shows a single entry:

	A	B	C
1	Status	Details	Progress

At the bottom of the interface, there are buttons for 'View All / Customize...', 'Starting Mechanical...', 'Hide Progress', and 'Hide 33 Messages'.

SW okienko - Altair HyperWorks, Ansys, LS-PrePost, LS-Dyna, Msc Adams

• Mechanical

ANSYS 14.0

Outline

- Project
 - Model (I4)

Details of "Model (H4)"

- Filter Options
 - Control Enabled
- Lighting
 - Ambient 0.1
 - Diffuse 0.6
 - Specular 1
 - Color

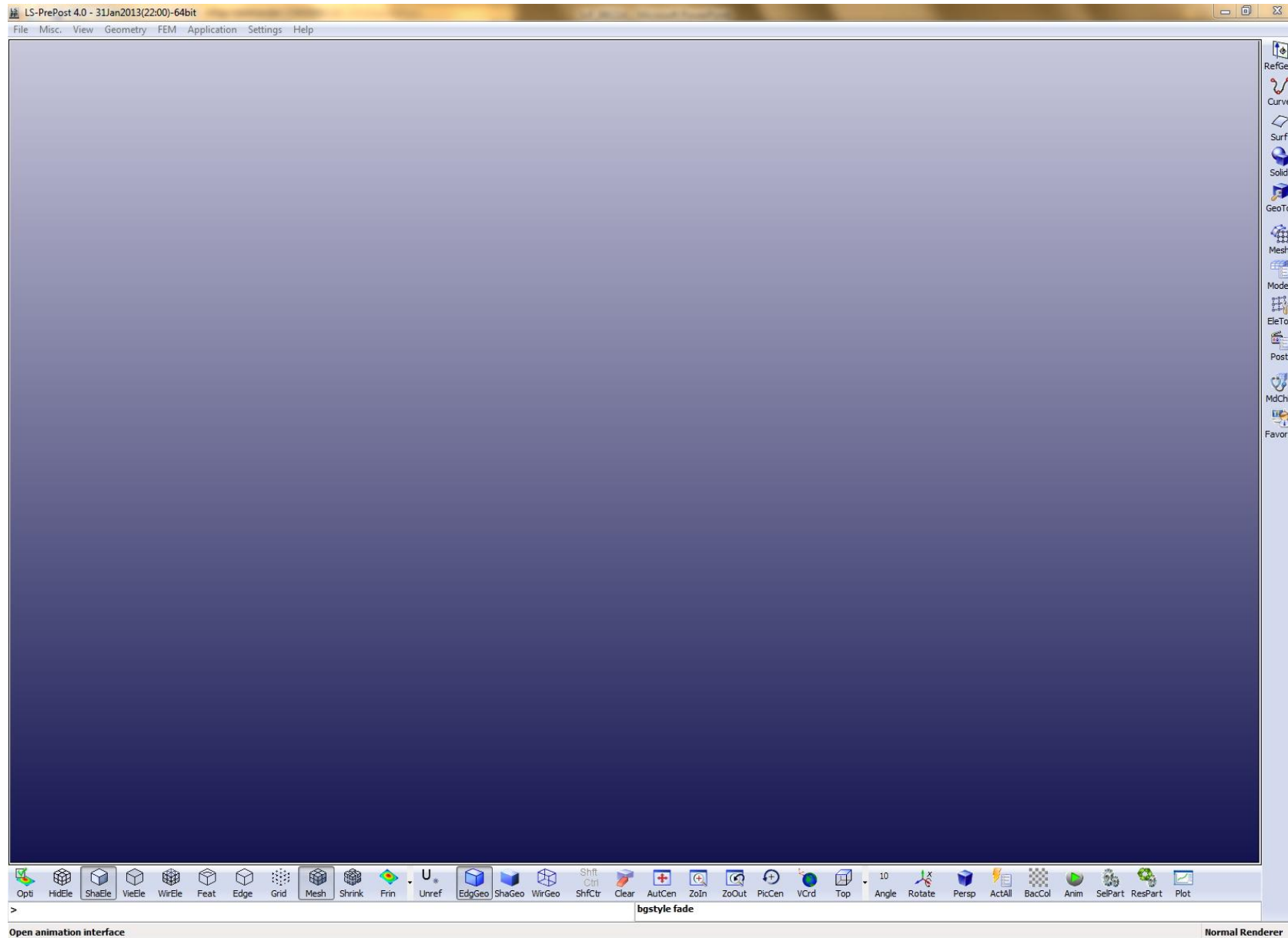
Messages

Text	Association	Timestamp
Error	A geometry selection is required	Project>Model>Virtual Topology>Virtual Face 2
Error	A geometry selection is required	Project>Model>Virtual Topology>Virtual Face
Warning	One or more contact regions may not be in initial contact. Check results carefully. Ref:	Project>Model>Static Structural>Solution
Warning	An iterative solver was used for this model. However, a direct solver may enhance perf:	Project>Model>Static Structural>Solution
Warning	One or more bodies may be underconstrained and experiencing rigid body motion. We	Project>Model>Static Structural>Solution

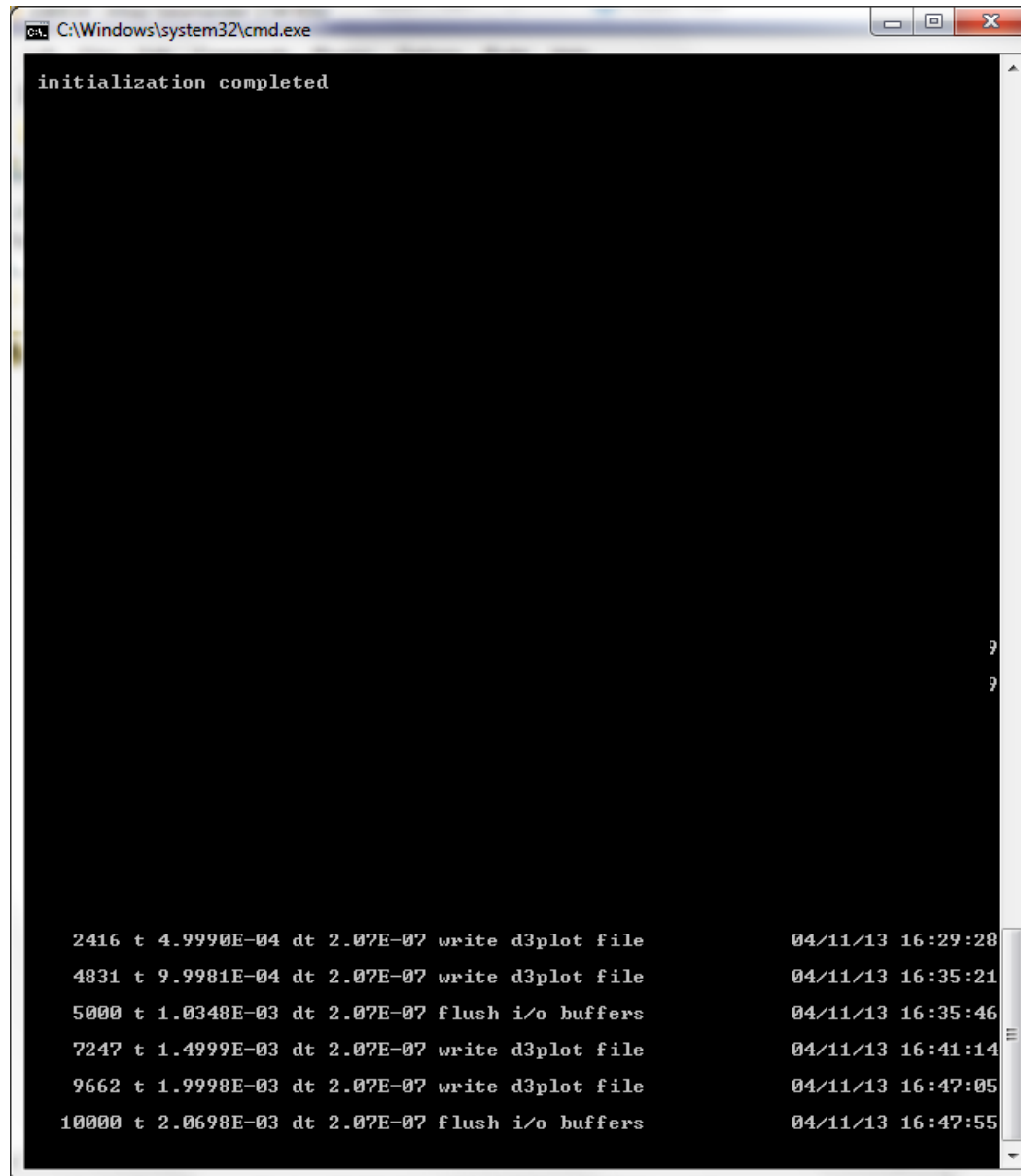
0.00 17.50 35.00 52.50 70.00 (mm)

Press F1 for Help | 5 Messages | No Selection | Metric (mm, kg, N, s, mV, mA) Degrees RPM Celsius

SW okienko - Altair HyperWorks, Ansys, LS-PrePost, LS-Dyna, Msc Adams



SW okienko - Altair HyperWorks, Ansys, LS-PrePost, **LS-Dyna**, Msc Adams

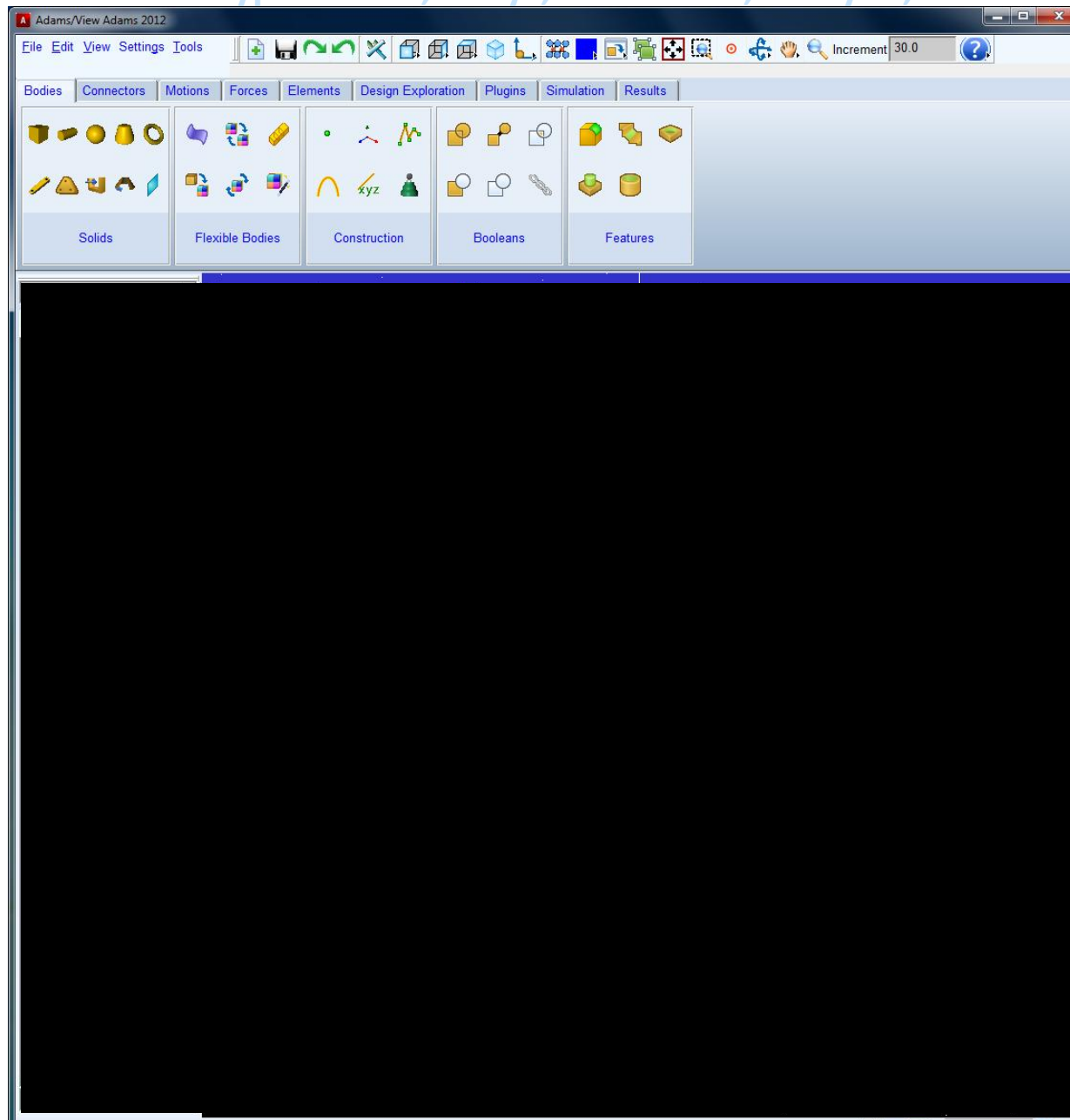


```
C:\Windows\system32\cmd.exe

initialization completed

2416 t 4.9990E-04 dt 2.07E-07 write d3plot file 04/11/13 16:29:28
4831 t 9.9981E-04 dt 2.07E-07 write d3plot file 04/11/13 16:35:21
5000 t 1.0348E-03 dt 2.07E-07 flush i/o buffers 04/11/13 16:35:46
7247 t 1.4999E-03 dt 2.07E-07 write d3plot file 04/11/13 16:41:14
9662 t 1.9998E-03 dt 2.07E-07 write d3plot file 04/11/13 16:47:05
10000 t 2.0698E-03 dt 2.07E-07 flush i/o buffers 04/11/13 16:47:55
```


SW okienko - Altair HyperWorks, Ansys, LS-PrePost, LS-Dyna, Msc Adams



Ukážka 1 – Statická analýza pracieho agregátu

Ukážka 2 – Simulácia pádovej skúšky AP

Ďakujem za pozornosť!