



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Roztoky -

Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Vysoké učení technické v Brně – doc. Ing. Pavel Novotný, Ph.D.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze – Ing. Miroslav Emrich, Ph.D.

Technická univerzita v Liberci – Ing. Robert Voženílek, Ph.D.

Hlavní cíl balíčku

Výzkum, vývoj a realizace výpočtových a experimentálních přístupů vhodných ke kompletnímu řešení mechanických ztrát s následnými návrhy pro snížení spotřeby paliv a emisí CO₂ budoucích pohonných jednotek na bázi spalovacích motorů, elektromotorů nebo hybridních pohonů.

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Výzkum a vývoj výpočtových metod pro řešení mechanických ztrát pístní skupiny do 12/2014. Vývoj pokročilých experimentálních metod určování mech. ztrát pístní skupiny do 12/2013.



Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Postup prací - ložiska (VUT v Brně)

- Výběr vhodného algoritmu řešení soustavy rovnic s uvažováním nelinearit
- Aplikace metody SOR ke snížení času potřebného pro řešení hydrodynamického problému

• Successive Overrelaxation (SOR)

- Gauss-Seidel method

$$\mathbf{x}^{(r)} = \mathbf{x}^{(r-1)} - (\mathbf{L} + \mathbf{D})^{-1} \cdot [(\mathbf{L} + \mathbf{D} + \mathbf{U}) \cdot \mathbf{x}^{(r-1)} - \mathbf{b}]$$

$$\mathbf{x}^{(r)} = \mathbf{x}^{(r-1)} - (\mathbf{L} + \mathbf{D})^{-1} \cdot \boldsymbol{\xi}^{(r-1)}$$

- Modification

$$\mathbf{x}^{(r)} = \mathbf{x}^{(r-1)} - \omega \cdot (\mathbf{L} + \mathbf{D})^{-1} \cdot \boldsymbol{\xi}^{(r-1)}$$

- Conditions

- Convergence only if $0 < \omega < 2$
- If $0 < \omega < 1$ - underrelaxation
- Only overrelaxation ($1 < \omega < 2$) is faster than Gauss-Seidel method

- Spectral radius of the Jacobi iteration

$$\rho_{Jacobi} = \frac{\cos \frac{2\pi}{J} + \left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right)^2 \cdot \cos \frac{2\pi}{L}}{1 + \left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right)^2}$$

- Overrelaxation parameter

$\omega = \dots$

- Iterations

• 1ST: Gauss-Seidel

• 2ND:
$$\omega = \frac{1}{1 - 0,5 \cdot \rho_{Jacobi}^2}$$

• 3RD and next:
$$\omega = \frac{2}{1 - 0,25 \cdot \omega^{(n)} \cdot \rho_{Jacobi}^2}$$

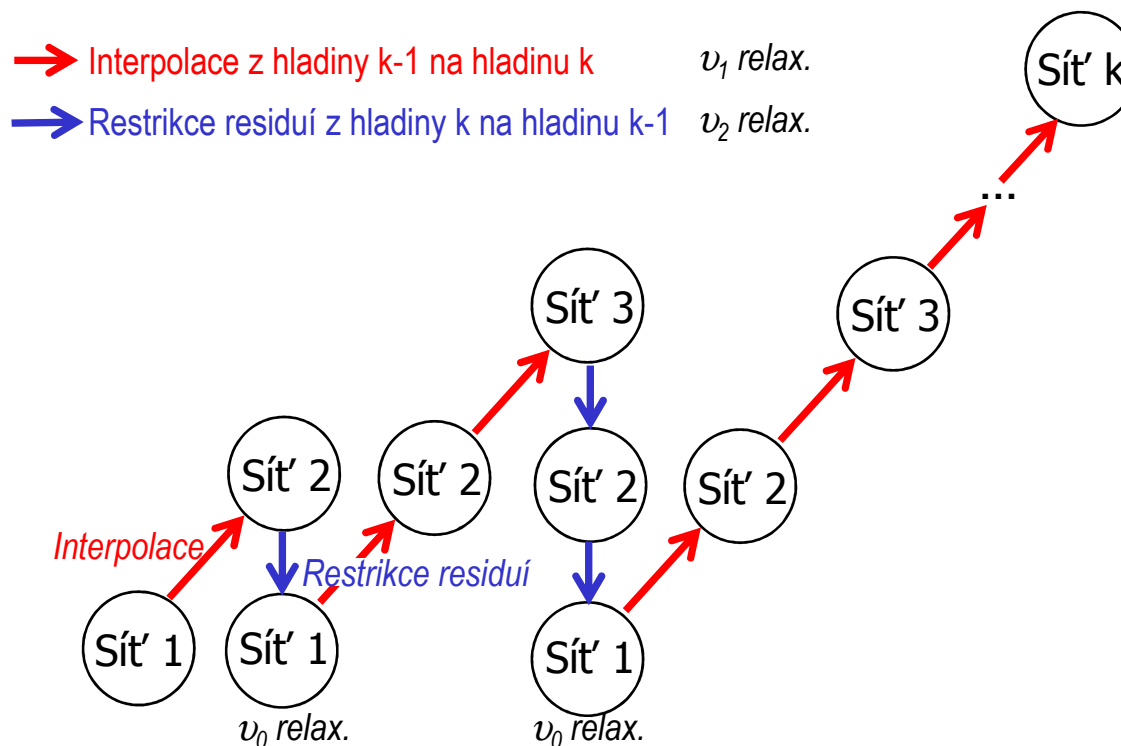
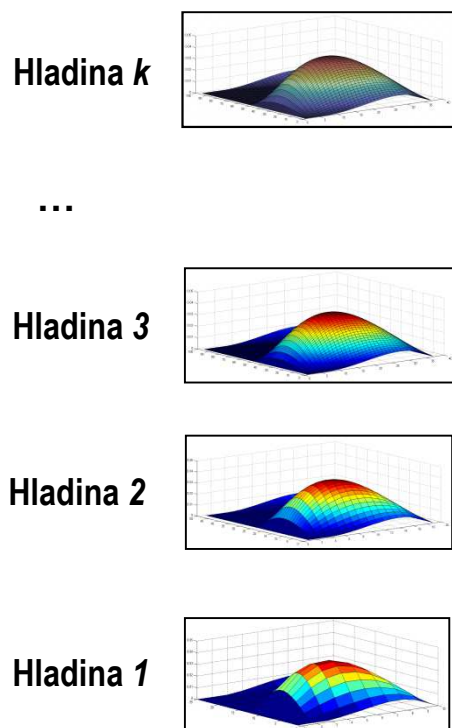
*PRESS, William H., Saul A. TEUKOLSKY, William T. VETTERLING a Brian P. FLANNERY. NUMERICAL RECIPES: The Art of Scientific Computing [online]. Third Edition. New York: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 2007, s. 1061-1065 [cit. 2012-10-01]. ISBN 978-0-511-33555-6.



Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Postup prací - ložiska (VUT v Brně)

- Aplikace přístupu Full Multi-grid a (ve variantě FAS) ke snížení času potřebného pro řešení hydrodynamického problému

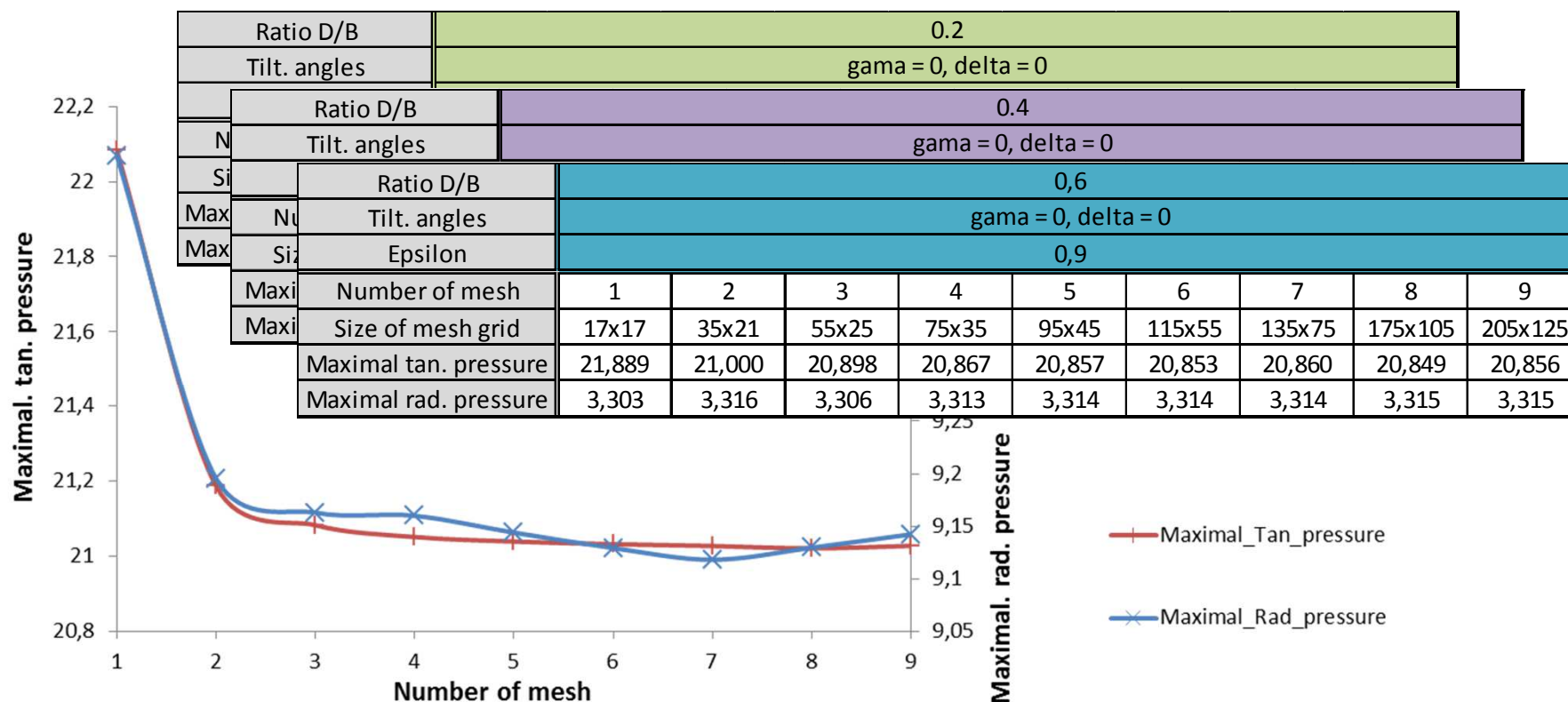




Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Postup prací - ložiska (VUT v Brně)

- Aplikace přístupu Multi-grid ke snížení času potřebného pro řešení kluzných ložisek
 - Testování optimální velikosti sítě popisující povrch ložiska





Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Postup prací - ložiska (VUT v Brně)

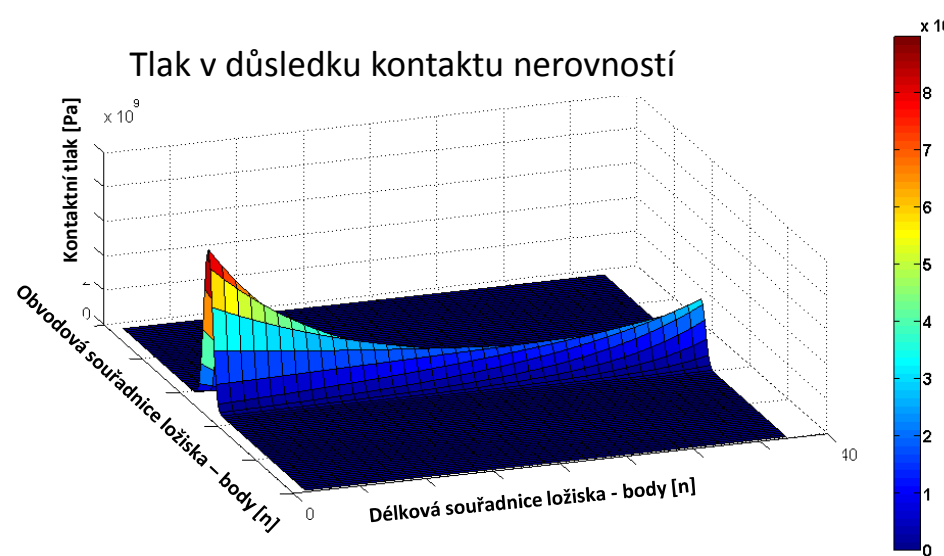
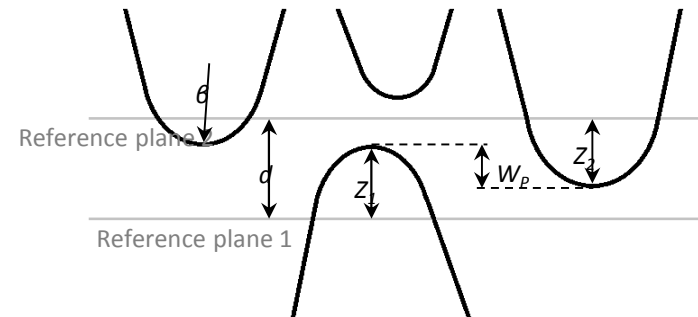
- Analýza integrálního popisu nerovnosti povrchů

$$p(d) = \frac{8\pi}{5} \cdot (\eta\beta\sigma) \cdot K \cdot F_{5/2} \left(\frac{d}{\sigma} \right)$$

$$K = \frac{2\sqrt{2}}{3} \cdot (\eta\beta\sigma) \cdot E' \cdot \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\beta}\right)}$$

$$\sigma = \sqrt{Ra_1^2 + Ra_2^2}$$

$$\frac{1}{E'} = \frac{1-\nu_1^2}{E_1} + \frac{1-\nu_2^2}{E_2}$$



*Greenwood, J.A., J. H. Tripp. The Contact of two Nominally Flat Rough Surfaces. Proc. Instn. Mech. Engrs. 185, 1970-1971



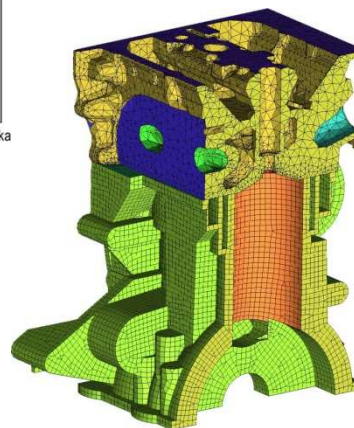
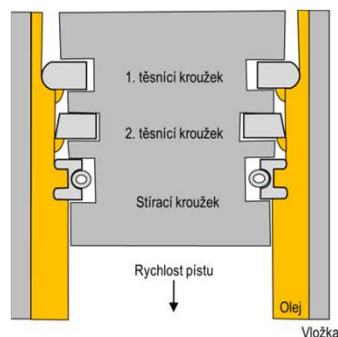
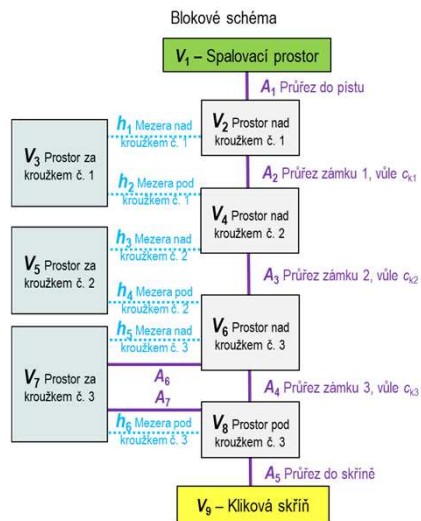
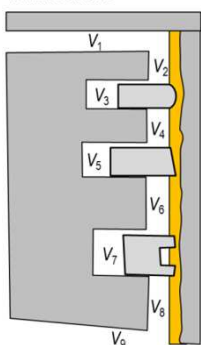
Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Postup prací – pístní skupina (VUT v Brně)

- Vývoj efektivních algoritmů sdruženého strukturálně – fluidního problému při řešení dynamiky pístních kroužků
- Aplikace prvních výpočtových přístupů na motor ŠKODA EA211

Profuk pístní skupinou ← → Dynamika pístní skupiny

Funkční schéma



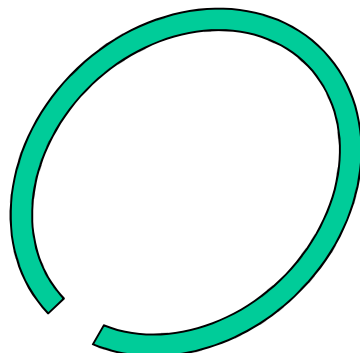


Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

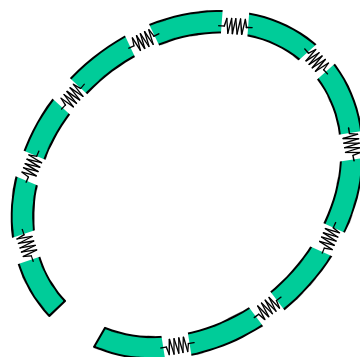
Postup prací – pístní skupina (VUT v Brně)

- Vývoj efektivních 3D modelů pístního kroužku
- Příprava vlastních funkcí (Fortran)
 - Kontakty kroužku a pístu/vložky
 - Tlak plynů
 - Hydrodynamický tlak
 - Tlak v důsledku nerovností
- Aplikace prvních výpočtových přístupů na motor ŠKODA EA211

Geometrický model
pístního kroužku



Diskrétní - pružný model
pístního kroužku





Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Rostoky -

Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Postup prací (ČVUT)

- Dokončena realizace zkušebního stanoviště vybaveného vývojovým zkušebním jednoválcem s dynamometrem AVL a plicním kompresorem
- Probíhá realizace vlastního systému ovládání zkušebního jednoválce



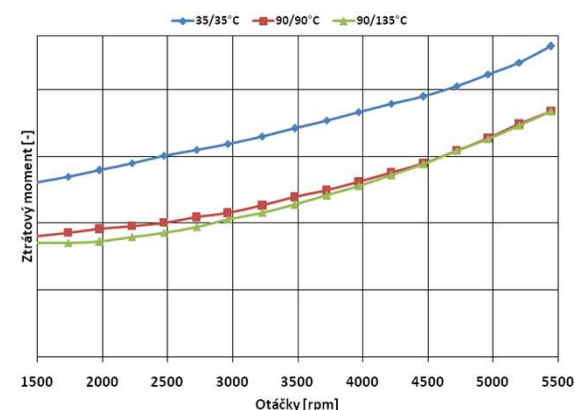


Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

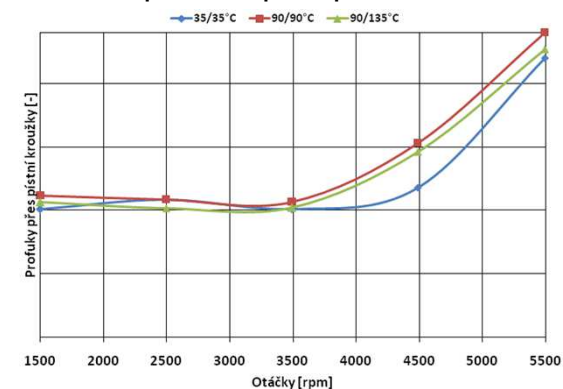
Postup prací (TUL)

- Přípravné práce na stanovišti pro měření mechanických ztrát spalovacího motoru za různých provozních podmínek
 - Příprava motoru pro zástavbu snímačů pro indikaci tlaku ve válci spalovacího motoru
 - Příprava pro měření profuků
 - Instalace přesnějšího přírubového snímače točivého momentu
- Měření mechanických ztrát spalovacího motoru protáčením. Sledovány hodnoty:
 - Ztrátového momentu (snímač Hottinger T10F),
 - Profuky přes pístní kroužky (AVL 442 BLOW BY METER) Indikace tlaků ve všech válcích motoru (AVL 619 INDIMER).
- Měření probíhalo za různých teplotních stavů mazacího oleje a chladicí kapaliny 35/35°C, 90/90°C, 90/135°C (teplota vody/teplota oleje °C) a v různých otáčkových režimech motoru (1500 min⁻¹ až 5500 min⁻¹ po 250 min⁻¹).

Průběh ztrátového momentu



Průběh profuků přes pístní





Popis plnění balíčku WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

- Využití numerických algoritmů pro řešení hydrodynamických problémů
 - WP06 ložiska rotorů turbodmýchadel
 - WP07 globální model kluzného ložiska
 - WP10 detailní model kluzného ložiska



Výtah z provedených prací na WP08: Snižování mechanických ztrát pohonných jednotek

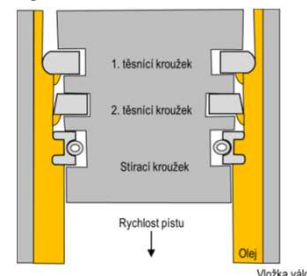
Hlavní výstupy

- Vývoj simulačních algoritmů pro řešení třecích ztrát pístních kroužků (VUT v Brně)
- Vývoj efektivních 3D výpočtových modelů kroužků (VUT v Brně)
- Vývoj simulačních algoritmů pro řešení EHD problémů (VUT v Brně)
- Vývoj vhodných technických experimentů pro stanovení třecích ztrát pístní (ČVUT)

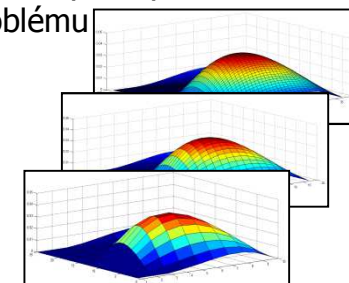
Experimentální jednoválec AVL



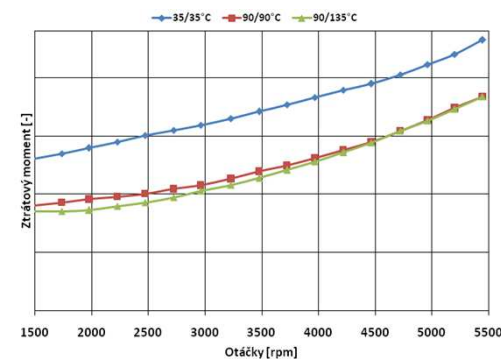
Principy řešení množství oleje na vložce válce



Multi-grid přístup pro řešení hydrodynamického problému



- Realizace technických experimentů pro stanovení třecích ztrát spalovacího motoru (TUL)



Průběh ztrátového momentu

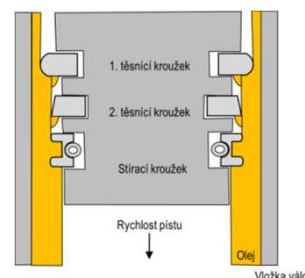


Abstract of WP08: Reducing mechanical losses of ICE

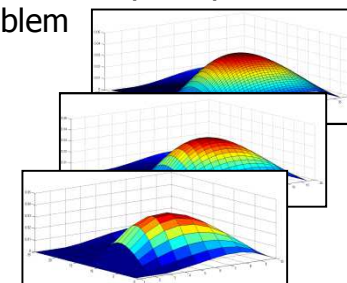
Current Main Results

- Development of simulation algorithms for solution of piston ring mechanical losses (BUT)
- Development of effective 3D piston ring computational models (BUT)
- Development of EHD simulation algorithms (BUT)
- Development of suitable technical experimental methods for a solution of mechanical losses (CTU)

Solution principles of oil amount on a liner



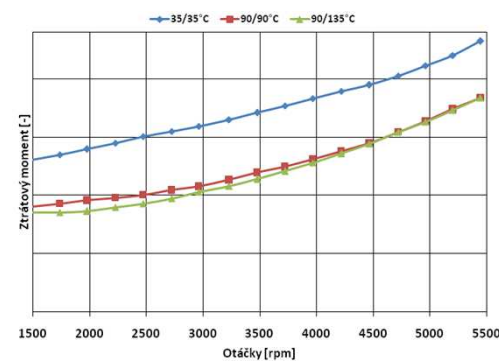
Multi-grid approach for a solution of hydrodynamics problem



Experimental single cylinder AVL



- Realization of technical experiments on combustion engines (TUL)



Engine loss moment



Centrum kompetence automobilového průmyslu Josefa Božka - Kolokvium Božek 2012, 6. 12. 2012 Rostoky -



Děkuji za pozornost.