



National Conference with International Participation  
**ENGINEERING MECHANICS 2001**  
Svratka, Czech Republic, May 14 - 17, 2001

## APPLICATION OF EXPERT SYSTEMS ANSYS AND ADAMS IN OPTIMISATION OF MECHANISMS WITH ELASTIC MEMBERS

Antonín Potěšil, Pavel Hlaváček\*

*Summary: The aim of this paper is to present possibilities in optimisation of mechanisms by means of expert computation systems ANSYS and ADAMS, considering flexibility of its members. The paper also includes some of the outputs of simulation analyses realised on the models of distribution systems of combustion engines, in balancing of combustion engines and in the range of frequency optimisation during development and design of high-speed machines.*

### 1. Úvod

Záměr pracovat s realističtějšími a sofistikovanějšími představami o chování stávajících nebo vyvíjených konstrukcí při provozních, zpravidla dynamických, režimech zatížení, vedl firmu LENAM, s.r.o. k rozhodnutí připojit ke svému stávajícímu výpočtovému SW vybavení (FEM – ANSYS, MARC, PATRAN) další multidisciplinární výpočtový SW systém ADAMS. Kombinace SW nástrojů ANSYS-ADAMS byla v několika projektech použita při analýze a při optimalizaci konstrukčních uspořádání soustav těles - mechanismů. Cílem příspěvku je naznačit a diskutovat možnosti, které uvedená kombinace SW nástrojů v současné době v oblasti inženýrské mechaniky poskytuje.

### 2. NÁSTIN METODIKY NAsAZENÍ SW NÁSTROJŮ ANSYS A ADAMS

ANSYS je SW produktem, který řeší fyzikální problémy metodou konečných prvků (FEM). ADAMS je SW produktem, který je mimo jiné používán pro statickou, kinematickou a dynamickou analýzu mechanismů zpravidla s tuhými členy, avšak s možnostmi obecně netuhých vazeb mezi nimi nebo mezi mechanismem a jeho okolím. S nedávno implementovaným modulem ADAMS/FLEX však systém ADAMS zpřístupňuje, prostřednictvím jedné z metod modálních syntéz, řešit mechanismy s uvažováním deformovatelnosti jejich členů. Podmínkou je však to, aby v datových souborech komunikujících s prostředím ADAMSu byla poddajnost takových těles reprezentována v předem připravené formě. Za takovou formu je zvolen tzv. „modal neutral file“ („MNF“), který je výsledkem předchozího provedení několika analýz v oblasti FEM a obsahuje informace o geometrii, hmotnostních charakteristikách a modálních tvarech poddajného tělesa. Pokud uživatel používá ANSYS pak generování „MNF“ proběhne přímo, a to následně po analýzách v předepsané posloupnosti: modální analýza, redukce FEM objektu na superprvek, spektrální analýza. Reprezentaci poddajnosti příslušného objektu/členu mechanismu je však nutné pojímat a posuzovat ve frekvenční oblasti, tzn., že uživatel si musí být vědom toho, jaký obor frekvencí má soustava/mechanismus respektovat.

---

\* Doc. Ing. Antonín Potěšil, CSc., LENAM, s.r.o., Klostermannova 690/15, 460 01 Liberec, e-mail: antonin.potesil@lenam.cz, Ing. Pavel Hlaváček, ŠKODA AUTO, a.s., Mladá boleslav, e-mail: pavel.hlavacek@skoda-auto.cz)

### 3. CHARAKTERISTIKY ŘEŠENÝCH PROBLÉMŮ

#### Rozvodové mechanismy spalovacích motorů

Pro účely studia chování systémů rozvodů OHV a OHC, a tím i k vytipování součástí, které omezují funkci rozvodů byly vytvořeny jak jejich konečně prvkové modely, tak modely v systému ADAMS/FLEX. Prostřednictvím těchto modelů je možné predikovat kinematické veličiny např. ventilu, identifikovat zatížení a namáhání jednotlivých členů rozvodů, optimalizovat jejich hmotové, rozměrové a tím i pevnostní charakteristiky, použít je k rychlejšímu a levnějšímu testování různých křivek vaček, a to ještě ve fázi tvorby prototypu. Srovnání s následně realizovanými fyzikálními experimenty ve ŠKODĚ AUTO, a.s. zaměřenými na zjištění kinematiky ventilů (zdvih, rychlost, zrychlení) prokázalo vyhovující shodu jak v oblasti absolutních maxim měřených veličin, tak v oblasti relevantních frekvencí, viz. obr. 1-4.

#### Simulace vyvážení agregátu spalovacího motoru

Prostřednictvím simulačních analýz v prostředí systému ADAMS/FLEX jsou prověřovány parametry, které ovlivňují vyváženost v karosérii vozidla zavěšeného agregátu připravovaného tříválcového spalovacího motoru ŠKODA. Vyhodnocování sledovaných fyzikálních veličin při různých provozních režimech (zejména ve frekvenčním oboru) včetně uvážení relevantních poddajností členů klikových mechanismů a spalovacích tlaků jsou cenným přínosem k poznání mechanické odezvy takto složitého prostorového mechanismu.

#### Optimalizace konstrukčního uspořádání vysokoobrátkových strojů

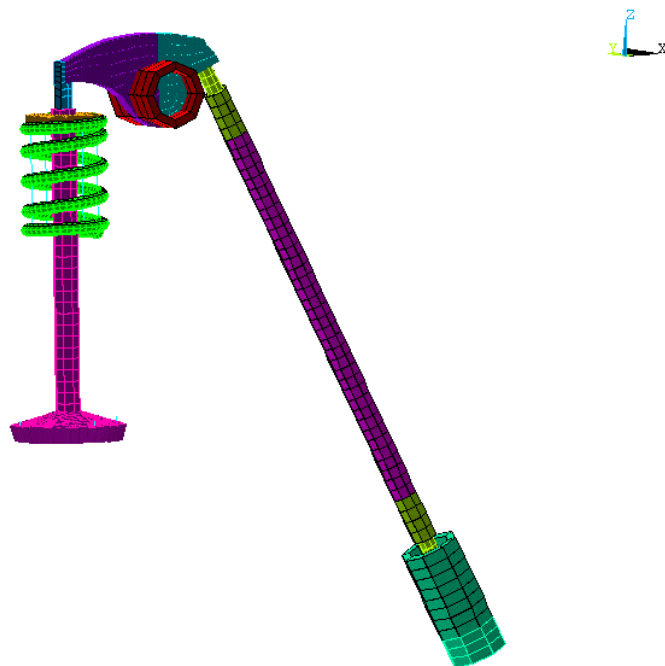
U strojů, jejichž některé části vykonávají provozní rotační pohyb v řádech několika tisíc obrátek za minutu, se často jejich konstruktéři setkávají s problémem neočekávaných vibrací, které se projevují v pracovní oblasti stroje. Shora popsaná metodika nasazení simulační analýzy umožňuje jak tyto problémy předvídat, tak i vhodným konstrukčním uspořádáním soustavy je minimalizovat, resp. objasnit jejich příčiny a tím se jich případně vyvarovat. Prostřednictvím kombinace SW ANSYS a ADAMS se podařilo optimalizovat uspořádání ložiskových vazeb navíjecího bubnu stroje, který je podstatnou součástí technologického zpracování vláken, viz. obr. 5-6.

### 4. ZÁVĚR

Možnosti, které v současné době nabízí multidisciplinární expertní SW nástroje, např. ANSYS a ADAMS, k poznávání a chápání dynamické odezvy mechanických systémů přináší uživatelům stále nové kvality a efektivitu hlavně tam, kde je časově náročné, ekonomicky nákladné nebo nemožné komplikovanější realitu dynamické odezvy prostřednictvím fyzikálních pokusů poznávat. Nicméně zkušenosti autorů ukazují, že výsledky simulačních analýz by měly být krok po kroku konfrontovány se zdravou inženýrskou představou a v případě nutnosti podpořeny nebo verifikovány vhodným fyzikálním experimentem.

### 5. LITERATURA

- [1] Archiv technických zpráv firmy LENAM, s.r.o.
- [2] Dokumentace SW produktů ADAMS, Mechanical Dynamics, Inc.

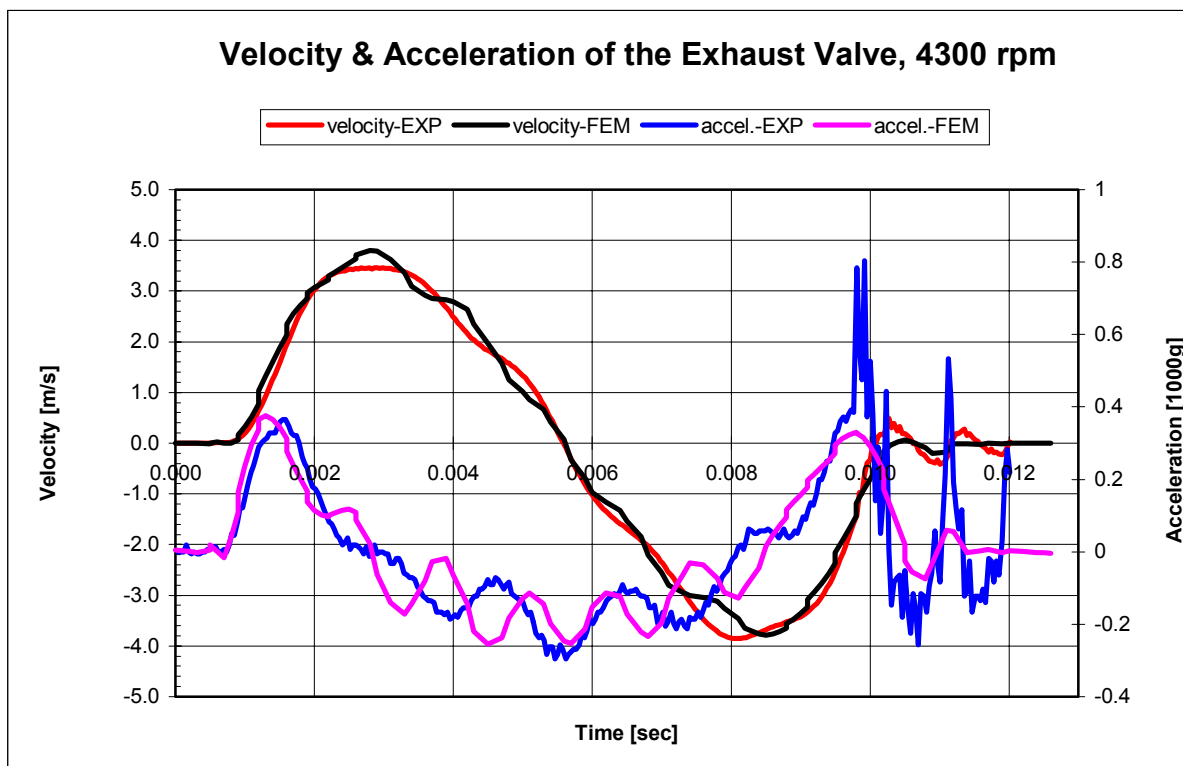


ROLLS-ROYCE OHV - EXHAUST

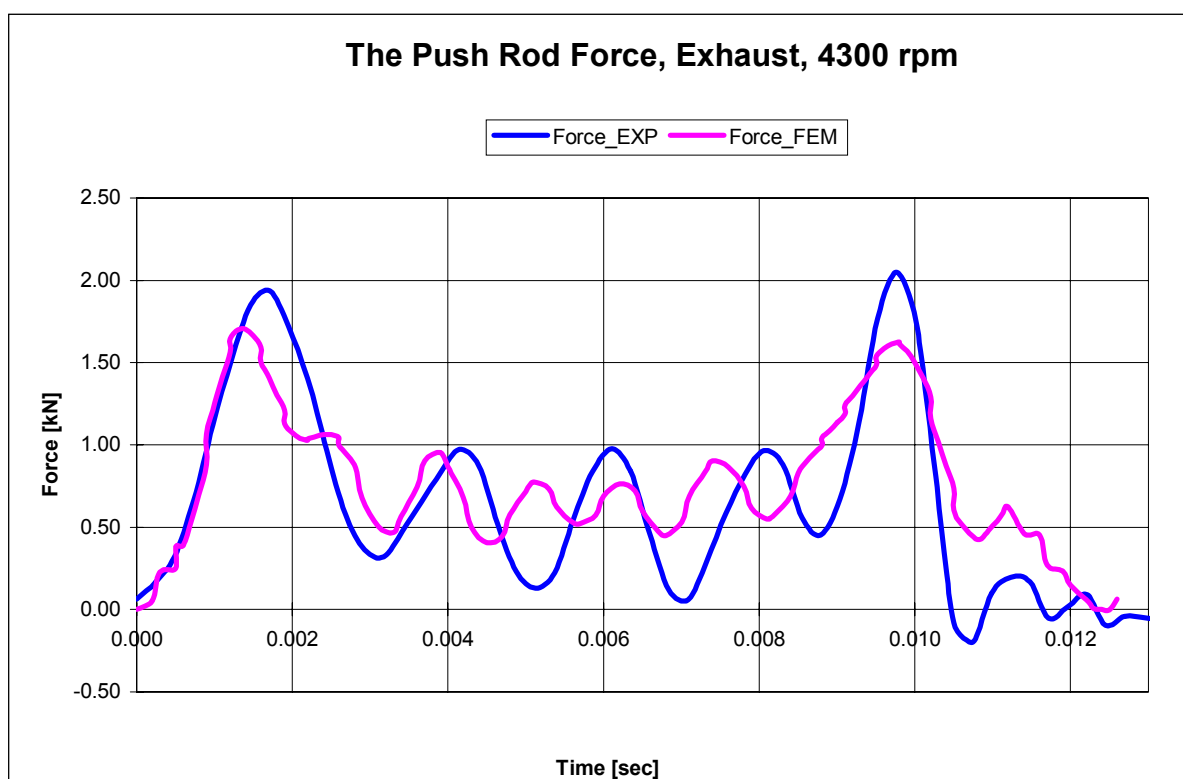
Obr. 1 FEM model rozvodu OHV



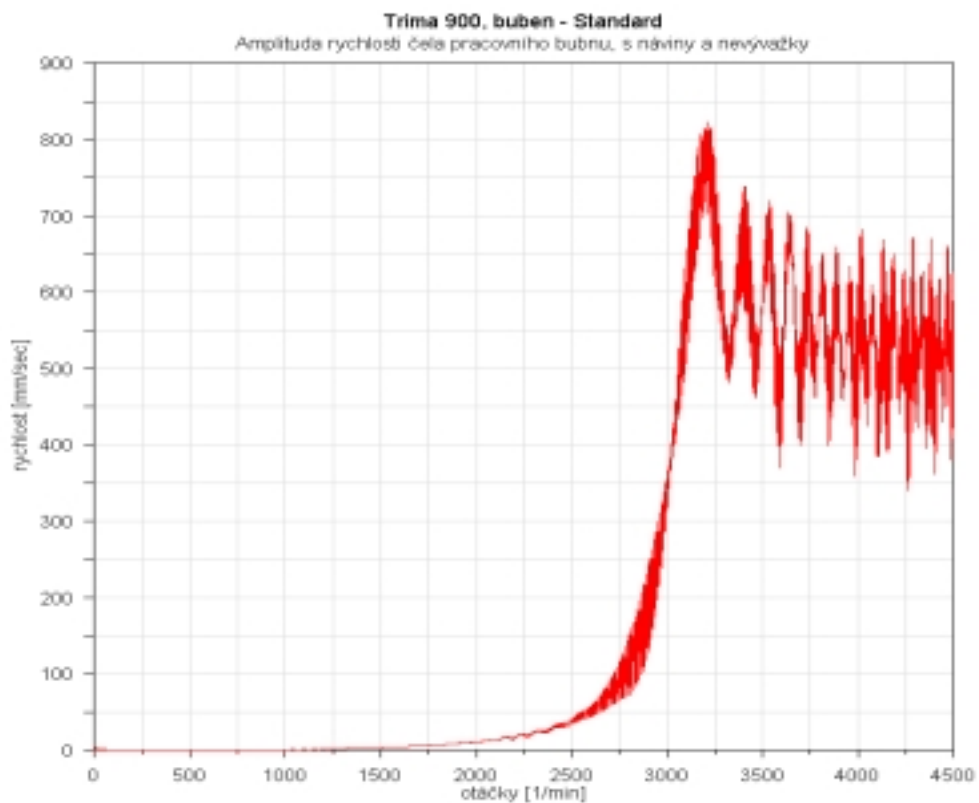
Obr. 2 Uspořádání experimentálního měření kinematiky ventilů



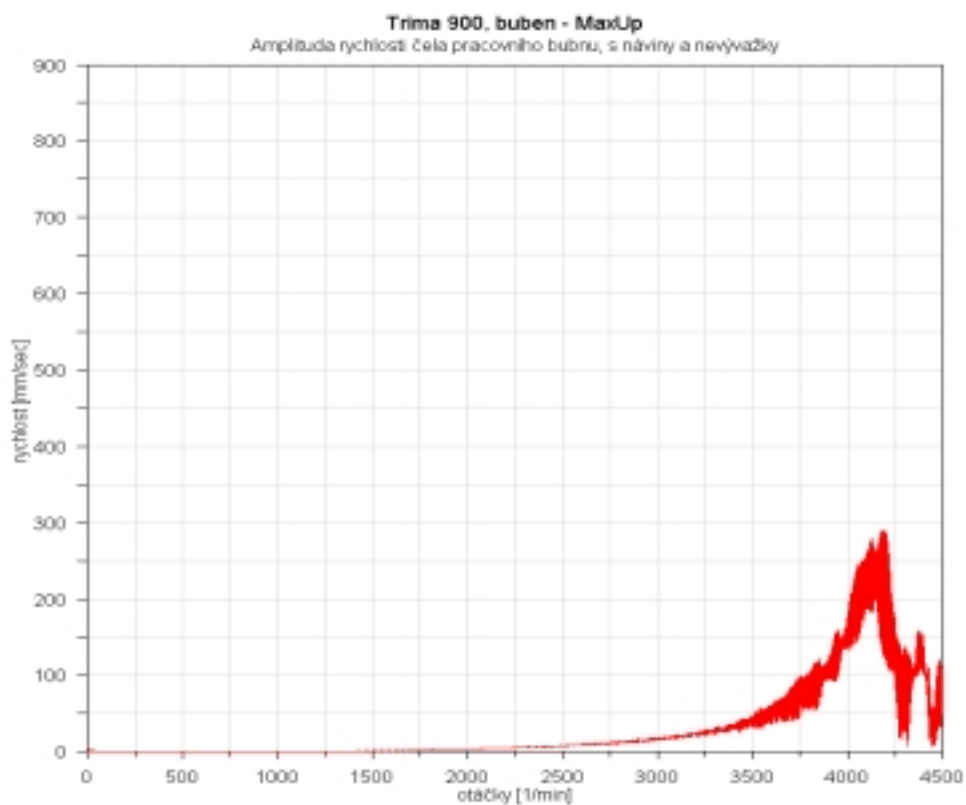
Obr. 3 Kinematika ventilu – porovnání fyzikálního experimentu a simulace FEM



Obr. 4 Osová síla ve zdvihací tyči – porovnání fyzikálního experimentu a simulace FEM



Obr. 5 Původní stav – pracovní oblast otáček 2500-4000 1/min



Obr. 6 Stav vibrací po optimalizaci uspořádání ložiskových vazeb