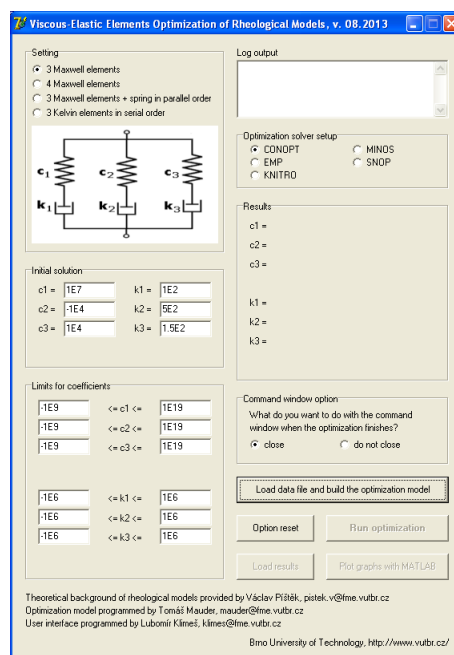


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

ENERGETICKÝ ÚSTAV
ODBOR TERMOMECHANIKY A TECHNIKY PROSTŘEDÍ

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ODBOR SPALOVACÍCH MOTORŮ

Viscous-elastic elements optimization of rheological models



Apollo ID:

26778

Datum:

20. srpna 2013

Typ projektu:

R — software

Autoři:

Ing. Lubomír Klimeš

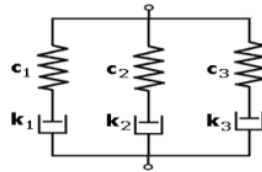
Ing. Tomáš Mauder, Ph.D.

prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc.

Popis a využití software

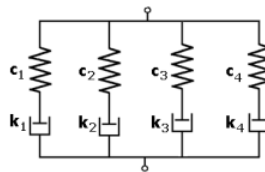
Software **Viscous-elastic elements optimization of rheological models** je numericko-optimalizačním modelem pro stanovení parametrů tuhosti a tlumení reologických modelů z experimentálně naměřených dat, které mají uplatnění v automobilním průmyslu (např. uložení motorů, tlumicí prvky klikových hřídelů apod.). Program řeší optimalizační úlohu, ve které vyhledává optimální parametry zvoleného modelu tak, aby průběhy frekvenční závislosti tuhosti a tlumení modelu a experimentálně stanovených dat vykazovaly co nejmenší vzájemnou odchylku. Program umožňuje pracovat s následujícími 4 modely:

1. Model se třemi paralelními Maxwellovými prvky (tj. tři paralelní dvojice sériově zapojené pružiny a tlumiče), viz Obrázek 1.



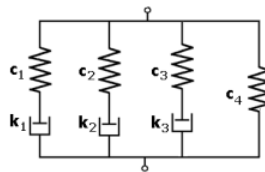
Obrázek 1: Tři paralelní Maxwellovy prvky

2. Model se čtyřmi paralelními Maxwellovými prvky (tj. čtyři paralelní dvojice sériově zapojené pružiny a tlumiče), viz Obrázek 2.



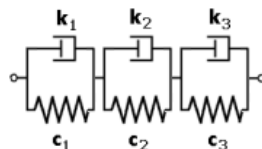
Obrázek 2: Čtyři paralelní Maxwellovy prvky

3. Model se třemi paralelními Maxwellovými prvky a jednou paralelně připojenou pružinou (tj. tři paralelní dvojice sériově zapojené pružiny a tlumiče + paralelně připojená pružina), viz Obrázek 3.



Obrázek 3: Tři paralelní Maxwellovy prvky s pružinou

4. Model se třemi sériovými Kelvinovými prvky (tj. tři sériové dvojice paralelně zapojené pružiny a tlumiče), viz Obrázek 4.



Obrázek 4: Tři sériové Kelvinovy prvky

Pro každý z výše uvedených modelů je v programu (resp. v příložených souborech) implementován nelineární optimalizační model, který je programem řešen s využitím optimalizačního řešiče GAMS. Všechny optimalizační modely jsou založeny na principu metody nejmenších čtverců, tj. minimalizaci druhé, případně vyšší sudé mocniny rozdílu experimentálních a modelovaných dat. Program **Viscous-elastic elements optimization of rheological models** umožňuje zadat počáteční odhad řešení, horní a dolní limity hledaných parametrů (tuhosti a tlumení jednotlivých prvků) a optimalizační řešič, který má být použit pro řešení. Nastavení řešiče (s možnostmi CONOPT, EMP, KNITRO, MINOS, SNOPT) je závislé na instalaci software GAMS a zejména podle dostupné licence. Nicméně pro malý počet experimentálních dat (řádově v desítkách hodnot) je možné využít libovolný řešič v rámci demoverze software GAMS.

Program **Viscous-elastic elements optimization of rheological models** načítá výsledné řešení do hlavního dialogového okna a umožňuje vizualizaci výsledků pomocí software MATLAB, viz oddíl Dokumentace grafického uživatelského prostředí.

Instalace software **Viscous-elastic elements optimization of rheological models**

Nutností pro běh programu je instalace samotného software **Viscous-elastic elements optimization of rheological models** a optimalizačního řešiče GAMS. Pro grafickou vizualizaci výsledků je nutné nainstalovat i software MATLAB.

1. Do libovolného adresáře rozbalte archiv `VVE-RM-Optimization.zip` s programem **Viscous-elastic elements optimization of rheological models**.
2. Stáhněte si a nainstalujte optimalizační software GAMS podle instalačních pokynů na <http://www.gams.com/>. Pokud vlastníte licenci, aktivujte ji. Pro běh programu **Viscous-elastic elements optimization of rheological models** je však dostatečná (pro menší počet experimentálních dat) i demoverze.
3. Pokud chcete výsledky vizualizovat, nainstalujte si dle pokynů výrobce software MATLAB. Tento software vyžaduje licenci.

Software GAMS a MATLAB musí být spustitelné z příkazové řádky pomocí příkazů `gams` a `matlab`. V případě, že uvedené software nelze spustět z příkazové řádky, je nutné přidat adresářové cesty software do systémové proměnné PATH (Tento počítač, Vlastnosti, karta Upřesnit, Proměnné prostředí).

Použití a nastavení software **Viscous-elastic elements optimization of rheological models**

Software se ovládá pomocí hlavního okna programu, viz Obrázek 5. Typické použití software lze shrnout v následujícím postupu:

1. V části okna *Setting* nastavím zvolený reologický model. K dispozici jsou čtyři základní typy popsané výše. Každý model je schématicky vizualizován.
2. V části okna *Initial solution* nastavím počáteční hodnoty parametrů tuhosti a tlumení, ze kterých optimalizační řešič GAMS startuje optimalizační výpočet.
3. V části okna *Limits for coefficients* nastavím omezení hodnot parametrů tuhosti a tlumení pro optimalizační výpočet.
4. V části okna *Optimization solver setup* zvolím řešič, který bude použit pro optimalizační výpočet. Implicitně přednastaven řešič CONOPT. Více informací o řešiči na webu optimalizačního software GAMS (<http://www.gams.com/>).

5. V části okna *Command window option* nastavím chování terminálového okna řešiče s detaily o průběhu optimalizačního výpočtu (konvergence, informace o nalezeném řešení). Implicitně přednastaveno uzavření okna po ukončení výpočtu.
6. Pomocí tlačítka *Load data file and build the optimization model* načtu experimentální data a vytvořím optimalizační model specifikovaný výše uvedenými parametry. Současně dojde k uzamknutí všech nastavení v okně programu.

Vstupem do programu jsou experimentální data, kterými jsou trojice frekvence–tuhost–tlumení. Frekvenci je nutné zadávat v Hz, tuhost v Nm/rad a tlumení v Nms/rad. Těchto trojic může být libovolný počet. Program umožňuje načítat data v textovém formátu **.txt*, přičemž na každém řádku musí být jedna hodnota (nebo je řádek prázdný). Pokud máme n trojic, pak na řádky 1 až n umístíme hodnoty frekvencí v Hz. Následuje prázdný řádek $n + 1$, který ukončuje zadávání frekvencí. Dále na řádky $n + 2$ až $2n + 1$ umístíme hodnoty tuhostí v Nm/rad v pořadí odpovídající pořadí frekvencí. Následuje prázdný řádek $2n + 2$ ukončující zadávání tuhostí. Na řádky $2n + 3$ až $3n + 2$ umístíme hodnoty tlumení v Nms/rad, opět v pořadí odpovídající pořadí frekvencí a tuhostí. Při zadávání hodnot je nutné jako desetinný oddělovač používat tečku.

7. Pomocí tlačítka *Run optimization* spustím optimalizační výpočet. Po ukončení optimalizačního výpočtu dojde ke zaktivování tlačítek pro načítání výsledků a jejich vykreslení.
8. Pomocí tlačítka *Load results* načtu výsledky optimalizačního výpočtu do okna programu (část okna *Results*).
9. Pomocí tlačítka *Plot graphs with MATLAB* vykreslím experimentální data a řešení nalezené optimalizací.
10. Pomocí tlačítka *Option reset* dojde k vyresetování nastavení programu a je možné provést další výpočet.

Technické a programové požadavky

Operační systém Windows a optimalizační software GAMS. Pro vizualizaci je nutné nainstalovat software MATLAB.

Vazba na projekty

1. ED0002/01/01 *NETME Centre – Nové technologie pro strojírenství*
2. FSI-S-11-8 *Vývoj metod vhodných ke snižování vibrací pohonných jednotek*

Licenční podmínky

K využití software jiným subjektem není nutné nabytí licence. Poskytovatel licence na software nepožaduje licenční poplatek.

Kontaktní osoby

Ing. Lubomír Klimeš, klimes@fme.vutbr.cz

Ing. Tomáš Mauder, Ph.D. mauder@fme.vutbr.cz

Prof. Ing. Václav Píštěk, DrSc., pistek.v@fme.vutbr.cz

Dokumentace grafického uživatelského prostředí

Základní okno programu, ze kterého probíhá veškeré nastavení a ovládání výpočtu, je na Obrázku 5 na straně 6. Průběh optimalizačního výpočtu s otevřeným oknem příkazové řádky a běžícím optimalizačním výpočtem v GAMSu je zobrazen na Obrázku 6 na straně 6. Načtené výsledky optimalizace do hlavního okna programu jsou zobrazeny na Obrázku 7 na straně 7. Grafická vizualizace výsledků optimalizace se zobrazenými experimentálně stanovenými daty pomocí software MATLAB je na Obrázku 8 na straně 7.

Stahování software

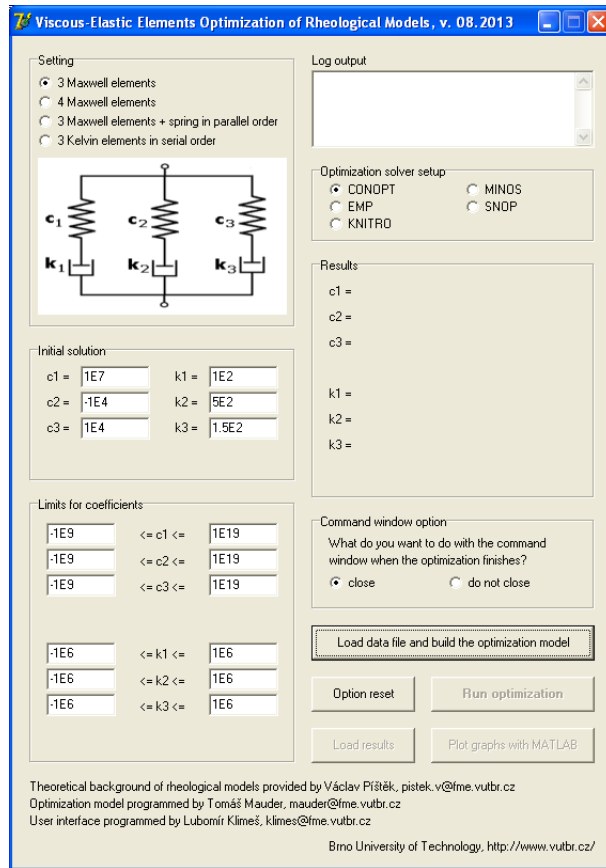
Software je možné stáhnout na

<http://www.energetickeforum.cz/fsi-vut-v-brne/vysledky-vyzkumu>.

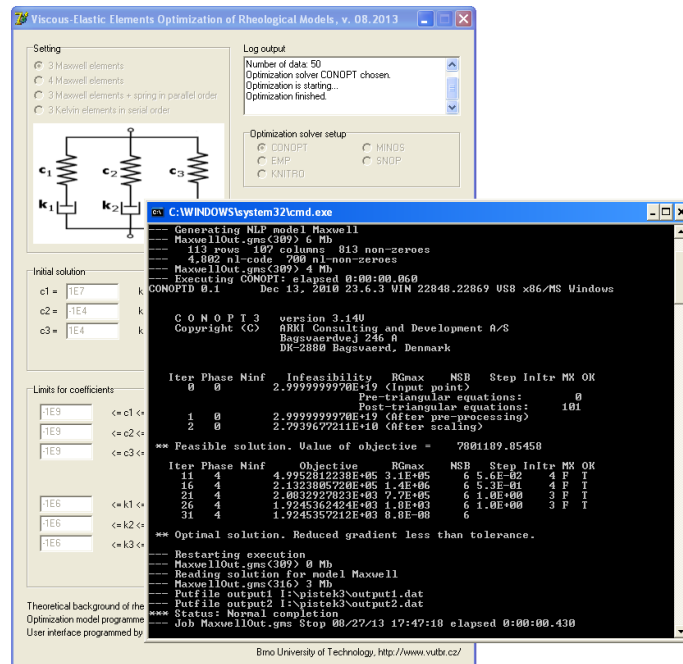
Prohlašuji, že popsaný výsledek naplňuje definici uvedenou v Příloze č. 1 Metodiky hodnocení výsledků výzkumu a vývoje v roce 2013 a že jsem si vědom důsledků plynoucích z porušení § 14 zákona č. 130/2002 Sb. (ve znění platném od 1. července 2009). Prohlašuji rovněž, že na požádání předložím technickou dokumentaci výsledku.

V Brně dne 20. srpna 2013.

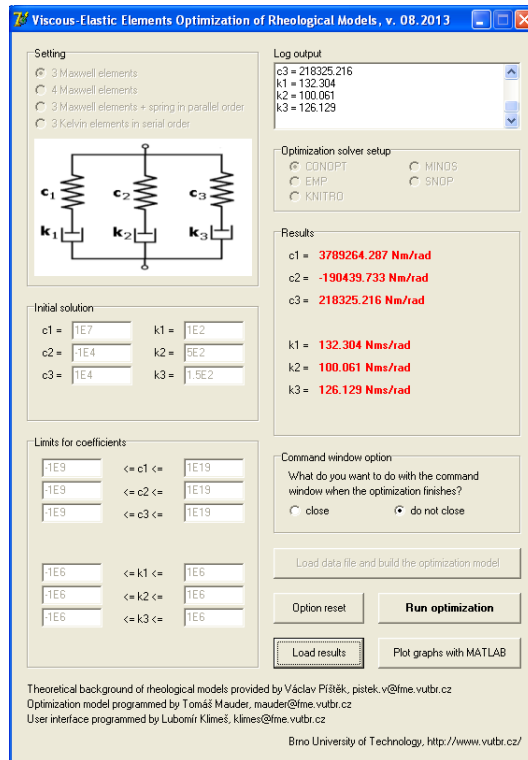
Ing. Lubomír Klimeš
Ing. Tomáš Mauder, Ph.D.
prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.



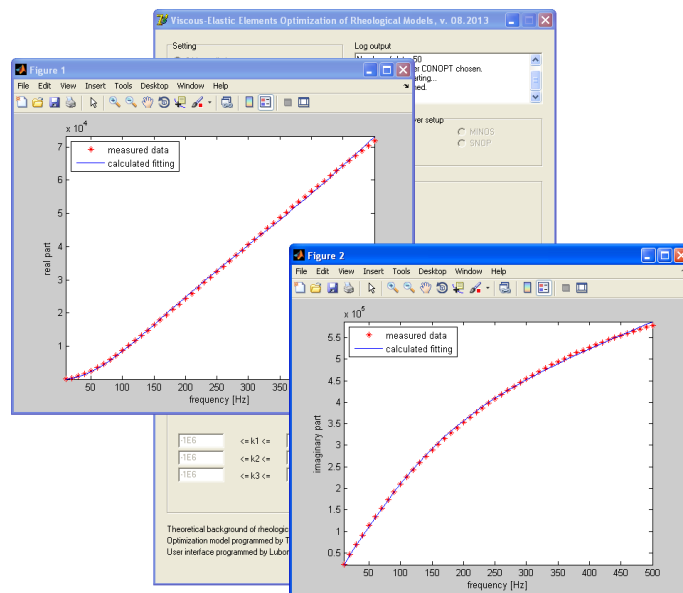
Obrázek 5: Základní okno programu



Obrázek 6: Průběh optimalizačního výpočtu



Obrázek 7: Načtení výsledného řešení optimalizace do okna programu



Obrázek 8: Vizualizace výsledného řešení optimalizace pomocí MATLABu