

# Nové modely řešené ve FEMLABu

V minulých číslech tohoto časopisu bylo uvedeno několik informací o programu FEMLAB, který vyvíjí švédská firma COMSOL. Jedná se o rychle se rozvíjející prostředek určený k modelování a simulaci fyzikálních úloh v širokém spektru vědeckých a technických disciplín. Metoda konečných prvků je aplikována na úlohy popsané parciálními diferenciálními rovnicemi (PDE). Vzdávající počet zájemců o tento produkt žádá více informací o programu i o jeho možnostech využití. K dobrému zdroji informací patří CD s řešenými příklady, které může kterýkoliv zájemce o FEMLAB získat bezplatně. Jaké úlohy můžeme na tomto CD najít?

CD je rozděleno do několika specializovaných částí. V první jsou uvedeny úlohy řešené samotným FEMLABem, v dalších jsou úlohy rozděleny podle specializovaných modulů. Jeden z příkladů řešených samotným FEMLABem je využití externího magnetického pole ke zkoumání jeho vlivu na proudění krve v cévách. Model tuto tekutinu uvažuje jako kontinuum a k řešení jsou využity Maxwellovy a Navier-Stokesovy rovnice. Analyzuje se ferro-hydrodynamika krve přidáním magnetické objemové síly do Navier-Stokesových rovnic, což vede k řešení úloh na magnetického pole.

V další úloze je analyzován vzorek mokré zeminy vystavené teplotě v bodě mrazu. Zkoumá se chování zeminy a jílu pomocí rovnic popisujících průstup tepla a hydromechaniku. Někdy se mluví o poroelasticitě. Tohoto principu se používá při stavbě silnic, ve stavebnictví nebo při zkoumání Země.

Při řešení tenkých konstrukcí, jako jsou tenkostěnné nádoby mohou být problémy při generování sítě. Je uveden příklad, kde řešíme rozložení hustoty proudu na povrchu 3D nádoby se dvěma otvory pro spojení s potrubím a model je definován jako skořepina. Na jedné straně je napětí 400 V na druhé je potrubí uzemněno.

FEMLAB lze využít také při modelování nového rozdělení hmyzu na různých typech rostlin. V tomto případě je uveden model, kdy na počátku známe rozložení zakukleného hmyzu a modelujeme pomocí rovnice difuze nové rozdělení v různých oblastech, které jsou reprezentovány rostlinami jako je rmen a pšenice.

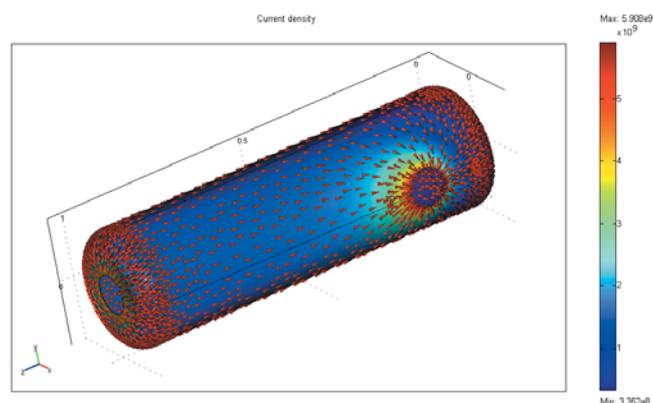
K modelování některých úloh lze využít specializované moduly s PDE upravenými na konkrétní profesní oblasti. Jedním z nich je Elektromagnetický modul, pomocí kterého je řešeno rozložení teploty na elektrickém motoru. Střídavý proud v cívkce statoru indukuje proud v kotvě a vznikající teplo ohřívá konstrukci motoru. Při výpočtu se uvažuje tenká izolační vrstva mezi cívkou statoru a rotorem a celý motor je modelován pomocí aplikace Quasi-Static v Elektromagnetickém modulu a aplikace prostupu a vedení tepla v základním FEMLABu.

Další příklad využívá aplikaci prostupu a vedení tepla z Chemicko-technologického modulu. Je modelováno vedení tepla ve sklenici studené vody zahříváné pokojovou teplotou. Proudění využívá aplikaci neizotermálního proudění a teplotního pole. Na počátku je teplota sklenice a vody 5 °C. Poté je sklenice postavena na stůl v místnosti s okolní teplotou 25 °C. Výsledkem je rychlostní pole splývavého proudění a grafický výstup ve čtyřech časových okamžicích.

Jednoduchý benchmarkový test proudění řeší další úloha. Je simulováno proudění v kanále s kolným odskokem v jeho profilu. Modelování je kombinováno s energetickou rovnováhou a je zde názorně uvedeno snadné využití multifyzikálních možností FEMLABu.

V současné době je řada výzkumných úloh zaměřena na palivové články. Palivový článek je chemický reaktor, který mění chemickou energii na energii elektrickou. Jeho výhodou je vysoká účinnost, minimální zamořování okolí a tichá činnost. Články jsou zdrojem energie například v oblasti automobilů, přenosné elektronice a dalších.

Model membrány s výměnou protonů v palivovém článku (PEMFC – proton exchange membrane fuel cell) je dalším příkladem využití Chemicko-technologického modulu. Využívá hmotovou rovnováhu vodíku a vodní páry v plynném kanále anody spolu s pórovitou vrstvou. V plynném kanále katody je využita materiálová rovnováha kyslíku, dusíku a vodních par společně s aktivní vrstvou. Materiálová vrstva je spojena s přenosem reakce iontového a elektrického náboje prostřednictvím Tafelova výrazu na anodě i katodě. V plynných kanálech je spojena rovnováha materiálu a náboje s Navier-Stokesovou rovnicí a s rovnicí kontinuity v kombinaci s Darcyho pravidlem aplikovaným v ochranné a aktivní vrstvě.



Tento 3D model zobrazuje výpočet hustoty proudu na skořepině nádoby a rozložení potenciálu na jejím povrchu

Modul pro pružnost a pevnost nabízí řešení několika modelů, z nichž může být zajímavý např. těsnění z hyperplastického materiálu. Konkrétní model řeší vztah síly pro vychylku těsnění dveří automobilu vytvořeného měkkou gumou. V modelu je využit hyperplastický materiál společně s výpočtem velkých deformací.

Jsou uvedeny také příklady na řešení s viskoelastickým materiálem, který má odezvu závislou na čase dokonce i když je jeho zatížení konstantní. Takovéto vlastnosti mají například polymery a biologické tkáně. Nejčastěji používaná aproximace je lineární viskoelasticita, kdy napjatost závisí lineárně na deformaci a její derivaci podle času.

Bylo zde popsáno jen několik řešených modelů, které jsou na CD uvedeny. Každý model je teoreticky rozebrán a obsahuje popis řešení úlohy ve FEMLABu. Některé modely obsahují také postup řešení a výsledky, včetně jejich animace. Všechny modely je možné načíst do FEMLABu 3.0 a vlastnoručně si tak vyzkoušet zadávání potřebných parametrů.

Přestože verze 3.0 byla uživateli nabídnuta v dubnu letošního roku, je v současné době k dispozici update na verzi 3.0a a v průběhu letošního roku se chystají další výrazné novinky ve verzi FEMLABu 3.1.



**Humusoft, s. r. o.**

**Karel Bittner  
Novákových 6  
180 00 Praha 8, ČR  
Tel.: +420/2 840 11 730  
e-mail: info@humusoft.cz  
http://www.humusoft.cz**

