

VIRTUÁLNÍ LABORATOŘ PŘENOSU TEPLA **Virtual laboratory of heat transfer**

Stanislav Knotek, Jaroslav Volavý, Miroslav Jícha
Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Energetický ústav, Brno

Úvod

Výuka předmětů Termomechanika a Přenos tepla a látky probíhá v současné době na Ústavu termomechaniky a techniky prostředí, FSI VUT v Brně dle klasického modelu přednášek a cvičení. Součástí výuky nejsou laboratorní praktika, v nichž by si studenti mohli teoretické poznatky ověřovat experimenty. Tato situace motivovala vznik projektu virtuální laboratoře, která by měla tento nedostatek kompenzovat.

Obsahová koncepce virtuální laboratoře

Virtuální laboratoř je realizována ve formě webové aplikace umožňující simulovat vybrané spektrum termomechanických dějů spojených s přenosem tepla. Obsahová koncepce laboratoře vychází z osnov předmětů Termomechanika a Přenos tepla a látky, ve kterých se příslušná problematika diskutuje. Osnovy zmíněných předmětů vymezily výběr řešených problémů na jednorozměrné i dvourozměrné vedení tepla se stacionární i nestacionární modifikací a jednorozměrný přenos tepla žebry.

Problém vedení tepla lze pro obecný tj. dvourozměrný nestacionární případ popsat rovnicí:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + Q_* = \rho c \frac{\partial T}{\partial t}, \quad (1)$$

kde λ , ρ , c , Q_* po řadě značí součinitel tepelné vodivosti, hustotu, měrnou tepelnou kapacitu materiálu a vnitřní zdroj tepla.

Přenos tepla žebry popisuje rovnice:

$$\frac{d}{dx} \left(\lambda A \frac{dT}{dx} \right) - \alpha (T - T_\infty) P = 0, \quad (2)$$

kde α , A , P po řadě značí součinitel přestupu tepla, průřez a obvod žebra.

Všechny varianty příslušných problémů umožňují nastavení všech typů okrajových podmínek a v případě nestacionárních dějů rovněž nastavení počáteční podmínky. Podrobný přehled problémů včetně rozepsaných okrajových podmínek je uveden v [1]. Předností virtuální laboratoře je možnost nastavení materiálových konstant, vnitřních zdrojů tepla a rozměrů výpočtové oblasti. Interaktivní rozhraní tak nabízí jednoduché posouzení vlivu jednotlivých parametrů na výsledné řešení.

Metoda výpočtu

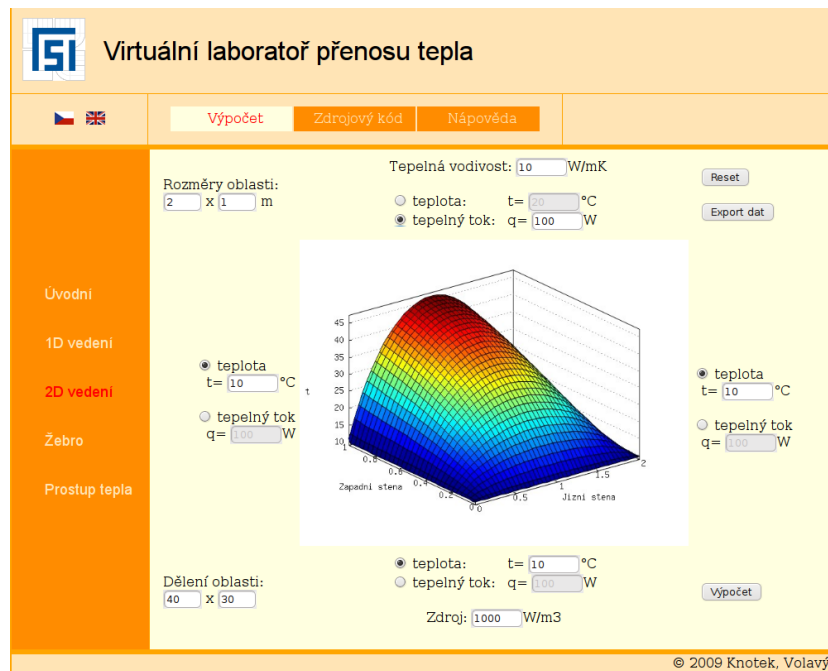
Charakter řešených problémů z matematického hlediska představuje tzv. okrajový problém daný diferenciální rovnicí druhého řádu s příslušnými okrajovými případně počátečními podmínkami. Teorie numerického řešení problémů přenosu tepla úspěšně řeší tento typ úloh metodou konečných objemů. Vhodným nástrojem pro implementaci numerických metod použitých

pro účely virtuální laboratoře je vysokoúrovňový jazyk výpočetního prostředí Matlab. S ohledem na softwarové řešení virtuální laboratoře pomocí PHP serveru byla zvolena linuxová alternativa GNU Octave. Samotný výpočet řešení zadaného problému je založen na použití běžně používaných numerických metod pro řešení parciálních diferenciálních rovnic.

Programová realizace

Z charakteru projektu virtuální laboratoře je zřejmé, že její softwarové řešení vyžaduje provedení ve formě dynamických webových stránek. Z řady softwarových nástrojů pro tvorbu webových aplikací byl z tohoto důvodu vybrán jazyk PHP. Princip fungování webové aplikace spočívá v komunikaci klient-server rozšířené o interakci s výpočetním modulem zastoupeným skriptem napsaným v jazyce Octave. Podrobnější popis komunikace včetně schématu je uveden v [2].

Vlastní forma webové aplikace s ukázkou řešení teplotního pole pro dvourozměrný problém vedení tepla je uvedena na obrázku 1.



Obr. 1: Virtuální laboratoř

Poděkování: Autoři děkují za grantovou podporu z projektu FRVŠ 88/2009.

Literatura

- [1] Volavý, J., Knotek, S., Jícha, M.: Koncepce virtuální laboratoře přenosu tepla, XXVI. Mezinárodní vědecká konference kateder a pracovišť mechaniky tekutin a termomechaniky - Sborník z konference, ISBN 80-86786-09-9, 2007.
- [2] Knotek, S., Volavý, J., Jícha, M.: Realizace virtuální laboratoře přenosu tepla, Strojárstvo/Strojírenství, Vol. 2009, No.6, s.119-120, ISSN 1335-2938, 2009.