

ABSTRAKT

Práce se zabývá matematickým modelováním a počítačovou simulací pro výpočet integrovaných nestacionárních tepelných bilancí budov a zařízení pro vytápění, větrání a klimatizaci. K simulačním výpočtům je v práci použito prostředí ESP-r (Environmental System Performance – research).

V rámci řešení spolehlivosti matematických modelů a simulačních programů je v první části práce provedeno analytické a empirické ověření a citlivostní analýza. Numerické výsledky řešení kvazistacionárního přenosu tepla stěnou prokazují velice dobrou shodu s výsledky analytickými. Empirické ověření simulačního modelu s daty měřenými za provozu místnosti prokazuje dobrou shodu. Vyhodnocení vlivu vstupních nepřesností, jako např. definice venkovní teploty, bylo provedeno jednoparametrovou citlivostní analýzou.

V další části práce je uvedena obecně platná metodika použití modelování a simulace, která je detailně objasněna na studii řešení tepelného prostředí v počítačové místnosti FS ČVUT v letním období. Rozbor výchozí situace a návrh zlepšujících opatření místnosti a VVK jsou provedeny z hlediska hodnocení tepelného prostředí a minimalizace spotřeby energie.

V práci jsou vypracovány další praktické aplikace, které ukazují význam a využití modelování a simulace v podmínkách ČR. Praktické případy řeší: tepelný komfort a úspory energie rodinného domu, posouzení navrženého systému klimatizace kanceláře, rozbor tepelné bilance neklimatizované průmyslové haly a ovlivnění spotřeby tepla v panelovém domě.

Díky tomu, že neexistovala reprezentativní hodinová klimatická data pro ČR, bylo použití modelování a simulace obtížné. Z tohoto důvodu je v práci je metodou TRY (Test Reference Year) vytvořena databáze referenčního klimatického roku pro ČR.

Na závěr práce jsou uvedeny možnosti návazných budoucích prací.

ABSTRACT

This thesis concerns mathematical modeling and computer simulation of the integrated dynamic thermal energy balance of buildings and systems for heating, ventilation and air-conditioning (HVAC). The research is based on the modeling and simulation environment ESP-r (Environmental System Performance – research).

Firstly the issue of quality assurance in modeling and simulation is dealt with by considering analytical and experimental validation and sensitivity analysis. Comparing numerical results with analytical solutions for sinusoidal heat transfer through a wall shows excellent agreement. Comparing simulation predictions with experimental data from an existing classroom shows good agreement. Sensitivity analysis was used to evaluate the importance of uncertainties in input parameters and variables such as (measured) external temperatures.

Next, a general methodology for use of modeling and simulation is discussed and demonstrated with a case study regarding a university computer classroom. Thermal comfort and energy conservation are the main criteria for the evaluation of suggested improvements to the building construction and the HVAC system.

The applicability and value of modeling and simulation is demonstrated by several practical case studies. These concern: thermal comfort and energy conservation in a family house, analysis of a proposed air-conditioning system for an office, analysis of the thermal energy balance of a non-air-conditioned industrial hall and a study regarding the factors which influence the fuel consumption of panel housing.

A practical barrier for the use of modeling and simulation in the Czech Republic is the lack of representative hourly weather data. This necessitated the development of a Czech weather database (test reference year) as described in this thesis.

Finally some directions and suggestions for future work are indicated.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem lidem, kteří se zasloužili o vznik a dokončení této práce.

Především děkuji svému školiteli Prof. Ing. Františkovi Drkalovi, CSc. za odborné vedení a zájem, kterým mě po celou dobu podporoval.

Školiteli specialistovi Dr. ir. Janu Hensenovi z Strathclyde University v Glasgow vděčím za nadšení pro počítačovou simulaci, děkuji za cenné rady a připomínky nejen v průběhu mých zahraničních stáží.

Na úrovni předkládané práce se podílely zkušenosti z oblasti matematického modelování a počítačové simulace, které jsem měla možnost získat v průběhu zahraničních stáží a při řešení grantově podporovaných projektů:

- stipendium MŠMT k ročnímu studiu na University of Technology v Eindhovenu v Nizozemí
- stipendium Norwegian Research Council pro půlroční stáž na University of Science and Technology v Trondheimu v Norsku
- stipendium British Council pro odbornou stáž na Strathclyde University v Glasgow ve Skotsku
- interní grant ČVUT IG 30 97 433
- grant Grantové agentury GAČR 103 97 1197
- grant Fondu rozvoje vysokých škol FRVŠ 23 99 012

Děkuji také své rodině, která mě významně podporovala po celou dobu vytváření této práce.