

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Modelování systému TABS
Jméno autora:	Jan Šafránek
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Technika životního prostředí
Oponent práce:	Ing. Vojtěch Zavřel, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav techniky prostředí, FS ČVUT

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Práce si klade za cíl vývoj a testování numerických modelů lišících se různou úrovní komplexity reprezentující sálavou otopnou soustavu s akumulací hmotou (angl. Thermo-Active Building System – TABS) a jejich využitelnost pro algoritmy prediktivního řízení. Pro samostatný vývoj numerických modelů musí student prokázat, že danou problematiku skutečně ovládá. Společně s aplikací modelu, která vyžaduje přesah znalostí do dalších oborů, lze hodnotit zadání práce jako náročnější.	
Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
Zadání je splněno. Práce navíc oproti zadání popisuje i konstrukci laboratorní buňky (v práci nazývané „experimentální objekt mini TABS“) pro získání referenčních dat pro kalibraci a validaci modelu. Relativně náročná experimentální část tak ještě více rozšiřuje celkový rámec diplomové práce.	
Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Student přistupoval k problému systematicky, kdy byly nejdříve shrnuty cíle a motivace práce, následovány obecným popisem TABS systému. Dále je v krátkosti představeno prediktivní řízení a základní dělení numerických modelů používaných pro tuto aplikaci. Značná část práce se pak zabývá dokumentací konstrukce experimentálního objektu. Následně jsou detailně představeny vyvíjené modely, které shodně popisují stavové veličiny soustavou diferenciálních rovnic. Všechny modely jsou na základě modelu soustředěné tepelné kapacity a liší se především v úrovni komplexity, tedy počtem stavových veličin a souvisejících rovnic. V závěrečné části práce jsou vyhodnoceny simulované výsledky jednotlivých modelů pro skokovou změnu vnějších podmínek a pro vnější podmínky reprezentovány historickými klimatickými daty. Poslední prezentovanou úlohou je pak postup kalibrace jednotlivých modelů a porovnání simulovaných a naměřených výsledků.	
Ačkoliv je celkový přístup k práci ucelený a jednotlivé kroky na sebe logicky navazují, některé části by mohly být lépe popsány a provedeny. Konkrétně teoretická část je relativně obecná. Očekával bych konkrétnější a obsáhlejší rešerši současného stavu poznání zvláště ohledně numerického modelování, které je hlavním tématem práce. V praktické části, kde se řeší kalibrace modelu, by bylo vhodné přistupovat obezřetněji k jednotlivým parametrům a kategorizovat je dle možné nejistoty na známé a neznámé (předpokládané). Celkový postup k řešení hodnotím jako správný.	
Odborná úroveň	B - velmi dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Diplomová práce má široký rozsah od budování experimentálního objektu pro získání referenčních dat, přes identifikaci sedmi zjednodušených numerických modelů, provedení simulací, demonstraci výsledků až po kalibraci a porovnání simulačních a měřených výstupů. Řešit problém s takto širokým záběrem vyžaduje velice dobrou znalost problematiky a relativně vysokou úroveň odbornosti, což student v práci prokázal. Co lze práci vytknout, je relativně strohý závěr, bez	

popsání návaznosti na aplikaci modelů v prediktivním řízení a drobné terminologické a metodické nepřesnosti v některých částech práce. Celkově student prokázal, že je schopný samostatně využít znalostí získaných při studiu a vyřešit náročné zadání. Práce jako celek dosahuje velmi dobré odborné úrovně.	
Formální a jazyková úroveň, rozsah práce <i>Posuďte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posuďte typografickou a jazykovou stránku.</i>	B - velmi dobře
Formální a jazyková úroveň práce je velmi dobrá až na pár drobných nedostatků, jako je velice malý font u maticového záznamu modelu, a hlavně ne zcela vhodná prezentace výsledků simulací zahrnující všechny modely. Výsledky jsou prezentovány na individuálních úzkých grafech, které jsou těžko čitelné, a navíc neumožňují porovnání výsledků získaných z jednotlivých modelů (např. Obr. 5-5).	
Výběr zdrojů, korektnost citací <i>Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.</i>	C - dobře
Hlavním nedostatkem jinak velmi zdařilé práce je z mého pohledu nepříliš konkrétní rešerše ohledně stavu poznání numerického modelování. Celkově je práce vypracována na relativně omezeném počtu podkladů zřídka zahrnující literaturu z prestižních vědeckých publikací.	
Další komentáře a hodnocení <i>Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.</i>	
Potřeba zjednodušeného modelu pro účely prediktivního řízení je celkem zřejmá, přesto by mi přišlo vhodné v teoretické části vyjmenovat také ostatní přístupy k modelování, ať už se jedná o méně komplexní modely (např. Autoregresní modely AR, ARX) nebo více komplexní (např. nástroje E+, TRNSYS, ESP-r pro energetickou simulaci budov) a diskutovat zvolený přístup a varianty modelů v porovnání s alternativními metodami. Uvedené obecné dělení do kategorií tzv. bílých, černých a šedých modelů bohužel nenabízí prostor pro tuto argumentaci, a není tak zcela zřejmé odůvodnění zvoleného přístupu.	

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Oceňuji široký záběr zahrnující jak experimentální, tak simulační část výzkumu s přesahem do více oborů. Student prokázal, že je schopný teoreticky, a především prakticky řešit složité technické problémy. Nedostatkem jinak velice zdařilé práce je omezený počet podkladů. Preciznější rešerše ohledně numerického modelování by zvýšila celkovou kvalitu práce, která v současné podobě obsahuje drobné terminologické a metodické nepřesnosti. Dalším prostorem pro zlepšení je zpracování závěru, který jen okrajově zahrnuje kontext účelu modelování, tj. prediktivní řízení. Poslední výtkou je metodika kalibračního procesu, kdy je manipulováno i s parametry, které by pro dané podmínky měly být známy (např. úprava měrné tepelnou kapacity vody). Vzhledem k náročnosti zadání lze práci považovat za zdařilou, dosahující celkově velmi dobré úrovně.

Otázka 1

Vysvětlete pojmy verifikace, kalibrace a validace modelu. Vztáhněte tyto pojmy k výsledkům Vaší práce.

Otázka 2

Do které z obecných kategorií modelování (bílý, černý, šedý model) byste zařadil Vaše výsledné modely? Výsledným modelem uvažujte model po kalibraci.

Otázka 3

Z popisu modelu 6 a 7 není jasné použití střední radiační teploty ve struktuře modelu. Definujte pojem střední radiační teplota a upřesněte použití této veličiny ve struktuře modelu. Pokud možno uveďte další možný přístup z literatury pro zahrnutí radiace okolních stěn do výsledné teploty v zóně.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře**.

Datum: 9.8.2019

Podpis: Vojtěch Zavřel

