

Posudek na disertační práci

Ing. Michal Princ

**Algoritmy řízení ve výrobě a rozvodu tepla –
výpočtový software pro simulaci provozu zokruhovaných
tepelných sítí**

Zpracoval: Ing. Josef Kopa

Posudek na disertační práci „Algoritmy řízení ve výrobě a rozvodu tepla – výpočtový software pro simulaci provozu zokruhovaných tepelných sítí“

1. Aktuálnost tématu

Dynamické chování každé tepelné sítě vyžaduje při jejím provozu dispečerské řízení. K tomuto řízení potřebuje dispečer aktuální informace o technickém stavu a přenosových možnostech tepelné sítě. V provozní praxi se u velké většiny tepelných sítí sledují pouze vybraná provozní data odběrných míst, v některých soustavách dokonce pouze ve vytypovaných odběrných místech.

Možnost simulace jednotlivých dějů dynamického chování tepelných sítí je proto důležitá nejen pro jejich navrhování, ale zejména pro jejich kvalitní provoz.

Kvalita řízení tepelné sítě nespočívá pouze ve smluvní dodávce tepla do odběrného místa, ale také v optimalizaci ztrát přenosem, v řazení provozních jednotek zdroje, ve zpoždění přenosem dodávky tepla a v dalších jevech.

Z pohledu zvýšení kvality řízení tepelných soustav je disertační práce, zabývající se výpočtovým softwarem simulace průtoků a tlakových a teplotních poměrů v tepelných sítích, velice žádoucí a nanejvýš aktuální. Aktuálnost disertační práce dále podtrhuje ta skutečnost, že je předkládána v době kdy dochází k rozvoji bezdrátového přenosu dat na tepelných sítích a tím se vytváří prostředí pro nasazení výpočtové techniky pro jejich řízení.

2. Splnění stanovených cílů

Téma disertační práce je velmi široké. Vhodný výběr řešení jednoho ze slabších řídicích článků technologického řetězce výroba, distribuce a spotřeba tepla, kterým je distribuce a vytvořením výpočtového softwaru pro simulaci poměrů v tepelné síti je pro provozní praxi velkým přínosem.

1. Návrhy řešení, které byly aplikovány na tepelné síti ELE Bohunice – Leopoldov, Hlohovec a tepelné síti Litoměřice prokazují, že vytvořený výpočtový model umožňuje sledovat hydraulické a teplotní poměry v rozvodných tepelných sítích, jejich dynamiku a časový průběh.

2. Výpočtový program, který byl vytvořen pro simulaci hydraulických a teplotních poměrů v rozvodných tepelných sítích je moderní vizuálně orientovaný a uživatelsky velmi příjemný. Umožňuje zejména v provozních podmínkách jednoduchou formou členění (obecné – větve a uzly) a v krátkém čase načítat a ukládat data potřebná pro výpočet. Velkou předností programu je, že umožňuje uchovávat v jediném databázovém souboru data popisující i několik provozních variant.

3. Při konkrétní aplikaci navrženého výpočtového programu na reálných tepelných sítích si zpracovatel disertační práce mohl ověřit jak obtížné je získat reálná (ostrá) data potřebná pro simulaci průtokových a teplotních poměrů v tepelné síti a to nejen z důvodů jejich utajení, ale zejména proto, že potřebná data pro výpočet se buď vůbec nesledují a nebo sledují, ale neukládají. Proto velice oceňuji erudici a vytrvalost zpracovatele při ověřování navrženého výpočtového modelu v praxi.

3. Postup řešení, výsledek a konkrétní přínos doktoranda

3.1. Postup řešení

Doktorand na základě analýzy současného stavu dosažených výsledků v zadané problematice dospěl k logické úvaze, že prvním nezbytným krokem řešení zadané úlohy je vytvoření uživatelsky pohodlného prostředí, které je nezbytné pokud má být vytvořený program přijatelný v provozní praxi. Proto po úpravě převedl již existující verzi pod OS Windows.

V dalším kroku se správně rozhodl rozšířit program o výpočty teplotních poměrů v tepelných sítích, neboť bez této veličiny nelze sledovat jejich dynamiku.

Protože distribuce tepla je svázána nejen se spotřebou tepla, ale také s jeho výrobou, navrhl výpočet dopravního zpoždění, což je důležitý prvek pro optimalizaci provozu zdroje, k postupnému připojování a odpojování výrobních jednotek (kotlů nebo bloků) v návaznosti na velké výkyvy spotřeby dle denního a ročního odběrového diagramu.

Ve své práci neopomenul doktorand navrhnout metodiku zjišťování referenčního bodu horkovodní sítě velmi důležitého pro minimalizaci tepelných ztrát zokruhovaných tepelných soustav, nebo soustav s více tepelnými paralelně spolupracujícími zdroji tepla.

Jak jsem již v úvodu uvedl doktorand věnoval velké úsilí při získávání potřebných provozních dat a parametrů pro praktické využití navrženého výpočtového modulu, což ho vedlo k zásadním změnám v zadávání a správě vstupních dat, prezentace a uchování dosažených výsledků.

3.2. Výsledky disertační práce

Primárním výsledkem disertační práce je vytvoření výpočtového programu, který umožňuje simulaci poměrů v tepelné síti, sledování dynamiky této sítě a tím i její dispečerské řízení.

Dalším pozitivním výsledkem práce je, že vytvořený výpočtový program simulace jednotlivých dějů dynamického chování tepelných sítí je moderní vizuálně orientovaný a uživatelsky velmi příjemný a proto vhodný nejen pro jejich navrhování, ale zejména pro jejich kvalitní provoz a operativní řízení.

Neméně důležitým výsledkem práce je navržený způsob zadávání a správy vstupních dat, jejich prezentace a uchování dosažených výsledků.

Nelze přehlédnout možnost aplikace navrženého programu pro jakoukoli radiální či zokruhovanou síť s jedním či více zdroji tepla.

Velice pozitivním výsledkem vytvořeného programu je jeho další možnost využití pro kvalitativně – kvantitativní způsob řízení tepelného výkonu horkovodů, nebo pro optimalizaci (hledání optimální provozní sestavy tepelných zdrojů) provozu výrobních jednotek zdroje tepla.

Ocenit lze i přínos výpočtu dopravního zpoždění, který umožňuje provozovateli zdroje tepla včas reagovat na změny spotřeby tepla a tak zajistit jeho kvalitní dodávku odběrateli.

Nezanedbatelným přínosem disertační práce jsou i navržené další možnosti využití jako jsou:

- *možnost určení režimového optima (jenž hodnotí efektivnost výroby a dopravy tepelné energie)*
- *možnost porovnání veličin v různých místech tepelné sítě (určit tak oblasti s mezními hodnotami)*
- *možnost simulace změn hydraulických a teplotních poměrů při odpojování nebo připojování nových odběrů*
- *možnosti simulace vlivů odstávek nebo výpadků části zdroje nebo větve tepelné sítě na kvalitu dodávky tepla*

3.3. Konkrétní přínos doktoranda

Hlavním přínosem doktoranda je vytvoření výpočtového programu, který umožňuje simulaci hydraulických a tepelných poměrů v tepelné síti, založený na výpočtové metodě okruhových průtoků vycházející z metody elektrických smyček a proto aplikovatelný na kteroukoliv tepelnou síť.

Dalším významným přínosem doktoranda je, že vytvořil software, který umožňuje provádět, kromě statických simulací, i simulace dynamické, které umožňují sledovat časové průběhy provozních veličin, pročež může

sloužit v teplárenské praxi jako důležitý nástroj pro dispečerské řízení dopravy a distribuce tepla.

Nutno ocenit i další přínos práce doktoranda a to, že předkládaný software umožňuje, na základě dynamické simulace, výpočet dopravního zpoždění a určení polohy referenčního bodu u horkovodní sítě. To umožňuje optimální řazení provozních jednotek a minimalizaci tepelných ztrát zdroje a rovněž i optimalizaci ztrát tepelné soustavy využitím pro kvalitativně – kvantitativní způsob řízení tepelného výkonu horkovodů.

4. Význam disertační práce pro praxi

Jak jsem již uvedl v hodnocení přínosů doktoranda, hlavní význam disertační práce spočívá v jejím využití v provozní praxi při operativním dispečerském řízení tepelných soustav. Pro kvalitativní způsob řízení soustav i s více zdroji tepla a další možnosti optimalizace tepelných ztrát zdroje i distribuce tak, jak bylo ověřeno na reálné tepelné soustavě v Litoměřicích, se práce v současné době jeví jako dosud chybějící a pro řídicí práci potřebný nástroj v teplárenských provozech.

5. Formální úprava a jazyková úroveň

5.1. Formální úprava

Disertační práce sleduje vytčené teze. Obsahuje analýzu již dosažených výsledků při realizaci výpočtového programu, upravuje jej na uživatelsky pohodlný software a odstraňuje zjištěné chyby. Na základě literární rešerše předmětné problematiky se doktorand rozhoduje pro řešení vycházející z analogie proudění tepla a elektrického proudu. Provádí matematicko – fyzikální popis hydraulických a teplotních poměrů v potrubním systému a zpracovává příslušné výpočtové metody a popis jejich naprogramovaných procedur. V závěru vytypovává hlavní možnosti vytvořeného programu a celý výsledek práce demonstruje na reálných teplárenských soustavách. Textová část spolu s matematickými výpočty je názorně doplněna o algoritmy, vyjádřené blokovými schématy a o grafické průběhy sledovaných a výpočtových veličin.

5.2. Jazyková úroveň

V disertační práci jsou použity odborné výrazy a symboly v souladu se stanovenými standardy v ČSN a běžnými výrazy užívanými v provozní praxi v teplárenství.

6. Publikační činnost doktoranda

Z přehledu publikačních prací doktoranda je zřejmé, že se problematikou analýzy hydraulických a tepelných poměrů v tepelné síti zabývá dlouhodobě. Domnívám se že odrazovým můstkem k vyřešení cílů stanovených pro disertační práci byl opakovaný pobyt doktoranda v United Energy, Most - Komořany, a.s. a konzultace dané problematiky s provozními pracovníky a manažery při řešení výzkumných úkolů. Díky této symbiose vytvořil doktorand v disertační práci nástroj (software), který najde širokého uplatnění při řízení teplárenských soustav.

7. Závěrečné vyjádření oponenta

Vzhledem k tomu, že předložená disertační práce splňuje cíle vytčené v zadávacích tezích schválených komisí státní doktorské zkoušky doporučuji disertační práci k obhajobě.

V Českých Budějovicích 1. 11. 2006
Zpracoval: Ing. Josef Kopa



Prof. Ing. Vladimír Strakoš, DrSc.
Vysoká škola logistiky o.p.s. Přerov

Oponentní posudek disertační práce

Ing. Michala Prince

**Algoritmy řízení ve výrobě a rozvodu tepla –
výpočtový software pro simulaci provozu zokruhovaných tepelných sítí**

Předložená disertační práce se zabývá velmi zajímavou a také aktuální problematikou, a to je řízením výroby a rozvodu tepla. Je to tématika, která je mi velmi blízká, a která mne velmi zajímá, a proto jsem s potěšením zpracovával tento posudek. Dále jsem přesvědčen, že je to velmi užitečná práce, protože směřuje k úspornému hospodaření s teplem a tedy s energiemi, a s tím souvisí její význam v celém rozsahu této problematiky.

Problematikou rozvodu tepla se zabývám delší dobu, a proto mne tato práce velmi zajímá a hned úvodu chci upozornit, že je zpracována dobře a je použitelná k řešení reálných situací. Trochu mne mrzí, že se podrobněji neseznámil s pracemi na VŠB, i když jsme měli na téma rozvodu tepla společnou publikaci označenou v seznamu literatury č. 13.

Disertace je sestavena velmi dobře a je rozdělena na 5 částí a to matematicko-fyzikální analýza tepelných sítí, výpočtové principy, popis výpočtového programu pro simulaci provozu zokruhovaných tepelných sítí, hlavní možnosti využití vytvořeného programu a realizované výpočty pro reálné teplotní soustavy.

V první části, to je matematicko-fyzikální analýzy, je na str. 27 uvedena rovnice pro výpočet tlakových poměrů ve větvi, což je správné pro větev, ale již problematičtější pro síť. Je to proto, že když je potrubí vedené nahoru a pak zase klesá, tak poslední člen mění znaménko, a tím se místní převýšení sítě eliminuje.

Na str. 30 je uveden vzorec pro výpočet měrné hmotnosti syté vodní páry. Vzorec 10 není správný, protože kdybychom uvažovali tlak $p_s = 1 \text{ Pa}$, tak 1 m^3 vodní páry by měl hmotnost asi 5 tis.tun.

Na str. 33 a 36 jsou uvedena určitá zjednodušení při řešení tepelných sítí, a to velmi správná, protože bez těchto zjednodušení by bylo řešení zbytečně komplikované a nepřineslo by ve výsledku žádné výrazné změny.

Referenční bod v síti, tj. jak jsem tomu rozuměl, místo v síti, kde je skutečná teplota stejná jako průměrná teplota spočtená z koncových bodů sítě. Je takové místo v síti pouze jedno, nebo jich může být více? Pokud jich bude více, tak jak se bude při řízení, vzhledem k dopravnímu zpoždění, potupovat?

Na str. 78 je ukázka výsledku výpočtu statických poměrů v síti. Je to typická ukázka neprofesionálního přístupu k práci s daty, se kterou se ale stále setkávám u matematiků a lidí pracujících s počítačem. Technické reálné parametry jsou počítány na extrémně velký počet desetinných míst. Taková tabulka má pouze jeden výsledek, a to, že se na to provozní technici bezpečně nazlobí a přestanou tento výpočet používat. Já se jim ani nedivím. 1 Pa je tlak 0.1 mm vodního sloupce, což je prakticky nula. Tak proč ještě uvádět ve výsledku přesnost té nuly na jednu miliontinu. Totéž platí u průtoku a rychlosti. Oč by bylo pro provozního technika příjemnější znát výsledky s přesností jednoho procenta.

Podkapitola 7.2 o řízení tepelných zdrojů s cílem minimalizovat náklady je velmi dobrá myšlenka. Tzn. provozovat a zatěžovat pouze ty zdroje, které jako celek zajišťují minimální náklady na energii. Je to samozřejmě správné a znám podobné snahy i v jiných realizacích. Navržený způsob má však také svá úskalí, a to je okamžitý technický stav zařízení. Pokud se např. blíží konec topného období a jeden zdroj půjde do generální opravy, tak vzniká otázka, zda nevyužívat tento zdroj tak, aby se ostatní zdroje, které musí ještě pracovat delší dobu,

raději nešetřily. Pak je lépe využívat takový zdroj, když je jeho provoz poněkud dražší. Chci tím říci, že náklady na palivo nejsou jediným kritériem, podle kterého se budou využívat zdroje tepla.

Na str. 125 jsou porovnány tlaky v tepelné síti, které byly vypočteny s tlaky, které zadal provozovatel sítě. Nutno říci, že výsledky jsou výborné. Byla by podobná shoda, i kdybychom porovnali teploty a průtoky? Možná, že to je v předložené práci uvedeno, ale že jsem to nezaregistroval.

Celkově bych měl ještě dotaz, proč se tak důsledně používá zokruhovaná síť? Já si myslím, že až na zcela mimořádné výjimky jsou všechny tepelné sítě zokruhovány, a pokud nejsou (čtyřtrubka), tak se postupně uzavírají a provozují se s předávacími stanicemi blízko místa spotřeby.

Další povzdech mám vzhledem k tomu, že na VŠB-TUO je docela dobrý, i když ne dokonalý, program TSIT – tepelná síť. Myslím, že by se hodilo, aby se disertant s tímto programem alespoň seznámil a uvedl např. některé důvody, proč by se tento program nemohl při řízení sítě používat.

Celkově je však disertační práce zpracována velmi dobře. Po grafické stránce výborně. Po obsahové dokazuje, že disertant věnoval této problematice hodně úsilí. Problematiku řízení výroby a rozvodu tepla s využitím simulačního programu zcela zvládl a dokázal, že je schopen samostatně řešit problém výzkumného charakteru.

Protože předložená práce splňuje všechny požadavky na disertaci kladené, tak doporučuji tuto disertaci k obhajobě.

V Ostravě 14.11.2006

Oponentský posudok dizertačnej práce

Meno doktoranda: **Ing. Michal PRINC**

Názov dizertačnej práce: **ALGORITMY ŘIZENI VE VÝROBĚ A ROZVODU TEPLA
VÝPOČTOVÝ SOFTWARE PRO SIMULACI PROVOZU
ZOKRUHOVANÝCH TEPELNÝCH SÍTÍ**

Dizertačná práca Ing. Michala Princa predstavuje teoreticko – praktický príspevok k rozvoju metód modelovania a riadenia zložitých statických a dynamických systémov. Z teoretického hľadiska je práca signifikantne zameraná na tvorbu matematických modelov a vývoj modelovacích a simulačných techník zokruhovaných tepelných sietí. Z praktického hľadiska je dizertačná práca zameraná na vývoj programového systému umožňujúceho zabudovanie nových matematických opisov a simuláciu statických a dynamických procesov opisujúcich tlakové, prietokové a tepelné pochody s aplikáciou na procesy centralizovaného zásobovania teplom.

Jadro dizertačnej práce a hlavný výsledok teoreticko - analytických úvah predstavuje vyvinutý všeobecný programový systém umožňujúci na základe vstupných parametrov zohľadňujúcich tak technické parametre potrubných sietí, ako aj parametre výkonov zdrojov, a požadovaných odberov spotrebiteľov, numerický, simulačne riešiť a graficky zobrazovať vybrané prevádzkové parametre siete ako sú tlaky, prietoky, a rozdelenie teplôt pozdĺž jednotlivých vetiev potrubných sietí. Dizertantom navrhnutý programový systém je všeobecný a aplikovateľný na ľubovoľný typ potrubných sietí pre jeden a viacero zdrojov rozvodu dvoch teplotných medií (pary alebo horúcej vody)..

Z metodického a teoretického hľadiska je v predloženej doktorandskej práci využitá známa analógia riešenia elektrických obvodov pomocou I. a II. Kirchhoffovho zákona, pričom prúdu zodpovedá hmotnostný prietok a napätie zodpovedá tlaku v potrubí a elektrickému odporu hydraulický odpor. Numerické riešenie teplovodnej siete vyúsťuje po parametrizácii do riešenia nelineárnych rovníc dnes už známymi numerickými metódami a algoritmami.

Využitie výsledkov dizertačnej práce je predovšetkým v oblasti projektovania nových rozvodných tepelných sietí a čiastočne pri simulácii už existujúcich sietí pri rozširovaní a vzniku nových odberných miest a budovaní nových vymenníkových staníc a to predovšetkým v tých prípadoch kedy je potrebné celú sieť znovu prepočítať. Programový systém vypracovaný autorom je otvorený a môže byť zabudovaný do existujúcich riadiacich systémov vo forme programového modulu, ktorý umožní dispečerovi optimalizovať jeho rozhodnutia poprípade diagnostifikovať stav siete a pomôcť mu odhadnúť poruchy v sieti.

Súčasťou hlavných zámerov dizertačnej práce je návrh takého podporného programového systému, ktorý môže byť využívaný pre širokú triedu vzdelávania pracovníkov v teplárstve, študentov, učiteľov a výskumníkov pracujúcich v premetnej oblasti.

Vytvorený programový systém jeho aplikácia a overenie na reálnych procesoch dokumentujú jeho kvalitu a otvárajú nové možnosti vývoja a využitia nových techník modelovania, simulácie a vizualizácie technologických procesov a ich efektívne využitie aj pre iné typy procesov v úlohách modelovania a riadenia zložitých procesov.

Dizertačná práca Ing. Michala Princa predstavuje rozsiahly, štylisticky, obsahovo a metodicky dobre spracovaný kompaktný celok pozostávajúci z deviatich kapitol, zhodnotenia práce a použitej literatúry. Prvých päť kapitol je venovaný prehľadu a súčasnému stavu v predmetnej oblasti, matematicko-fyzikálnej analýze tepelných procesov a následovnej tvorbe matematických modelov pre modelovanie a riadenie tepelných pochodov pri zásobovaní teplom. Kapitola šesť a sedem je orientovaná na opis a charakteristiku programového systému pre modelovanie a simuláciu zokruhovaných tepelných sietí. Overenie programového systému je

realizované v ôsmej kapitole. Výsledky dizertanta v modelovacej oblasti boli overené na dvoch roziahlych aplikáciach a to SZCT EBO Hlohovec a SCZT Litomeřice.

Doktorand pri spracovaní teoretickej časti práce vhodne využil pri spracovaní úvodných kapitol známe teoretické poznatky z modelovania teplovodných sietí, z oblasti technickej fyziky matematiky a teórie automatického riadenia, ktoré aplikoval pre problémy modelovania riadenia a simulácie. Získané poznatky z teoretických oblastí a teórie riadenia viedli doktoranda k vytýčeniu odborných cieľov a návrhu programového systému v prostredí. Široký záber práce i množstvo nastolených otvorených problémov súvisiacich s vytvorením všeobecného programového systému a pokusy doktoranda zvládnuť náročné programovacie techniky, simuláciu a overenie navrhovaného spôsobu riešenia vyžadovali vykonanie a realizáciu množstvá programových a analytických prác, ktoré bolo potrebné vykonať pre úspešne vyriešenie tejto náročnej problematiky.

Dizertačná práca má však okrem nepochybných odborných nových prínosov spočívajúcich predovšetkým v tvorbe programového systému a zabudovaní metód modelovania a simulácie do tohto systému aj menšie nedostatky tak v pojmovej oblasti, matematickej formulácii úloh modelovania a riadenia, ako aj v grafických prezentáciách riešení.

Aplikácia a overenie programového systému na dvoch veľkých projektoch mala za cieľ ozrejmiť praktické použitie programového systému pre úlohy modelovania, riadenia a simulácie zásobovanie teplom. Uvedené príklady aplikácie predstavujú reálne existujúce tepelné siete, sú presvedčivé a je vidieť dobrú zhodu reálnych meraných procesných údajov a hodnôt získaných z modelov a simulácií. Numerické a grafické výsledky riešených aplikácií príkladov potvrdzujú zhodu teoretických poznatkov s výsledkami modelovania.

Vytvorenie všeobecného programového systému spolu s modifikáciou a rozšírením pôvodných prístupov modelovania teplovodných sietí považujem za hlavný vedecký prínos dizertačnej práce k rozvoju vedného odboru *Technická kybernetika*.

Výsledky riešení získané simuláciou tak v numerickej, ako aj v grafickej podobe sú však malo zdokumentované a zhodnotené na postačujúcej úrovni.

Otázky k dizertačnej práci:

1. akým spôsobom je do výpočtov zahrnutý výpočet hydraulických odporov pri zmene tvaru potrubia (kolená, ohyby) ?
2. zo vzťahu (9) a (10) vidieť že lineárna aproximácia je pomerne nepresná, prečo nebola uvažovaná parabolická náhrada (obr.6, obr.7 a obr.8) demonštrujú vhodnosť parabolickej náhrady,
3. nekorektný vzťah (26), posunutá indexácia
4. ako súvisí zvolená hodnota ϵ , s konvergenciou riešenia nelineárnych rovníc a ako to ovplyvňuje dĺžku výpočtu (27) ?
5. ako sa dá testovať hodnovernosť modelu (on – line a off-line techniky) a celej teplovodnej siete ?,
6. aký je vplyv periódy vzorkovania pri dynamických modeloch na presnosť dynamického modelu ?
7. ako sa v modeloch zohľadňujú a prejavujú zmeny vonkajšej teploty (napr. v jednotlivých ročných obdobiach) ?,
8. akým spôsobom je do modelu zahrnutý koeficient drsnosti potrubia a jeho zmena v čase, model vymeníkovej stanice, kolena a ohyby v potrubí (prepočet na ekvivalentnú dĺžku) ?
9. ako je modelovaná vymeníková stanica v statickom a dynamickom režime ?
10. vzťah (41) vyjadrujúci kritérium optimalizácie zdrojov nie je zrejmy, aké sú ohraničenia na zdroje ?
11. ako sa dá realizovať parametrizácia dopravného oneskorenia v závislosti na vonkajšej teplote a polohy referenčného bodu ?
12. simulácia sietí v dynamických režimoch nie je zrejma, prosím vysvetliť a pri obhajobe doplniť ?

13. nie je možné detailne hodnotiť vytvorený programový systém i programové prostredie, pre oponenta by bolo vhodné mať k dispozícii realizovaný programový systém na CD nosiči.

Celkovo však možno konštatovať, že dosiahnuté výsledky doktorandskej práce môžu byť využité:

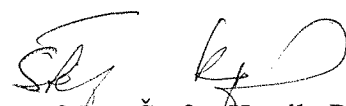
1. v oblasti vývoja a využitia nových metód modelovania tepelných procesov,
2. v oblasti projektovania nových potrubných sietí,
3. simulácií a skúmania tepelných, tlakových a prietokových pomerov v zložitých sieťach,
4. v oblasti supervízorového dispečerského riadenia pri výrobe a rozvoze tepla,
5. v oblasti vzdelávania pracovníkov v teplárenských podnikoch efektívne spôsobov iadenia a rozhodovania.

Záver.

Doktorandská práca p. Ing. Michala Princa poskytuje prehľad, analýzu a návrh nových postupov a techník modelovania statických a dynamických procesov, so zameraním na ich využitie v oblasti riadenia reálnych teplovodných sietí. Jadro práce tvorí návrh a realizácia programového systému pre modelovanie a simuláciu hydraulických, tlakových a tepelných pochodov v tepelných systémoch centralizovaného zásobovania teplom. Prínos dizertačnej práce je najmä v rovine algoritmickej, simulačnej, a aplikačnej a len čiastočne v rovine teoretickej. Vzhľadom na to, že navrhovaný programový systém je všeobecný a obsahuje nové techniky a modelovacie metódy, výsledky dizertačnej práce sú obohatením odboru *Technická kybernetika* a prispievajú k ich rozvoju.

Odporúčam aby predložená dizertačná práca bola prijatá k obhajobe v odbore 26-15-9 *Technická kybernetika* a Ing. Michalovi Princovi bol udelený titul PhD. v zmysle splnenia podmienok podľa čl. 50 odst. 1, časť tretí - *Ustanovení pro studium v doktorských studijních programech Studijního a zkušebního řadu Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.*

V Bratislave 5. 11. 2006



Prof. Ing. Štefan Kozák, PhD.