

POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Autor: Ing. Ján Tuhovčák
Téma: Vývoj simulačního nástroje pro semi-hermetický kompresor s cílem zlepšení účinnosti
Pracoviště: Energetický ústav FSI VUT v Brně

Disertační práce pana Ing. Jána Tuhovčáka je zaměřena na vývoj simulačního nástroje pro pístové semi-hermetické kompresory s cílem zlepšit zejména jejich účinnost. Řešení této problematiky je aktuální a velice užitečné, jelikož vede k hlubšímu pochopení dějů v pístových kompresorech, ke zlepšení jejich parametrů, k možnostem optimalizovat konstrukce kompresorů a zejména k energetickým úsporám při provozu těchto zařízení.

Práce obsahuje celkem 130 stran a je psána slovensky. Na začátku je titulní list, abstrakty s klíčovými slovy v jazyce slovenském a anglickém, bibliografická citace práce, prohlášení o autorství a rovněž poděkování školiteli, kolegům a rodičům. Pak následuje obsah, který odkazuje na vymezení cílů disertační práce a na úvod, v němž se popisuje použití kompresorů ve světě, problémy výrobců kompresorů a zaměření disertační práce. Dále je v obsahu odkázáno na pět stěžejních kapitol popisujících vlastní řešení disertace, na závěr práce, shrnující dosažené výsledky, na seznam 99 použitých zdrojů, na 6 vlastních publikací a na 2 publikace autora, které mají jiné zaměření. Za těmito položkami je pak odkaz na seznam použitých symbolů a zkratk, seznam obrázků, seznam tabulek a na přílohy A až E, které jsou na stránkách 117 až 130.

I. stěžejní kapitola disertace s názvem „Kompresory“ popisuje druhy kompresorů, procesy kompresorů a účinnost, ale i problematiku ventilů, přenosu tepla a netěsností. II. kapitola „Matematické modely pro kompresory“ uvádí modely procesů ve válci kompresoru, metody řešení přenosu tepla včetně přenosu tepla ve válci kompresoru, a to z různých literárních pramenů. III. kapitola „Matematický model kompresoru“ má pak dosti podobný název s předchozí kapitolou, ale je zaměřena více na konkrétní model kompresoru a jeho vlastní řešení, s cílem vytvořit vlastní simulační model. Také v této kapitole nalezneme literární rešerši doplňující předchozí části práce. V kapitole III je však uveden zejména vlastní termodynamický model kompresoru a jeho ověření, dále pak termální analýza kompresoru včetně ověření a také porovnání přestupu tepla ve válci kompresoru řešeného v disertační práci s různými přístupy k dané problematice z literatury. Také je zde provedeno porovnání uvedených přístupů s přestupem tepla získaným autorem pomocí CFD simulace. IV. kapitola „Experimentální validace matematických modelů“ se zabývá popisem vlastního experimentálního zařízení, proměřováním ventilů, validací termodynamického modelu uvnitř válce a validací tepelného modelu jednotlivých částí sestavy kompresoru. V. kapitola „Možnosti dalšího výzkumu“ uvádí pak, čemu musíme věnovat pozornost pro přesnější modelování kompresorů, a to na základě vlastních zkušeností získaných při řešení disertační práce.

Doktorand v disertaci analyzoval děje a chování různých částí kompresorů, na základě čehož, s využitím zejména bilančních metod, vytvořil vlastní simulační model pístových kompresorů. Tento model s názvem reComp je schopný rychle, efektivně a poměrně přesně předpovídat chování kompresoru a procesy probíhající uvnitř, ale také posuzovat vliv konstrukčních prvků a režimu práce na účinnost kompresoru, přičemž vstupními hodnotami jsou geometrické rozměry a otáčky kompresoru, ventilové charakteristiky a fyzikální okrajové podmínky kompresoru. Navržený model lze rovněž rozšiřovat nebo kombinovat s jinými simulačními nástroji. V experimentální části práce doktorand svůj model ověřoval, a to na reálném kompresoru, přičemž dosáhl poměrně dobré shody modelu s realitou. Dosažené výsledky dokazují, že vyvinutý simulační nástroj reComp je možné použít v praxi při vývoji a návrhu nových pístových kompresorů a dosáhnout tak zvýšení jejich účinnosti, snížení provozních nákladů a snížení nepříznivého dopadu na životní prostředí. Z analýz provedených v disertační práci, ale i

z výsledků ověřovacích experimentů autor rovněž formuloval směr, kterým by se měl ubírat další výzkum, což má velký význam pro rozvoj daného vědního oboru. Cíle disertační práce uvedené na str. 11 byly splněné. Za splnění posledního úkolu „Vytvoření ucelené publikace, která bude sloužit jako základ pro další výzkum v oblasti kompresorů na domovském pracovišti“ můžeme pak považovat sepsání vlastní disertační práce.

Připomínky k disertační práci:

- Práce je v některých pasážích hůře čitelná. Většina označení a indexů je totiž uvedena až v seznamu označení a ani ten není úplný. Co značí např. ΔV_A a ΔV_B v obr. 1.9 na str. 21, když v textu a seznamu označení je jen ΔV_a a ΔV_b se jinde v práci nevyskytuje. Indexy jsou navíc odvozeny někdy z anglických a jindy ze slovenských názvů. V práci se také nerozlišují celkové a měrné veličiny, viz např. veličiny v rov. (1.1) a (1.2) na str. 18 a jinde. Rovněž se můžeme poměrně často setkat s odkazem na tabulku či obrázek, které jsou umístěné až o mnoho stránek dále.
- V práci schází zejména znaménková dohoda pro I. zákon termodynamiky. Lze se s ním setkat v rovnicích na str. 29, 41, 54 a jinde, kde jsou veličiny uváděné buď jako konečná mínus počáteční, výstupní mínus vstupní, nebo též obráceně. Pak není možné ani kontrolovat odvozování těchto vztahů. V práci není též definován souřadný systém. V rov. (3.1) na str. 40 je posuv pístu ve směru y a v rovnicích na str. 43 a 44 je posuv ventilu ve směru x . Dále je např. v obr. 3.3 na str. 46 uveden pojem „kvalifikácia“, který není v textu vysvětlen a v tab. 3.5 na str. 58, ale i v tab. 3.14 na str. 68 a jinde schází jednotky. V dodaných materiálech jsem též nenašel „priložený definičný súbor“, o kterém se píše na str. 69, viz 5. ř. zdola.
- V práci se vyskytují nevhodné či méně srozumitelné vazby a pojmy. Do názvu kap. 3.1 nezapadají příliš obsahy kap. 3.1.1 a 3.1.3. Na str. 42 má pak α v rov. (3.7) jiný význam, než α v rov. (3.12), se kterou se navíc v textu dále nepracuje. V obr. 3.18 na str. 57 je zobrazen jen jeden termočlánek, ale dle textu i dle tab. 3.4 bylo měřených teplot více. V tab. 3.12 na str. 67 je uvedena teplota t [°C], přičemž v seznamu označení je t jen čas v sekundách. Často se v práci uvádí i teplota T [°C], nebo též T [K]. Rozdíly teplot se však v práci vyjadřují vždy chybně, a to ve °C. V disertaci jsou na různých místech uváděny úhly natočení kliky z různých period, i když se práce věnuje zejména ustáleným stavům. Navíc úhel natočení kliky v obr. 3.1 na str. 41 je označen dvakrát, a to jako α a podruhé ve stejném obrázku jako CA .
- V textech se nacházejí i chyby. V rov. (1.4) na str. 19 není \dot{V}_{suc} objem a navíc tato rovnice není poměr objemových toků. V rov. (1.6) na str. 19 je \dot{m}_{th} teoretický průtok, zřejmě hmotnostní. Proč by se v tomto případě měl přepočítávat na sací podmínky? Před rov. (2.5) na str. 28 stojí chybně, že „Přikon... se spočítá pomocí... práce... a účinností“, navíc se práce v rovnici (2.5) nevyskytuje. Před rov. (2.6) na str. 28 je chybně uvedeno, že „práce je daná násobkem hmotnostního toku a ... práce“, přičemž v rovnici (2.6) je výkon jako součin hmotnostního toku a měrné práce. Na str. 41 a 42 je chybně uvedeno, že 1. člen v rov. (3.3) vyjadřuje práci a 3. člen v rov. (3.3) udává hmotnostní tok. V tab. 3.16 na str. 71 jsou tuhosti vyjádřené v [N]. Žádná z veličin v rov. (4.2) na str. 80 nemá rozměr plochy, jak uvádí text. Na str. 97 je v obr. 4.30 chybné označení svíslé osy grafu a popis v textu k tomuto obrázku je zcela nesrozumitelný. V seznamu označení na str. 110 značí pak chybně P_{loss} [W] energii.
- Teze disertační práce nejsou exaktně členěny do předepsané struktury (obsah, současný stav, cíle, metody, výsledky, závěr, literatura a životopis), ale svou náplní problematiku předepsané struktury zahrnují. Teze mají celkem 32 stran a mnohé výše uvedené připomínky, či chyby platí i pro ně.
- V textu disertační práce i v textu tezí jsou rovněž gramatické chyby a přepisy. Autorovi doporučuji, aby si při psaní na počítači občas zapnul režim označování chyb v gramatice a pravopisu a aby si své texty důkladně kontroloval.

Dotazy k disertační práci:

- Vysvětlete průběhy kompresí v T - S diagramu na str. 17, a to v souvislosti s termodynamickou účinností izoentropickou, používanou pro hodnocení kompresorů chladicích zařízení
- Vysvětlete průběhy kompresí v p - V diagramu na str. 36, kde jsou uvedeny jiné kompresní křivky, než v T - S diagramu na str. 17.

Cíle disertační práce byly splněné. Práce je po formální i odborné stránce na dobré úrovni. Autor prokázal schopnosti teoreticky i experimentálně řešit zadané problémy. Prokázal zejména schopnost využít literární rešerši, poznatky získané studiem, ale i vlastní poznatky a zkušenosti pro vyvinutí původního simulačního nástroje, který může přispět k efektivnímu navrhování vysoce účinných pístových semi-hermetických kompresorů. Doktorand předložil řadu nových, pozitivních a zajímavých výsledků a má předpoklady pro řešení dalších vědeckých úkolů. Vzhledem k těmto skutečnostem **doporučuji udělení akademického titulu Ph.D.**

V Brně dne 25. 1. 2018

prof. Ing. Milan Pavelek, CSc.
Odbor termomechaniky a techniky prostředí
EÚ FSI VUT v Brně