

Autor práce: Lukáš Vojta

Název práce: Měření a výpočet supersonických ejektorů

Typ práce: Diplomová

Oponent: Ing. David Šimurda, Ph.D.

Pracoviště oponenta: Ústav termomechaniky, AV CR, v.v.i.

A. Formální náležitosti práce:

Velmi dobře

(Vyjádřete se k jazykové a typografické úrovni práce, struktuře textu, řazení kapitol, přehlednosti ilustrací a ke skladbě, správnosti a úplnosti citací literárních zdrojů)

Po formální stránce práce splňuje všechny náležitosti. Řazení kapitol je logické a snadno předvídatelné což usnadňuje orientaci v textu. Počet pravopisných chyb je minimální. V práci je řada nepřesností. Po grafické stránce je práce v pořádku. Citované zdroje jsou relevantní a citace jsou úplné. K formální stránce práce mám tyto připomínky:

Použití indexu 0 pro klidovou i statickou hodnotu tlaku je nevhodné. Většinou je takto označován klidový tlak.

Spojení experimentální měření nedává příliš smysl. Jedno z těchto dvou slov je nadbytečné.

V práci autor používá termín tlak, přitom se ve většině případů jedná o přetlak vůči atmosférickému tlaku.

V práci nejsou jasně definovány, např. pomocí schématu, zkoumané geometrické varianty ejektoru.

V práci zcela chybí přehledné schéma geometrie ejektoru s označením měřicích míst a příslušných tlaků.

Z textu ani ze seznamu použitého značení není jasné, kde se vzal či měřil tlak p_4 .

V popisu měření chybí označení snímačů tlaku a jejich vlastností (rozsah, rychlost odezvy,...). Snímače "od firmy DEWEsoft" jsou patrně snímače značky Kulite s rychlou odezvou. Toto ovšem v textu není vůbec zmíněno. V diskuzi o snímačích občas není jasné, o které snímače se jedná.

V prvním odstavci kapitoly 3.7 je řečeno dvakrát to samé.

V kapitole 3.8 je chybný odkaz na rovnici 28.

V kapitole 5 chybí odkazy na některé (mnohé) obrázky.

V legendě grafů na obr. 51 a obr. 52 je chybně označena hodnota klidového tlaku hnacího vzduchu.

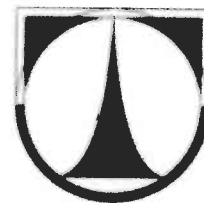
Popisky tabulek by měly být umístěné nad tabulkami.

B. Řešení práce po teoretické stránce:

Výborně mínus

(Vyjádřete se k rozsahu a způsobu zpracování rešerše, způsobu popsání řešeného problému, případně k vhodnosti a náročnosti použité teoretické metody)

V práci je stručně popsán princip a funkce ejektoru. Popis současného stavu znalostí je poměrně stručný. Autor se zmiňuje o použití numerických simulací a uvádí příklad



optimalizovaných tvarů ejektoru. Informace autor čerpal výhradně z prací vzniklých na Katedře energetických zařízení TUL.

K výpočtu charakteristik ejektoru autor zvolil jednorozměrné analytické řešení bez uvažování ztrát. Řešení je popsáno poměrně stručně. Autor mohl popsat např. jak se v analytickém řešení projeví různé varianty vzdálenosti počátku směšovací komory od výstupu z trysky. Vzhledem k volbě tohoto základního modelu se lze dohadovat, že autor spatřoval těžiště práce spíše v experimentech a numerických simulacích.

C. Praktická část práce:

Výborně

(Vyjádřete se k přiměřenosti a náročnosti použitých metod, k úrovni a množství získaných dat.)

Pro získání charakteristik ejektoru autor kromě analytického řešení provedl experimenty na zkušební trati a numerické simulace.

Experimenty sestávaly z měření průtoku pomocí clonky a dále měření statických tlaků v ejektoru pro dvě hodnoty klidového tlaku hnacího vzduchu a tři varianty vzdálenosti směšovací komory za výstupem z trysky. V této části spatřuji největší přínos předložené práce. Zejména oceňuji skutečnost, že autor odhalil několik závad na zkušební trati a odstranil je. Pro snímače Kulite autor navrhl pouzdro pro jejich snazší zabudování do měřicí trati. Kladně hodnotím také stanovení nepřesnosti měření. Ovšem je na místě zde připomenout chybějící schéma ejektoru s rozmístěním snímačů a označením jednotlivých tlaků. Dále, v diskuzi o použitelnosti snímačů, nepovažuji za vhodné určovat přesnost tlakových snímačů na základě srovnání hodnot průtoku vypočítaných s užitím ověřovaných snímačů s teoretickou hodnotou průtoku. Hodnoty tlaků naměřené ověřovanými snímači by měly být porovnány s hodnotou měřenou cejchovním manometrem, aby se vyloučily ostatní možné vlivy.

Charakteristiky ejektoru autor ověřil také na základě numerických simulací provedených v komerčním řešiči ANSYS Fluent. Celkem bylo provedeno 42 variantních výpočtů. Autor uvádí nastavení řešiče i okrajové podmínky výpočtů. Informace pro vhodné nastavení výpočtu autor čerpal z literatury.

Použité metody jak experimentální tak numerické jsou pro daný problém vhodné a jejich náročnost je přiměřená vytyčeným cílům. Výsledky měření i numerických simulací se zdají být v pořádku vzhledem k plynulosti získaných charakteristik a poměrně dobré shodě mezi metodami. Množství výsledků je opět přiměřené vytyčeným cílům.

D. Rozbor získaných výsledků:

Velmi dobře

(Vyjádřete se k úrovni zpracování získaných dat, včetně určení nejistot měření, k diskuzi výsledků a formulování závěrů.)

Zpracování získaných dat v práci příliš popsáno není. Autor uvádí použité vztahy a popisuje postupy stanovení hmotnostních toků. V kapitole o měření však není uvedeno, jakým způsobem byly získány výsledné hodnoty měřených tlaků, tj. zda bylo měřeno více vzorků, ze kterých se poté vypočítala průměrná hodnota.

Autor v práci popisuje stanovení nejistot a uvádí nejistoty při stanovení hmotnostního toku. Z popisu však není zcela jasné, zda je výsledná nejistota kombinovaná nebo zda se jedná pouze o nejistotu typu B.

Rozbor výsledků spočívá v porovnání charakteristik ejektoru získaných analytickým řešením, měřením a užitím numerických simulací. Z charakteristik a simulovaných proudových polí v ejektoru autor dovodil, že při větším klidovém tlaku hnacího vzduchu dochází k aerodynamickému ucpání v potrubí s hnaným vzduchem, čímž je funkce ejektoru omezena. Rozdíly mezi charakteristikami získanými jednotlivými metodami autor přičítá zanedbání ztrát v případě analytického řešení a použitému modelu turbulence v případě numerických simulací.

Větší pozornost mohl autor věnovat popisu proudových polí získaných numerickými simulacemi. Takto se kapitola s výsledky simulací omezuje pouze na uvedení obrazů proudových polí bez jakéhokoliv komentáře.

Dále by bylo vhodné porovnat ve společném grafu charakteristiky získané pro různé geometrické varianty.

V závěrečné diskuzi autor konstatuje, že nejvyšší ejekční součinitel byl dosažen v konfiguraci se vzdáleností směšovací komory od výstupu trysky 3 mm. Jistý potenciál autor vidí také v konfiguraci se sledovanou vzdáleností 2 mm. Závěry odpovídají uvedeným výsledkům.

E. Celková úroveň a náročnost práce:

Výborně mínus

(Vyjádřete se k celkové náročnosti a rozsahu práce a k původní práci studenta.)

Diplomant v rámci diplomové práce vypočítal a naměřil charakteristiky supersonického ejektoru pro dvě hodnoty klidového tlaku hnacího vzduchu a tři varianty geometrického uspořádání ejektoru. Výsledky získané analytickým řešením, měřením a numerickými simulacemi autor porovnal a vyvodil příslušné závěry. Práce je tedy poměrně komplexní z hlediska použitých metod.

Původní práce studenta spočívá v aplikaci analytického řešení, provedení experimentů a numerických simulací. Autorovi se také podařilo identifikovat a odstranit několik závad na zkušební trati. Množství a kvalita získaných výsledků odpovídají vytyčeným cílům, které jsou splněny.

Nedostatky spatřuji v nedostatečném popisu uspořádání experimentu a označení měřených veličin. Rozbory výsledků numerických simulací mohly být důkladněji popsány.

Celkové zhodnocení:

Předkládaná diplomová práce splňuje všechny náležitosti po formální i obsahové stránce. Zejména v experimentální části student prokázal schopnost využít v praxi znalosti získané během studia. Při řešení problému student vycházel z dostupné literatury a využil několik nezávislých přístupů. Po grafické stránce je práce na dobré úrovni. Největší nedostatek spatřuji v absenci schématu uspořádání experimentu s označením měřených tlaků a dále v ne zcela důkladných rozborech výsledků numerických simulací.

Otázky k obhajobě:

- i) Jak se v analytickém řešení projeví různé vzdálenosti směšovací komory od výstupu z trysky?
- ii) Okomentujte velkou chybu hmotnostního toku vypočítaného z tlaku měřeného snímači Kulite při absolutním tlaku 387 kPa. Byly snímače Kulite před měřením kalibrovány?
- iii) Byly při numerických simulacích použity stěnové funkce nebo byla výpočetní síť u stěny dostatečně zjemněna?



OPONENTSKÝ POSUDEK ZÁVĚREČNÉ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE



Celková kvalifikace: Práce splňuje požadavky na udělení akademického titulu, a proto ji doporučuji k obhajobě

Navrhuji tuto práci klasifikovat stupněm **Výborně minus**

V Praze

dne 4. 6. 2018

Podpisem současně potvrzuji, že nejsem v žádném osobním vztahu k autorovi práce.

Podpis oponenta