

OPONENTNÍ POSUDEK

Disertační práce pana Ing. Libora Sovy:
„Výpočetní modelování proudění páry v turbíně“

Praha, říjen 2017

Předložená disertační práce (dále DP) se zabývá problematikou modelování proudění v parních turbínách ve vazbě na různé aplikační oblasti v procesu návrhu a vývoje turbín. Vzhledem k dále uvedeným cílům je rozdělena na dvě části. Východiskem je zřejmě stávající přístup k modelování proudění v Doosan Škoda Power s.r.o. (dále DSP), kde doktorand působí, a motivací využití potenciálu možných inovací.

V práci jsou na straně I uvedeny dva pro značný rozsah těžko uchopitelné a po mém soudu ne zcela šťastně zvolené, nevhodně formulované, obtížně disertabilní cíle:

Cíl I Vytvoření nového algoritmu proudového výpočtu.

Cíl II Seznámení s problematikou numerických simulací proudění mokré páry při nízkých tlacích a dostupnými numerickými metodami. „Ty pak budou prakticky aplikovány a budou stanoveny přínosy vůči tradičnímu jednofázovým výpočetním postupům a další možnosti rozvoje v oblasti proudění mokré páry.“

Podle pokynů pro vypracování oponentního posudku zaslaných zadavatelem jej dále člením na požadované body a) - f).

a) zhodnocení významu pro obor

Ad Cíl I: Část práce související s tímto cílem je příkladem aplikační inženýrské činnosti. Je přínosem pro mateřskou firmu DSP, ze které vzešlo zadání. Obecný význam pro vědní obor je však prakticky nulový. Podle mého názoru tak, jak je prezentována, pouze dokládá rozsahem jistě značnou pracovní aktivitu disertanta, její uvedení v práci má však marginální význam.

Ad Cíl II: Této části je v práci věnován výrazně větší prostor. Je patrné, že disertant se ve smyslu zvoleného cíle seznámil s náročnou problematikou proudění mokré vodní páry i s několika především komerčně dostupnými nástroji pro modelování dvoufázového proudění v průtočné části parních turbín, včetně jejich stávajících limitů. Ty doplnil vlastním 1D modelem. Příklady výsledků doložil dvě roviny aplikace těchto nástrojů. Primárně jde o obvyklou rovinu „verifikační“ s využitím publikovaných dat dýzových experimentů a sekundárně o rovinu komparačně testovací při vybraných provozních režimech na zvolených geometriích turbínových stupňů. Význam pro vědní obor je velmi obtížně identifikovatelný, spatřuji jej pouze v participaci autora na „International Wet Steam Modelling Project“, který vedl Jörg Starzmann, neboť otevřená kooperace napříč širokým spektrem pracovišť řešících obdobnou problematiku je jednou z významných cest pro posunutí stávající úrovně poznání. Lokální význam pro DSP je logicky komplexnější, to však zde není předmětem hodnocení.

b) vyjádření k postupu řešení problému, k použitým metodám, ke splnění stanoveného cíle

Ad Cíl I: Jde o vytvoření náhrady stávajícího proudového výpočtu používaného v DSP. Nový algoritmus je však v práci popsán pouze částečně. Na splnění cíle lze tak usuzovat pouze na základě autorem uvedených příkladů výsledků srovnávacích výpočtů a několika strohých konstatování. Zmíněná budoucí aplikace algoritmu do metodiky DSP (očekávaná v roce 2018) splnění cíle indikuje.

Ad Cíl II: Pro zvolený cíl jsou postup řešení a použité metody standardní a víceméně věcně správné. Zkontrolovat splnění cíle ve smyslu autorovy nejasné obecné formulace v kapitole 1.2 Cíle práce „... budou stanoveny přínosy vůči tradičnímu jednofázovým výpočetním postupům a další možnosti rozvoje v oblasti proudění mokré páry.“ je však prakticky nemožné. Ani rozšíření informace o cílech v kapitole 4.4 Motivace „Konkrétní cíle této práce jsou shrnutí nejdůležitějších poznatků z teorie, osvojení si postupů výpočtů proudění s kondenzací, stanovení jejich nejistot, stanovení přínosu v porovnání se standardním přístupem a na základě získaných výsledků a osvojených znalostí stanovit výhledy pro další vývoj“ úlohu oponenta neusnadňuje. Za této situace jsem ze dvou s mého pohledu rovnocenných závěrů zvolil ten pozitivní – cíl byl splněn. Zároveň bych však chtěl, aby disertant v budoucnu formuloval své cíle jasně a v případě obhajoby DP přehledně shrnul, jaké nejistoty stanovil u postupů výpočtů proudění s kondenzací, které si osvojil.

c) stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu disertanta

Výsledky uvedené v DP převážně odpovídají stávajícím, tedy existujícím poznatkům v předmětných oblastech. Přínosy nejsou v DP uvedeny. Domnívám se, že původní konkrétní přínos disertanta představují: „Nový algoritmus proudového výpočtu“ (ad Cíl I) a „Analytický kód pro 1D výpočet proudění s kondenzací v Lavalových dýzách“ (ad Cíl II). Jejich význam je však pouze lokální. V obecné rovině je zde potenciál přínosu budoucích aktivit disertanta, který si osvojil rozsáhlý soubor poznatků a ukázal, že je schopen je aplikovat.

d) případné další vyjádření, např. vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni DP

Zde považuji za nezbytné vznést připomínku k faktu, že disertant v DP mimo jiné:

- nespecifikoval použité vědecké metody zkoumání,
- neformuloval přínosy,
- prakticky vynechal závěr se shrnutím podstatných výsledků bádání.

Ze zadání však neplatí pro oponenta úkol kontrolovat naplnění Studijního a zkušebního řádu ZČU v Plzni (dále SaZřZČU), podle kterého by DP tyto body měla obsahovat. S ohledem na fakt, že neznám obecné zvyklosti na ZČU stran neplnění SaZřZČU, přenechávám posouzení závažnosti tohoto nedostatku na komisi pro obhajobu DP.

DP obsahuje řadu věcných i formálních chyb. Jako příklady věcně chybných formulací lze uvést:

Člen $c_m \cos(\varepsilon + \mu)$ je průmět meridionální rychlosti do směru kvaziortogonály... (str. 10)

Expanze páry je velmi rychlý fyzikální děj a neposkytuje dostatek času na vyrovnání teplot mezi fázemi. Mezi fázemi tak vzniká teplotní rozdíl a pára přechází do nerovnovážného (podchlazeného) stavu. (str. 38)

Podle tohoto pravidla každému jednomu procentu nárůstu střední vlhkosti odpovídá snížení účinnosti o jedno procento. (str. 46 u odkazu [12] na Baumann 1912).

Disertant se nevyvaroval řady překlepů, gramaticky i věcně chybných formulací i pasáží bez logické návaznosti v textu. Lze nalézt i nesprávné odkazy na obrázky či chybné údaje v popisech os grafů. Rozsah uvedených formálních a jazykových nedostatků bych však na základě svých zkušeností označil za standardní pro DP. Příklady „zvláštních“ formulací v DP:

... lze najít řadu zajímavých prací týkajících se vývojem a použitím proudových výpočtů.

Hlavním motivem této práce je přispění rozvoje společnosti na poli numerických simulací proudění s kondenzací za použití dostupných metod.

Pro $C_d > 1000$ je hodnota omezena na $C_d = 0.44$.

Termodynamická ztráta roste s expanzní rychlostí přibližně dvojnásobně ve sledovaném rozsahu.

Považuji za účelné, aby v případě obhajoby DP byl autor připraven reagovat i na následující dotazy:

a) Domníváte se, že Vaše tvrzení v Anotaci „Modelování proudění mokré páry se zpravidla omezuje na uvažování jednofázového média s rovnovážnými parametry páry.“ má obecnou platnost?

b) Dle rovnice (3.6) může poloměr křivosti nabývat záporných hodnot, jaký je potom jeho fyzikální význam?

c) Jak je řešeno iterační hledání tlaku p_3 (viz schéma na obrázku 18) v případě nadzvukového proudění?

d) Je rovnice (2.41) skutečně použitelná pro korigování výstupního úhlu proudu? (str. 16)

e) Jak je kontrolováno splnění podmínky pro SFT vyjádřené konstatováním: „Musí být pochopitelně zachována minimálně shodná kvalita výsledků a stabilita programu.“? (str. 19)

f) Je STF (kromě přidání jedné ortogonální roviny, neaplikování faktoru útlumu vlivu zakřivení proudnic a implementace modelu náklonu) proti TTF rozšířen?

g) Jsou v rámci STF použita shodná stabilizační kritéria jako v původním TTF a zobrazuje obrázek 22 skutečně stabilizační kritéria STF?

h) Jaký je rozdíl mezi usazováním solí a usazováním fosfátů? (str. 33)

i) Jak je definována hodnota N_p v kapitole 5.1.2 a k čemu jsou využity výpočty koncentrace a rozpustnosti NaCl zmíněné v závěru této kapitoly? Jaký je vztah mezi tamtéž uvedenými hodnotami W_2 a W_9 ?

j) Jsou u modelu NES stavové parametry pro páru v oblasti mokré páry určeny pomocí rovnic pro metastabilní páru (viz kapitola 5.2) i po dosažení vysokých hodnot vlhkosti či vlhkostí blízkých rovnovážným?

k) Jaký je rozdíl hodnot i_{ic} a $i_{ic,ig}$ v rovnici 5.37?

l) Jak jsou průměrovány hodnoty y , d a n „na mixing plane“ (viz obr. 76 a 77)?

m) Byla spolu s vlhkostí y_w (viz obr. 78) vyhodnocována i rychlost expanze ve Wilsonově bodě?

n) Co označují body na expanzních čarách na obrázku 78?

m) Jak by ovlivnilo poznatek o nárůstu virtuální plochy stupně F_α respektování v DP nezahrnutých separací kapalně fáze? xy)

e) vyjádření k publikacím disertanta

Zde mohu pouze konstatovat, že v rozporu se SaZřZČU článek 98 písmeno l) DP neobsahuje seznam publikovaných prací studenta a jejich případné ohlasy. V kapitole 9 Literatura jsem našel jen jeden odkaz na příspěvek na mezinárodní konferenci, kde je disertant spoluautorem (odkaz č. [100]). Pro úplnost uvádím, že při kontrole v databázi Scopus jsem našel jeden odkaz z roku 2017 na konferenční příspěvek disertanta. Požadavek zákona č. 111/1998 Sb. § 47 bod (4) „... Disertační práce musí obsahovat původní a uveřejněné výsledky nebo výsledky přijaté k uveřejnění.“ je tedy naplněn velmi skromně a to pouze ve vazbě na Cíl II.

f) jednoznačné vyjádření oponenta, zda doporučuje či nedoporučuje DP k obhajobě (dle zák. č. 111/1998 Sb. § 47)

Vzhledem k výše uvedeným nedostatkům se DP nachází na hranici přijatelného!!!! Nedostatečný přitom není rozsah vykonané práce, ale především její význam pro obor a původní přínos. To značně komplikuje rozhodnutí oponenta. S „jistým sebezapřením“ práci doporučuji k obhajobě. Tím chci dát disertantovi příležitost, aby mohl doložit chybějící, vysvětlit nejasné a především svým vystoupením poskytnout členům komise pro obhajobu DP dostatek podkladů před vynesením závěrečného rozhodnutí.

Posudek disertační práce Ing. Libora Sovy "Výpočetní modelování proudění páry v turbíně"

Poznámky a připomínky k textu práce

Úvodní kapitola je poměrně krátká. Cíle práce jsou popsány obecně bez bližší specifikace. Chybí zde přehled a odkazy na současný stav problematiky.

Kapitolu 2 tvoří různé vztahy týkající se výpočtů proudění v turbíně od průběhu expanze v i-s diagramu, rovnice radiální rovnováhy až po model nadzvukového odklonu proudu. Chybí podrobnější úvod s popisem postupu při návrhu nové turbíny, ze kterého by vyplynulo logické členění této kapitoly. Část 2.2 týkající se rychlostních trojúhelníků ve 2D logicky patří spíše do části 2.5. Část 2.3 obsahuje pouze podčást 2.3.1.1. Část 2.5 je rozdělena příliš jemně vzhledem k předchozím částem 2.1-2.4, které děleny nejsou.

Kapitola 3 pojednává o nově navržené metodě STF, která by měla nahradit původně používanou metodu TTF. V definici úlohy bohužel zcela chybí soustava řešených rovnic pro obě metody. Není jasné, kolik rovnic se řeší, jakého jsou typu (lineární, nelineární, algebraické, diferenciální, ...), není uveden soupis neznámých. Čtenář nemá šanci zjistit jak se liší nová metoda od původní (řešené rovnice, výpočetní oblast, způsob diskretizace oblasti, algoritmus výpočtu, ...) a v čem tedy spočívá její výhoda. V závěru části 3.3 se hovoří o změnách v programu STF, ale tyto změny nejsou blíže specifikovány. Popis výpočtového algoritmu metody STF v části 3.4 je nepřehledný. Z obrázků 16 a 22 je zřejmé, že STF je iterační metoda. V části 3.4 se často hovoří o "iteraci", avšak není jasné, zda se jedná o iteraci dle obrázku 16 nebo zda se jedná o "vnitřní iteraci" pro určení tlaku v rovině 3 resp. výpočtu parametrů v jednotlivých "rovinách". V části 3.4.1 se hovoří o nastavování hodnoty tlaku v rovině 3 tak, aby průtok všemi rovinami byl shodný. Vzhledem k absenci řešených rovnic není jasné, zda je možné tento požadavek splnit přesně nebo jej pouze aproximovat (konzervativní resp. nekonzervativní formulace rovnic). Použitý termín "stabilizační kritéria" je nevhodný, jedná se spíše o konvergenční kritéria. V části 3.5 jsou porovnány výsledky dosažené metodami TTF, STF a CFD. Bohužel nejsou uvedeny informace o modelu proudění ani detaily zadání úlohy pro metodu CFD. Případné shody resp. rozdíly mezi výsledky dosaženými jednotlivými metodami je pak obtížné uspokojivě interpretovat.

Kapitola 4 popisuje některé aspekty modelování proudění páry s uvažováním kondenzace. V úvodu se vyskytuje několik nepřesností. Např. není pravda, že plně Eulerovský popis proudění neumožňuje modelovat spektrum velikostí kapek. Obrázek 34 a s ním související text jsou nepřesné, pára může být v podchlazeném stavu již před hrdlem (případně na vstupu) Lavalovy dýzy, viz např. obrázek 35 vpravo. Dále je zde popsán způsob výpočtu termodynamické ztráty vlhkostí a zmíněn vliv nečistot obsažených v páře.

Kapitola 5 popisuje několik metod pro simulaci proudění páry s kondenzací, jejichž výsledky jsou prezentovány v následujících kapitolách. Předposlední řádek tabulky 3 je nepřesný, obě metody jsou typu "Euler-Euler", rozdíl je ve způsobu modelování kapalné fáze, kdy metoda COCHEM Flow je založena na metodě momentů, zatímco metoda Ansys CFX uvažuje několik mono-disperzních skupin kapek. Výchozí rovnice pro metodu Ansys CFX nejsou pouze 3D Navier-Stokesovy rovnice, ale "složitější" soustava zákonů zachování

pro jednotlivé fáze. V části 5.3 je prezentován návrh "analytického výpočetního kódu". Dle popisu na obrázku 41 je algoritmus "analytického výpočetního kódu" založen pouze na jednom průchodu výpočetní oblastí po směru proudu a proto není schopen reagovat na zadaný protitlak. Z tohoto důvodu nemá smysl uvažovat o nasazení takového algoritmu do proudového výpočtu. U varianty SWS je neobvyklá kombinace rovnovážného termodynamického modelu IAPWS-IF97 s ideálním plynem a tvrzení, že tato kombinace aproximuje výpočet variantou IGW (ideální plyn).

Kapitola 6 popisuje výpočty proudění s kondenzací v dýze pomocí programů Ansys CFX, COCHEM Flow a "analytického výpočetního kódu". Z tabulky 4 bohužel není jasné, zda použité sítě pro jednotlivé metody mají srovnatelnou velikost elementů zejména v nukleační zóně. Dále nejsou uvedeny informace o nastavení jednotlivých řešičů. Tyto skutečnosti snižují výraznou měrou vypovídací schopnost porovnání výsledků jednotlivých metod. Problém s průběhem tlaku na obrázku 46 je vysvětlen nedokonalostí iteračního procesu "analytického výpočetního kódu", avšak "analytický výpočetní kód" zřejmě žádný iterační proces neobsahuje (parametry proudového pole nejsou iteračně zpřesňovány). V části 6.2.5 je popsána úprava modelu kondenzace, aby byla dosažena lepší shoda s dýzovými experimenty. U metody CFX není jasné, jaký model proudění a numerická metoda byly zvoleny a zda jsou výsledky nezávislé na výpočtové síti a zvolené metodě. Jsou zde zmíněny "kódy A a B", ale nejsou k nim uvedeny žádné další informace. Tabulka 9 nepopisuje parametry výpočetních kódů, ale obsahuje neúplný souhrn modelů proudění. Chybí detaily výpočtových sítí a 2D vyobrazení proudových polí. Průběh parametrů podél osy dýzy sice umožňuje srovnání s experimentem, ale nemá dostatečnou vypovídací schopnost o kvalitě numerických výsledků (zde by např. pomohly 2D vyobrazení proudových polí).

V kapitole 7 je popsán výpočet proudění s kondenzací v oblasti s více stupni pomocí Ansys CFX. Opět chybí popis použitého modelu, v textu je drobná zmínka o vstupní intenzitě turbulence, asi je uvažován model vazkého turbulentního proudění. U hranice "mixing plane" není vůbec jasné, které parametry jsou průměrovány a předávány napříč hranicí. Není zřejmé, jak se na této hranici dopočítávají zbylé parametry proudového pole. Členění místy až na 5 úrovní je značně nepřehledné (např. 7.2.1.2.1) a nekonzistentní se zbývajícím textem. Skok od výpočtů 2D proudění v dýzách k výpočtu 3D proudění v několika stupních je značný. 3D výsledky bohužel nelze nijak ověřit. Pro ověření, zda úpravy modelu kondenzace jsou vhodné i pro proudění v mříži (výraznější rozsah rychlostí expanze ve srovnání s dýzou), by mohly posloužit např. výpočty 2D proudění v turbínových mřížích (Bakhtar, White). Použité podmínky "mixing plane" a "frozen rotor" jsou umělé a pokud se neporovnají alespoň s jedním modelovým výpočtem plně nestacionárního proudění, jsou dosažené závěry spíše nejisté.

Ve shrnutí (část 8.1) se deklaruje, že nový návrh proudového výpočtu STF má "zjednodušený algoritmus dle aktuálních potřeb při návrzích ..." vůči TTF, ale v práci toto zjednodušení není popsáno. V závěru se dále píše, že "Pro program COCHEM Flow byl proveden s pomocí analytických výpočtů rozbor příčin rozdílů vůči Ansys CFX, ...", ale práce vůbec neobsahuje např. rozbor vlivu diskretizace oblasti (nezávislost na síti) a vlivu různých nastavení numerické metody pro jednotlivé programy. Rozdíly mezi COCHEM Flow a Ansys CFX nejsou s největší pravděpodobností způsobeny pouze modelem nukleace a růstu kapek, ale také různými modely proudění (rozdíl ve výchozích rovnicích), topologií sítí, numerickým schématem, způsoby splnění okrajových podmínek apod. Poloha nukleační zóny je např. velice citlivá na řád přesnosti použité metody. V posuzované práci však tyto informace chybí. Věta "... že je binární nukleace reálná z pohledu potřebné koncentrace

NaCl ..." nedává smysl. Věta "... upřesnění 3D návrhu stupňů snížením ztrát incidencí" také nedává smysl, logiku má spíše opačné znění.

V námětech pro další vývoj (část 8.2) v podčásti "Změna definice okrajových podmínek" je návrh zadávat režim pro STF pomocí výstupního tlaku, entalpie a hmotnostního toku. Tento návrh může vést k problémům. Nevhodně zvolené radiální průběhy těchto veličin (které nejsou před výpočtem známy) mohou vést k nereálným výsledkům. Navíc vzhledem k absenci popisu řešených rovnic není jasné, zda tyto podmínky vedou k rozumné formulaci úlohy. Analytický kód pro nerovnovážnou kondenzaci nelze zahrnout do programu STF, protože analytický kód není schopen reagovat na zadaný protitlak. Nazývat momentové metody jako "perspektivní" je poněkud zavádějící, tyto metody jsou známy a používány již delší dobu.

Dotazy do diskuze

Na obrázku 2 je uveden 1D nenávrhový výpočet. Autor nikde nezmiňuje nenávrhový výpočet ve 2D resp. ve 3D. Znamená to, že se nenávrhové výpočty ve 2D resp. ve 3D vůbec nepoužívají?

Jaké jsou výchozí rovnice pro metody TTF a STF? Jaké jsou okrajové podmínky pro obě metody? Jakou diskretizaci výpočtové oblasti obě metody používají? Jak vypadá výpočtový algoritmus pro metodu STF (které parametry jsou zadány, které jsou výsledkem výpočtu a jaká numerická metoda je použita)? Jaké jsou výhody STF oproti TTF zejména z pohledu rychlosti a stability výpočtu a přesnosti výsledků?

Kolik proudnic je třeba obvykle uvažovat, aby řešení STF bylo na počtu proudnic nezávislé? Řeší metoda STF i průběh parametrů proudového pole podél proudnic?

Proč se cílový průtok u STF (str. 22) počítá jako aritmetický průměr průtoků v rovinách 3 a 5? Průtok bývá obvykle výsledkem výpočtu.

U návrhu zjednodušeného výpočtu proudění s kondenzací, viz obrázek 41, probíhá cyklus v axiálním směru pouze jednou. Znamená to, že není možné zadávat hodnotu protitlaku? Pokud ano, pak je algoritmus pro proudový výpočet nepoužitelný. Proč je uvažováno omezení velikosti změny tlaku v axiálním směru? Vzikají tím nefyzikální průběhy tlaku i ostatních veličin (viz např. obrázek 46 dole). Proč daný problém nebyl řešen jiným způsobem, např. úpravou diskretizace oblasti?

Proč je v tabulce 11 uvedena výstupní vlhkost jako okrajová podmínka? Výstupní vlhkost je obvykle výsledkem výpočtu.

Co znamená "nezjednodušená topologie tvorby kapalně fáze" v části 7.2.2.1?

Pro výpočty je použit již hotový software (COCHEM Flow, Ansys CFX). Lze chápat, že práce neobsahuje detaily o numerických metodách. Měla by však obsahovat detaily nastavení zvoleného řešiče (explicitní x implicitní, řád přesnosti, ...) a také alespoň v jednom případě ověření nezávislosti řešení na zvolené síti. Jakým způsobem byly voleny nastavení řešičů pro jednotlivé výpočty? Jak byla ověřována nezávislost řešení na použité síti?

Závěr dle požadovaných bodů

a) zhodnocení významu pro obor

Zvolená témata jsou aktuální a důležitá pro praxi. Příliš široký záběr práce však vede k nedostatku jednotlivých detailů a ztěžuje případnému čtenáři využít prezentované výsledky a závěry.

b) vyjádření k postupu řešení problému, k použitým metodám, ke splnění stanovaného cíle

V úvodu práce jsou stanoveny dva cíle. Prvním cílem je vytvoření algoritmu pro proudový výpočet se zaměřením na rychlost a stabilitu výpočtu a kvalitu výsledků. Práce bohužel neobsahuje popis modelu proudění (výchozí rovnice) pro nový (STF) ani původní algoritmus (TTF). Dle obrázku 15 se zdá, že je tento algoritmus limitován na simulaci proudění pouze v jednom stupni. Otázka stability a rychlosti algoritmu není diskutována. Příklady výsledků a diskuze jsou příliš stručné a není vůbec jasné, zda lze výsledky STF, TTF a CFD porovnávat. K výsledkům CFD není uvedena jediná informace. Druhým cílem je bližší seznámení s problematikou dvoufázového proudění mokré páry a dostupnými numerickými metodami. Práce popisuje běžně používané modely nukleace a růstu kapek. Dále jsou popsány modely dvoufázového proudění, které jsou obsaženy v programech COCHEM Flow a Ansys CFX. V práci je dále navržen jednoduchý jednodimenzionální analytický výpočet s řadou omezení, které brání jeho obecnějšímu použití. Část výsledků výpočtů pro dýzy byla publikována v rámci mezinárodního projektu "International Wet Steam Modelling Project". Závěrečná část je věnována simulaci proudění páry v několika turbínových stupních.

Cíle práce jsou formulovány příliš obecně. To vede k širokému záběru a nedostatečnému popisu jednotlivých detailů. Lze chápat, že Doosan Škoda si hlídá svoje "know-how", ale např. u komerčních programů by neměl být problém popsat jaký model a metoda byly zvoleny. U popisu metod proudového výpočtu (TTF a STF) by měly být uvedeny výchozí rovnice a naznačen postup řešení.

c) stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu předkladatele disertační práce

Z práce je zřejmá snaha zrevidovat návrh turbíny založený na představě jednofázového resp. dvoufázového rovnovážného proudění tak, aby respektoval vliv nerovnovázné kondenzace. Je vidět, že autor odvedl velký objem práce. Text disertační práce má však zbytečně široký záběr a výsledkům získaných několika metodami s několika různými nastaveními by prospěl jednotící pohled.

d) další vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni disertační práce

Přehlednost práce místy ruší příliš jemné dělení kapitol až na 5 úrovní, které není v obsahu. Úvod je příliš stručný a obsahuje jedinou citaci. Další poznámky viz úvodní text posudku.

e) vyjádření k publikacím disertanta

Disertant uvádí 5 konferenčních příspěvků týkajících se tématu práce.

f) jednoznačné vyjádření oponenta na doporučení disertační práce k obhajobě (dle zákona č. 111/1998 Sb. § 47)

Téma disertační práce je aktuální. Práce obsahuje původní a uveřejněné výsledky. Bohužel samotné zpracování, tj. popis rovnic, metod a dosažených výsledků je místy značně povrchní. Navrhuji, aby disertant na obhajobě zejména popsal výchozí rovnice a princip výpočtu původní a nové metody pro proudový výpočet (TTF a STF) a zhodnotil je z pohledu stability a přesnosti výpočtu, viz první cíl práce. Dále navrhuji aby disertant popsal jakým způsobem volil parametry nastavení řešičů COCHEM Flow a Ansys CFX pro jednotlivé výpočty a jak ověřoval, že je řešení nezávislé na použité diskretizaci. V případě, že disertant během obhajoby výše uvedené části doplní, doporučuji práci k obhajobě.

V Praze, 30. 10. 2017

Doc. Ing. Jan Halama, Ph.D.

