

## O p o n e n t n í   p o s u d e k

**disertační práce Ing. Aleše Macálky : *Tvarová modifikace rozváděcí lopatky koncových stupňů parních turbín*, České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní, Praha, 2018.**

---

Předložená disertační práce obsahuje celkem 101 stranu. V úvodní části jsou titulní list, Abstrakt v jazyce českém, Abstract v jazyce anglickém, Prohlášení, Poděkování, Obsah, Seznam použitého označení, Seznam tabulek, Seznam obrázků. Dále je text rozdělený do sedmi kapitol. V seznamu literatury a informačních zdrojů je 52 položek, když je mezi nimi 16 položek, v nichž je autor disertační práce spoluautorem, a 4 položky jsou uvedeny jako publikace autora, které nesouvisejí s disertační prací.

Tématem práce je převážně numerická simulace proudění v modelech průtočných částí parních turbín velkého výkonu. Hlavní zaměření práce je tvarová modifikace rozváděcí lopatky posledního nízkotlakého stupně.

Úvod stručně shrnuje současný stav problematiky, popisy validace numerických metod, výpočtů zaměřených na nízkotlaké díly parních turbín a zmiňuje témata optimalizace strojů a nenávrhových režimů nízkotlakých parních turbín. Jsou vytyčeny cíle disertační práce – vyvinout metodiku na řešení účinnosti turbínových stupňů a tvarovou modifikaci rozváděcí lopatky řešit zvýšení účinnosti posledního nízkotlakého stupně parní turbíny.

Ve druhé kapitole je navrhnout a ověřen dvourozměrný numerický model při porovnání s výsledky aerodynamického experimentu s patním profilem oběžné lopatky posledního stupně parní turbíny velkého výkonu. Je využit komerční výpočtový program CFX verze 18.1. Jsou provedeny studie pro další postup numerického modelování.

Třetí kapitola popisuje složitý trojrozměrný numerický model, který navazuje na dvourozměrný model a umožní analýzu proudění v nízkotlakém dílu parní turbíny včetně výstupního tělesa. Jsou uvedeny výsledky výpočtů pro původní variantu rozváděcí lopatky. Analýza poukazuje na asymetrii proudu páry za poslední oběžnou lopatkou nízkotlakého dílu parní turbíny.

Ve čtvrté kapitole je popsán postup numerické simulace proudění páry v tvarově modifikované rozváděcí lopatce posledního stupně nízkotlakého dílu parní turbíny. Je aplikován zjednodušený trojrozměrný numerický model s cílem dosáhnout zvýšení účinnosti stroje. Z výpočtů je vybrána nejvýhodnější varianta z tvarových modifikací rozváděcí lopatky a výsledky parametrů proudového pole této varianty jsou předloženy.

V páté kapitole jsou porovnány proudové parametry vyřešené pomocí trojrozměrného modelu pro obě varianty – pro originální rozváděcí lopatku a pro vybranou variantu tvarově modifikovanou rozváděcí lopatku. Analýza výsledků se zaměřuje jak na návrhový režim stroje, tak i na širší rozsah nenávrhových režimů.

Šestá kapitola uvádí témata, která je nutno zvládnout, aby vynaložené úsilí pro numerickou simulaci proudění v nízkotlakém dílu parní turbíny bylo úspěšné. To rozhoduje o tom, na jaké úrovni jsou dosažené výsledky přínosné pro vědu a pro praxi.

V závěru je konstatováno, že numerické simulace umožnily řešit modifikaci rozváděcí lopatky posledního stupně nízkotlakého dílu parní turbíny s dosažením citelně vyšší účinnosti oproti původní variantě a že dosažené výsledky poskytují rozsáhlé podklady pro podrobné rozbory parametrů proudových polí. Metodika založená na numerické simulaci se prokázala být efektivní.

## **Hodnocení :**

Výzkumníci a konstruktéři parních turbín velkých výkonů ve své soustředěné činnosti formulují množství otázek, problémů a neprobádaných témat. Tím se aplikovanému a základnímu výzkumům otevírají možnosti, aby přijaly tyto podněty a podle svých možností poskytly některé podklady pro návrh a provoz strojů. V současné době se vysoce účinným výzkumným nástrojem stala numerická simulace procesů ve strojích. Tvořivá práce i s komerčními výpočtovými programy umožňuje více do detailu analyzovat prostorově složité modely a různé fyzikální struktury. Autor disertační práce se zaměřil na tvarovou modifikaci rozváděcí lopatky posledního stupně parní turbíny velkého výkonu a formuloval cíl dospět ke geometrické konfiguraci dosahující zvýšení účinnosti stroje. Nutno říci, že to je mimořádně náročné a aktuální téma. Je zde však možnost poskytnout nové poznatky, podklady a argumenty pro zdokonalování průtočných částí parních turbín. Autor si k dosažení cíle zvolil užití komerčního programu CFX verze 18.1. Nejprve na dvourozměrném modelu výpočtem simuloval proudění v aerodynamickém tunelu při obtékání patní lopatkové mříže oběžné lopatky posledního stupně parní turbíny velkého výkonu. Porovnání výsledků s výsledky experimentu prokázalo dobrou shodu a dává tím podnět pro další rozvoj modelu. Autorem formulovaný, vytvořený a aplikovaný trojrozměrný model simuluje proudění vodní páry v jedné celé větvi nízkotlaké části parní turbíny včetně výstupního tělesa. Rozsáhlé výpočty poskytly významné informace o proudění v původní variantě průtočné části. Výpočty dalších variant přinesly podklady o proudění v průtočné části, když byla provedena tvarová modifikace rozváděcí lopatky posledního stupně. Dosažené výsledky jsou základem pro analýzu a doporučení pro konstrukci posledních stupňů parních turbín.

Autor disertační práce postupoval správně a prokázal schopnost numerického modelování řešit tak náročné úlohy jako jsou proudová pole v průtočné části nízkotlakých částí parních turbín a z výsledků analyzovat a předložit podklady pro stavbu strojů. Na předloženou disertační práci bezpochyby budou navazovat další výzkumné a konstrukční práce. Autor prokázal vynikající své znalosti v aplikaci výpočetního programu pro vyřešení náročného tématu.

V oponentované práci jsou nedůslednosti, prohřešky v gramatice. Lze vytknout nedodržení standardu psaní textů v češtině. Některé údaje v obrázcích jsou nezřetelné a nečitelné. Tyto poznámky k formální části oponent je připraven autorovi uvést.

Oponenta zaujal v disertační práci tzv. „Pracovní diagram parní turbíny“ uvedený na str. 46, obr. 23 a dále uvedený na str. 47 a 48 s výslednými hodnotami. Diagram v oblasti šestiúhelníku (nikoliv šestistěnu) zobrazuje zjednodušení nenávrhového provozu parních turbín údaji o průtoku páry a o volbě hustoty páry. Není tato informace přílišným zjednodušením nenávrhových provozních variant? Proč tento diagram nebyl použit pro variantu tvarově modifikované rozváděcí lopatky posledního stupně?

Oponentovi v disertační práci chybí entropická analýza dějů při energetických přeměnách v průtočné části parní turbíny a vyzývá autora, aby k obhajobě připravil diagram rozložení entropie v proudovém poli.

Oponent odmítá obr. 80 jako kvantitativní důkaz správnosti CFD výpočtu, když v diagramu nejsou uvedeny údaje srovnávaných veličin.

## **Závěr :**

Předložená disertační práce je na velmi dobré úrovni a je určitě přínosná pro stavbu parních turbín velkých výkonů. Autor splnil stanovené cíle tím, že aplikací trojrozměrného modelu při numerických simulacích získal hodnoty parametrů proudění vodní páry v průtočné části nízkotlakého dílu parní turbíny a ukázal na výhodu užití tvarově modifikované rozváděcí lopatky posledního stupně. Prokázal svojí tvůrčí aktivitu a své velmi dobré odborné znalosti.

Jeho disertační práce je přínosná pro výzkum i pro praxi v oboru energetických strojů a zařízení. Oponent

**doporučuje disertační práci pana Ing. Aleše Macálky k obhajobě**  
před komisí pro obhajoby disertačních prací v oboru Energetické stroje a zařízení a  
doporučuje, aby po úspěšné obhajobě byl Ing.A.Macálkovi udělen akademicko-vědecký titul

**Philosophiae doctor (PhD.).**

V Praze 27. srpna 2018