

## Oponentní posudek disertační práce

<i>Název práce:</i>	Experimentální výzkum proudění v úzkých štěrbinách odlehčovacího systému regulačních ventilů parních turbín
<i>Disertant:</i>	Ing. Lukáš Mrózek
<i>Zadavatel posudku:</i>	Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní

K posouzení byla předložena disertační práce obsahující 92 stran textu, grafů a obrázků, jednu přílohu a 44 odkazů na použitou literaturu. Disertant je autorem nebo spoluautorem 32 příspěvků na konferencích, podílel se na vzniku 8 výzkumných a 5 technických zpráv a 1 funkčního vzorku.

Předložená disertační práce se zabývá prouděním v úzkých štěrbinách odlehčovacího systému silově odlehčených regulačních ventilů parních turbín.

Práce je rozdělena do sedmi kapitol a závěru. První z nich popisuje konstrukční řešení reálných ventilů, na základě kterých vznikala geometrie experimentální trati. Popsány jsou odlehčené ventily trámčové regulace a ventily se škrcením tlaku ve štěrbině včetně jejich charakteristik. Uvedena je zde také motivace pro zpracování tohoto tématu.

Druhá kapitola shrnuje dosavadní znalosti a zkušenosti vzniklé na pracovišti autora, popř. převzaté z odborné literatury.

Ve třetí kapitole je proveden teoretický rozbor studované problematiky. Popsán je rozdíl mezi prouděním tekutiny ideální dýzou a štěrbinou.

Čtvrtá kapitola pojednává o vlastních experimentech. V první části je popsáno uspořádání experimentu, měření teploty, tlaku a hmotnostního průtoku. Druhá část se zabývá odhadem nejistot měření výše uváděných veličin, popsán je obecný postup, ale také odhady pro konkrétní měřené hodnoty, resp. průběhy. Poslední část je věnována průzkumové analýze primárních dat, z níž vyplynul postup jejich dalšího zpracování.

Pátá kapitola je věnována zpracování dat popisujících potřebné průtokové nebo silové charakteristiky odlehčeného ventilu. Autorovi se podařilo zmapovat průtokové součinitele jednotlivých sekcí odlehčovacího systému v závislosti na šířce štěrbin a tlakovém poměru, zaznamenána je také závislost průtoku na tlakovém poměru. Experimentálně získané výsledky jsou porovnány s daty z numerických simulací provedených na FAV ZČU. Vyhodnoceny jsou z měření na modelovém ventilu průběhy silových účinků na kuželku. Předposlední část této kapitoly se zabývá tlakovou ztrátou ve štěrbině a ztrátovým součinitelem z ní plynoucí. Vyhodnocení ztrátového součinitele vychází z obecných vztahů publikovaných v odborné literatuře. Na základě provedených měření a rozborů autor doporučil využití konkrétních parametrů. V poslední části je popsáno vyhodnocení průběhu tlaků na dno kuželky a stabilizační síly v závislosti na tlakovém poměru.

Šestá a sedmá kapitola shrnuje přínosy disertační práce plynoucí z předcházejících analýz a náměty na další výzkum, které plynou ze zkušeností disertanta.

## POSOUZENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

### a) Zhodnocení významu pro obor

Regulační ventily jsou určujícím prvkem řízení vstupních parametrů páry při daném výkonu turbosoustrojí. Zabezpečují stabilní provoz a částečně také plní ochrannou funkci parní turbíny.

Zvolené téma je velice aktuální z hlediska návrhu silově odlehčených regulačních ventilů pro bloky větších výkonů, bloky na sytou páru nebo geotermální bloky. Jedná se o komplexní problematiku, kterou přes celou řadu dosažených pokroků, nelze považovat za uspokojivě vyřešenou. Důležitost tématu regulačních ventilů také podtrhuje množství odborných článků, které jsou ve světové literatuře publikovány.

### b) Postup řešení

Předkládaná práce má logickou stavbu, skládá se z rešerše publikovaných poznatků v oblasti silově odlehčených regulačních ventilů, teoretického rozboru proudění ideální dýzou a štěrbinou, popisu vlastního experimentálního zařízení, zpracováním dat, závěrů a doporučení. Práce působí kompaktně a uceleně, vše nasvědčuje tomu, že při řešení bylo postupováno systematicky.

Jedná se o průkopnickou experimentální práci v problematice proudění odlehčovacím systémem regulačních ventilů. Součástí práce bylo vybudování experimentální trati pro měření proudových parametrů v obtokovém systému silově odlehčeného ventilu. Připravena byla metodika měření a zpracování primárních dat včetně odhadů nejistot měření důležitých veličin.

### c) Výsledky disertační práce a přínos disertanta

Neoddiskutovatelným výsledkem disertační práce je již vlastní vybudování měřicí trati a její dodatečná úprava na základě úvodní studie tak, aby byla využitelná pro splnění deklarovaných cílů v potřebné kvalitě. Za významný počin lze považovat teoretický rozbor dané problematiky a popis zpracování primárních dat, který je v práci uveden. Nelze opomenout ani přípravu a provedení měření i zpracování dat, a to včetně rozboru nejistot měření.

Za zmínku stojí také porovnání vlastních experimentálně získaných výsledků s výsledky vzniklými na spolupracujících pracovištích.

Praktickým přínosem práce je bezesporu vyhodnocení průtokových součinitelů jednotlivých sekcí odlehčovacího systému, doporučený způsob odhadu tlakové ztráty ve štěrbině, ale také rozbor stabilizační síly. Předkládaná práce shrnuje doposud získané poznatky a doplňuje je o další výsledky založené především na experimentálních datech.

Kladně hodnotím kapitolu 7, kde jsou na základě získaných zkušeností uvedeny náměty na další výzkum problematiky silově odlehčených regulačních ventilů.

Domnívám se, že cíle deklarované v úvodu práce byly splněny.

#### d) Dotazy a připomínky

- Jaká je odchylka náhrady elipsou od reálného průtoku, která část charakteristiky je zatížena největší odchylkou?
- Stabilizační síla v závislosti na zdvihu kuželky  $h$  roste až do hodnoty  $h = 14\text{mm}$  ( $\bar{h} = 0,14$ ). Při dalším zdvihu se maximální dosažená stabilizační síla i při poklesu tlakového poměru  $p_d/p_{vc}$  zmenšuje, viz obr 5.45. Proč se tak děje?
- Hodnota ztrátového součinitele pro úzké štěrby je oproti klasickému potrubí zvětšena 33,5-krát. Pro větší než „úzké“ štěrby se bude hodnota ztrátového čeho součinitele zmenšovat. Lze odhadnout, pro jaký rozsah šířky štěrby je možné stanovenou hodnotu použít? Jak lze definovat „úzkou“ šterbinu?

Po formální stránce má práce logickou strukturu a je velmi přehledně zpracována. V textu lze nalézt v omezené míře drobné chyby, které se však netýkají provedených experimentů a nemají přímou vazbu na formulované závěry.

#### e) Vyjádření k publikacím disertanta

Seznam publikací disertanta je rozsáhlý a obsahuje příspěvky na tuzemských i mezinárodních konferencích, doplněn je řadou výzkumných a technických zpráv a také funkčním vzorkem. Z uvedeného je zřejmé, že se disertant aktivně účastnil řešení mnoha úkolů v daném oboru, a to nejen přímo spojených s problematikou silově odlehčených regulačních ventilů.

#### f) Vyjádření oponenta

Disertant se dobře zorientoval v dané problematice a získal mnoho znalostí a zkušeností, které dále aplikoval při zpracovávání předkládané práce.

**Na základě výše uvedeného, doporučuji předloženou disertační práci  
Ing. Lukáše Mrózka k obhajobě (dle zákona č. 111/1998 Sb. § 47).**

V Plzni dne 27. 12. 2020

  
Ing. Kamil Sedlák, Ph.D.

prof. Ing. Miroslav Šťastný, DrSc.

Ruská 76

326 00 Plzeň

## OPONENTNÍ POSUDEK

disertační práce k získání akademického titulu doktor v oboru  
Stavba energetických strojů a zařízení

**Téma:** Experimentální výzkum proudění v úzkých štěrbinách odlehčovacího systému regulačních ventilů parních turbín.

**Doktorand:** Ing. Lukáš Mrózek.

**Zadavatel posudku:** Západočeská univerzita v Plzni, děkanát Fakulty strojní.

K posouzení byla předložena disertační práce v rozsahu 101 stran textu s obrázky a diagramy. V práci je uvedeno 44 odkazů na literaturu a na 32 publikací doktoranda se spoluautory ke sledované problematice.

## SOUHRNNÉ POSOUZENÍ DISERTAČNÍ PRÁCE

### a) Zhodnocení významu pro obor

Téma disertace je velmi aktuální z hlediska využití metod tvarování průtočných částí regulačních ventilů při dalším zdokonalování parních turbín pomocí mechaniky tekutin. Hlavní přínos práce je v získaných výsledcích pomocí experimentů na modelu štěrbin. Podrobně je popsána příprava a způsob provedení měření. Významný je rovněž popis zpracování naměřených hodnot, včetně rozboru nejistot měření. Bylo prokázáno, že ve štěrbinách odlehčených regulačních ventilů existuje turbulentní proudění a že kritický hmotnostní průtok štěrbinou je závislý na vstupních parametrech média, průtočné ploše štěrbin a na její délce. Cenné jsou rovněž numerické výpočty proudění modelem štěrbin.

### **b) Postup řešení**

Řešení problému je prováděno systematicky, počínaje přehledem dříve získaných poznatků z výzkumu odlehčených regulačních ventilů. Následuje teorie proudění v ideální dýze a štěrbině a je uveden model experimentální trati pro výzkum proudění štěrbinou. Podrobně je popsána příprava měření a použité měřicí metody. Je proveden rozbor nejistot měřicích metod a v další části disertace se pojednává o zpracování naměřených hodnot.

### **c) Výsledky disertace a přínos disertanta**

Významným výsledkem práce disertanta jsou měření na modelové štěrbině, jakož i provedený rozbor nejistot měření. Cenné je zjištění o posunutí výstupního hrdla do štěrbin, potvrzení turbulentního proudění ve štěrbině a získané údaje o síle na kuželku. Disertace systematicky zpracovává dané téma a je přehledně uspořádána.

### **d) Dotazy a připomínky:**

- V disertaci je uvedena řada formálních informací a některé jsou zbytečné (seznam obrázků, seznam tabulek)
- Málo přehledné je používání stejného označení pro různé veličiny ( $d$ ,  $h$ ,  $\lambda$ )
- Formální provedení je dobré. V textu jsou ale některé jazykové nepřesnosti a drobné chyby.

### **e) Publikace disertanta**

Publikace disertanta jsou velmi dobré. Podstatnou část disertace doporučuji k publikaci.

### **f) Doporučení**

Významným výsledkem práce disertanta jsou pokroky ve znalostech proudění stlačitelné tekutiny ve štěrbinách odlehčených regulačních ventilů parních turbín.

**S přihlédnutím k výše uvedeným skutečnostem doporučuji disertační práci Ing. Lukáše Mrózka k obhajobě (dle zákona č. 111/1998 Sb. § 47).**

V Plzni 12.1.2021

