



## OPONENTNÍ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

### Advanced Analysis and Testing of Space Equipment Systems

**Ing. Václav Lazar**

#### **1. Aktuálnost tématu disertační práce**

Uvedený název předložené disertační práce Ing. Václava Lazara je velmi obecný, proto za téma práce je možné považovat problematiku experimentálního určení tepelného odporu v kontaktu za relativně velmi nízkého přitlačného tlaku v podmínkách vakua i podmínkách atmosférických. Práce je reakcí na vzniklou potřebu určení tepelných odporů v kontaktu, nutných pro kalibraci stávajícího měřicího zařízení, tepelně-vakuové komory, bez nutnosti její rozsáhlejší přestavby.

Stanovení tepelného odporu v kontaktu či součinitele přestupu tepla v kontaktu je poměrně náročný úkol, protože tyto veličiny jsou závislé na množství parametrů. I přes dobré pokrytí této problematiky dostupnou literaturou je její výzkum stále ještě nutný. Proto je téma možné hodnotit jako aktuální.

#### **2. Splnění stanovených cílů disertační práce**

Cíle práce jsou doktorandem definované v kapitole č.4. Hlavním cílem je odhad součinitele přestupu tepla v kontaktu mezi dvěma tělesy zhotovenými z mědi. Dílčí cíle jsou pak definovány jako:

- Posouzení nové metody měření tepelného toku pro experimentální vyhodnocení a simulaci rozložení teplot.
- Vyhodnocení nejistot měření při experimentech ve vakuové komoře.
- Porovnání dat z experimentu s hodnotami modelu.

Lze konstatovat, že cíle byly splněny. Výhrady jsou uvedeny dále v textu.

#### **3. Postup řešení problému a výsledky práce**

Téma disertační práce je zpracováno standardním způsobem od literární rešerše přes návrh nového způsobu určování tepelných odporů v kontaktu až po provedení experimentu a jeho vyhodnocení. Za výsledky práce lze považovat:

- Doktorand představil novou metodu měření hodnot součinitele přestupu tepla v kontaktu, založenou na instalaci senzoru tepelného toku do stávající tepelně-vakuové komory. Z práce není jasné, zda návrh a realizace adaptace komory je vlastní prací doktoranda.
- Doktorand provedl analýzu nejistot měření.
- Doktorand provedl ověření metody experimentálním určením hodnot součinitele přestupu tepla v kontaktu mezi dvěma tělesy, zhotovenými z mědi, za relativně velmi nízkých hodnot přitlaku a jejich srovnání s hodnotami získanými z rešerší a výpočtem dle zvoleného vzorce (modelu).
- Doktorand provedl analýzu vlivu některých parametrů (vliv přítomnosti či nepřítomnosti senzoru tepelného toku, vliv regulace teploty a vliv okolní teploty) a určil omezení užití metody.

#### **4. Význam pro praxi a další rozvoj vědního oboru**

Práce přinesla nové poznatky v oblasti tepelného odporu v kontaktu při nízkých hodnotách přitlačného tlaku a prověření možností praktické realizace adaptace existujícího měřicího zařízení, tepelně-vakuové komory.



### 5. Formální úprava disertační práce a její jazyková úroveň

Vlastní vysvětlivkový spis obsahuje dle mého názoru nadměrné množství chyb a nepřesností. Někdy je obtížné určit, zda se jedná o důsledek nepozornosti či spěchu, anebo špatného náhledu na problém. Nedostatky, které lze považovat za formální a jazykové, budou uvedeny v této kapitole, nedostatky v obsahu práce pak v kapitole č. 6.

Práce je relativně náročná na pochopení. Některé kapitoly jsou extrémně stručné, bez podání základního vysvětlení některých aspektů, byť jsou pro práci zásadní. Situaci zhoršuje i fakt, že zcela chybí seznam použitých symbolů (práce obsahuje pouze seznam zkratk) a že doktorand navíc občas používá stejné označení pro různé veličiny (*TCC*, *H*).

Struktura práce je logická.

Práce je psána v angličtině a dle mého názoru je po jazykové stránce na odpovídající úrovni. Doktorand se ale nevyvaroval některých pravopisných chyb (str. 23, 25, 27, 59). Také v česky psaném abstraktu lze, bohužel, nalézt chyby.

Práce obsahuje i další nedostatky. Jedná se například o:

- Chyby v uvedených matematických vzorcích (3.1, 3.2, 3.7, 3.20, 7.1).
- Neustále se opakující nekorektní zápis mocnin jednotek (například  $W/m^2K$ ).
- Špatně uvedenou jednotku u Stefan-Boltzmannovy konstanty (str. 20).

Po grafické stránce je práce dle mého názoru v pořádku. Některé obrázky jsou ale v tištěné verzi práce špatně „čitelné“ kvůli jejich malé velikosti nebo nízkému barevnému kontrastu. V oblasti použití obrázků případně tabulek lze nalézt další nedostatky, z nichž bych uvedl jen některé:

- Přehozené číslování obrázků na straně 24.
- Nesoulad v hodnotách součinitele tepelné vodivosti mědi v tabulkách č. 6.1 a 6.2 a chyba v poznámce pod čarou.
- Matoucí nedodržení jednotných barev průběhů teplot v grafech na obrázcích 6.3 až 6.8.
- Stejně označení dvou různých obrázků na straně 5.

### 6. Připomínky a nedostatky

Z mnoha nedostatků a připomínek budou uvedeny ty nejpodstatnější.

Úvahy o velikosti tepelného odporu v kontaktu, uvedené v práci na začátku kapitoly č.5, považuji za nesprávné. Stejně tak i důležitou rovnici pro výpočet součinitele přestupu tepla v kontaktu (5.10). Poměrně zvláštní je fakt, že doktorand v další práci (analýza nejistot, určení hodnot součinitele přestupu tepla v kontaktu z měření) očividně používá rovnici správnou, mírně odlišnou.

Za podstatný nedostatek ve vědecké práci, zabývající se měřením teploty, považuji označení senzoru PT100 za termočlánek (Thermocouple).

Chybí detailnější informace o senzoru tepelného toku FHF02, na kterém je nová metoda založena, a na způsobu jeho aplikace. Tedy jestli byl senzor nějakým způsobem lepen (jak předepisuje výrobce), nebo byl držen pouze sevřením mezi horní deskou a vzorkem. Podaná informace že pro fixaci byla použita kaptonová páska a uvedená fotografie situaci příliš neosvětluje. Dle mého názoru by bylo vhodné uvést také náčrt senzoru s jeho rozměry a jeho základní technické údaje.

Podobně v popisu tepelně-vakuové komory by bylo přínosné uvést alespoň její základní rozměry.

Detailnějším způsobem mohla být dle mého názoru zpracována oblast odhadu nejistot měření.



V práci lze nalézt nesoulad v uváděné hodnotě přítlačného tlaku během měření. Na stranách 16 a 33 je uváděná hodnota 0,075 MPa a dále v práci pak hodnota 0,036 MPa.

Rovnice 3.13 na straně 26 není rovnice tepelného odporu v kontaktu, jak uvádí doktorand, ale rovnice pro výpočet celkového součinitele přestupu tepla v kontaktu. Zcela zde chybí jednotka této veličiny.

Na straně 28 by u rovnice 3.18 bylo vhodné uvést literaturu, ze které bylo čerpáno.

Posouzení správnosti naměřených hodnot součinitele přestupu tepla v kontaktu pomocí hodnot či modelů, získaných z literatury, je obtížné. Důvodem je velmi nízký přítlačný tlak, ležící víceméně mimo oblast, pokrytou literaturou. Při cca. 4-násobně vyšších přítlačných tlacích jsou hodnoty součinitele přestupu tepla v kontaktu získané doktorandem z literatury o tisíce procent vyšší než hodnota naměřená. V případě výpočtu podle převzatého vzorce jsou hodnoty součinitele vyšší o desítky procent. Autorovo vysvětlení, že použitý model má svá omezení v oblasti velmi nízkých přítlačných tlaků, je dle mého názoru nedostatečné. Řešením by bylo aplikovat během experimentů vyšší přítlačný tlak, což by ale zřejmě vyžadovalo radikálnější zásah do konstrukce celé komory.

#### 7. Vyjádření k tezím

Dodaná pracovní verze tezí je zkrácenou verzí disertační práce, obsahuje tedy většinu jejích nedostatků. Formální požadavky, kladené ve jmenovacím dopise od předsedy komise, dle mého názoru teze splňují.

#### 8. Dotazy

Z důvodů uvedených v závěru nemám žádný dotaz.

#### 9. Závěr

Ing. Václav Lazar vypracoval a předložil disertační práci, která se zabývá problematikou z oblasti určování součinitele přestupu tepla ve styku mezi tělesy. Vytyčené cíle byly sice splněny, práce ale dle mého názoru po formální a obsahové stránce nespĺňuje požadavky na disertační práci. Doporučuji práci přepracovat, a tudíž ji **nedoporučuji k obhajobě** a nedoporučuji tedy ani udělení titulu Ph.D.

V Brně 22. srpna 2024

doc. Ing. Václav Tríska, Ph.D.