

Ing. Miloš Müller, Ph.D.  
Technická univerzita v Liberci  
Studentská 2  
46117 Liberec

## Posudek diplomové práce Bc. Jaroslava Kodeše

### „DIAGNOSTIKA VZNIKU KAVITACE V HYDRAULICKÉM TLUMIČI“

#### Shrnutí a zhodnocení obsahu

Předložená diplomová práce si klade za cíl experimentálně ověřit možnosti detekce kavitace za škrťicím elementem automobilového tlumiče, ověřit numerickou simulací výskyt kavitace v části škrťicího elementu, provést rešerši experimentálních technik použitelných pro detekci kavitace v tlumiči, popsat základní druhy tlumičů, jejich funkce a definovat, kde jsou místa potenciálního vzniku kavitace.

V úvodní kapitole je zaveden termín prodleva a vysvětlena jeho souvislost s činností tlumiče. Následně je uvedena souvislost prodlevy s přítomností bublinek v tlumičové kapalině.

V kapitole „TLUMIČE“ je uveden přehled základních typů tlumičů, jejich principů a definována místa, kde může ke vzniku kavitace v tlumiči dojít.

V kapitole „KAVITACE“ popisuje autor jevy nukleace a kavitace. Jsou zde popsány efekty provázející kolaps kavitační bublinky ve volné tekutině a v blízkosti pevné stěny. V kapitole je uveden a popsán příklad stability bublinky při změnách tlaku v okolní kapalině, přičemž samotný popis příkladu není příliš srozumitelný. V některých vzorcích je použito indexování, které není jasně vysvětleno. V závěru kapitoly je stručně vysvětlena souvislost mezi chováním jednotlivých bublin a problémy, které se mohou v tlumiči vyskytnout. Zde by však bylo žádoucí doplnit odkazy na literaturu prokazující, že k uvedeným jevům v tlumičové kapalině může skutečně dojít.

Kapitola „METODY DIAGNOSTIKUJÍCÍ KAVITACI“ představuje experimentální techniky, které je potenciálně možno využít pro detekci kavitace v hydraulickém tlumiči. V práci by bylo vhodné věnovat více prostoru diskuzi, do jaké míry jsou uvedené metody použitelné pro vlastní diagnostiku kavitace v tlumiči. Následně je vysvětlen princip ABS a uvedeny pouze přehledově se základním popisem rovnice, které systém ABS využívá. V kapitole je odkaz na Obr. 8.1. a rovnici 8.1. Ve skutečnosti se jedná o Obr. 4.1. a rovnici 4.1.

Stěžejní kapitola „EXPERIMENTÁLNÍ ZAŘÍZENÍ“ přináší skladbu a popis jednotlivých částí experimentálního zařízení. Na základním schématu je zde uveden princip činnosti celého systému. Následně je uveden popis a schéma řízení. V části věnované přípravě experimentu jsou uvedeny postupy jak systém uzavřít a odvzdušnit. Následně je zde uveden postup nastavení systému ABS pro měření spektra bublinek. V kapitole není předložen přesnější popis snímačů, které byly použity pro měření teploty a tlaku. Z hlediska nastavení systému ABS zde chybí popis kalibrace jednotlivých převodníků, přičemž je zřejmé, že kalibrace byla provedena.

Kapitola „HYDRAULICKÝ OLEJ“ představuje základní vlastnosti hydraulického oleje, které jsou použity především jako vstupní data pro nastavení systému ABS.

Kapitola „VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ“ shrnuje základní výsledky diagnostiky kavitace v tlumiči na realizované měřící trati s využitím snímačů teplot, tlaků a s použitím systému ABS. Výsledky měření ukazují na relevantnost použitých měřících technik a dokonce lze ve výstupech z různých typů měření vysledovat společné znaky. Pro čtenáře je z mého pohledu obtížně pochopitelná volba maximálních teplot jako limitů pro jednotlivá měření. Ve skutečnosti totiž teploty odpovídají trvání zdvihu, kdy se při déle trvajícím zdvihu kapalina více zahřeje. Proto by bylo srozumitelnější volit zde jako parametr přímo dobu zdvihu. Výsledky ABS jsou zde analyzovány pouze pro vybrané poloměry bublin s největší četností. Následné výsledky pro všechny poloměry jsou uvedeny bez dalšího zpracování v příloze. Tato kapitola obsahuje i výsledky numerické simulace, které ukazují vliv vybraného parametru v geometrii škrťicího elementu tlumiče na množství uvolněného vzduchu. Použitý model

kavitace je uveden bez přesnějšího vysvětlení a popisu nastavení. Interpretace výsledků z hlediska vzniku kavitace je proto diskutabilní.

Kapitola „ZÁVĚR“ shrnuje celou práci a konstatuje, že experimentální zařízení zatím není schopno reprodukovat činnost reálného tlumiče, protože nedosahuje požadovaného tlakového spádu.

## **Hodnocení**

Po formální stránce je práce zpracována na průměrné úrovni a obsahuje řadu překlepů a nepřesností, které bohužel snižují poměrně vysokou hodnotu práce realizované v experimentální části. Rešeršní část týkající se tlumičů je zpracována uspokojivě, avšak teoretický popis problému kavitace ve vztahu k chování tlumiče je dosti řídký. Je však třeba poznamenat, že literární zdroje zaměřené na experimentální zjišťování kavitace v tlumiči jsou velmi omezené. V popisu experimentu je použito velké množství obrázků, ale jejich popis je příliš stručný. Stejně tak by bylo vhodné doplnit popis kalibrace systému ABS. Přestože detailní analýza výsledků nebyla požadována, je velké množství výsledků uvedeno v příloze bez bližšího vysvětlení a pouze u některých se student pokusil vysvětlit jejich fyzikální význam. V popisu numerické simulace nejsou uvedeny některé parametry nastavení modelu.

Jedním z hlavních cílů této diplomové práce byla příprava a realizace prvních testovacích měření ukazujících možnosti experimentálního zařízení při diagnostice vzniku kavitace za škrťícím elementem automobilového tlumiče. Příprava měřicí trati a její uvedení do provozu představovalo aplikaci mnoha konstrukčních řešení, která zahrnovala těsnění tlumiče, těsnění průzorů i systém a metodiku odvodu vzduchu. Vlastní měření představuje koordinaci několika různých systémů, kdy samotné měření s využitím systému ABS (Akustický Bublínkový Spektrometr) vyžaduje několik dílčích kroků. Všechny výše uvedené činnosti a dovednosti student zvládnul realizovat a osvojil si v poměrně krátkém čase. V závěru práce se studentovi podařilo na měřicí trati realizovat sadu měření, která prokázala schopnost systému ABS detekovat měnící se množství bublin při různých režimech tlumiče a také ukázala souvislosti mezi výsledky získanými s použitím ABS a výsledky získanými pomocí teplotních a tlakových čidel. Stejně tak se při optických měřeních ukázala využitelnost záznamu pomocí rychlostní kamery, ale i potřeba řešení vhodnějšího systému osvětlení.

I přes výše uvedené nedostatky doporučuji práci k obhajobě

a hodnotím ji známkou

„velmi dobře mínus“

## **Otázky k diplomové práci**

1. Vysvětlíte základní princip použitého kavitačního modelu při CFD simulaci.
2. Jaký typ signálu byste získal, pokud byste při měření použil jako snímače hydrofon.
2. Jakým způsobem ovlivní vzdálenost převodníků při měření výsledky získané s pomocí ABS.

V Liberci, dne 9. 6. 2015  
Ing. Miloš Müller, Ph.D.