

Posudek diplomové práce

Pavly Macháňové

zpracované na téma

Modelování tření a jeho vliv při numerických simulacích rychlých dějů

Diplomová práce o rozsahu 97 stran vč. příloh je věnována modelování tření a zejm. určení parametrů tření na vyvíjeném zkušebním zařízení. Práce je motivována potřebou určení těchto parametrů pro simulace nárazových zkoušek v automobilovém průmyslu se zaměřením na kontakt mezi oděvem figuríny a potahem sedadla.

Po úvodní přehledové kapitole jsou uvedeny a demonstrovány nejčastěji používané statické a dynamické modely tření a modelové úlohy, jejichž prostřednictvím mohou být určovány parametry tření (kap. 2). Následuje popis implementace vybraných úloh (pohyb hmotného bodu s nenulovou počáteční rychlostí do zastavení, tažení hmotného bodu vnější silou a kinematicky buzený hmotný bod na drsné podložce) v systému MATLAB a LS-Dyna (kap. 3, 4 a 5) s obsáhlým komentářem a rozbořem výsledků. Těžištěm práce je pak kap. 6, kde je popsána konstrukce experimentálního zařízení pro měření koeficientů tření a kde jsou provedena rozsáhlá měření pro různé kombinace materiálů, relativní rychlosti v kontaktu a různá zatížení. Výsledky jsou adekvátním způsobem zpracovány, vyhodnoceny a doplněny odpovídajícím komentářem.

Diplomová práce má logickou strukturu, je psána srozumitelně a jazykově i terminologicky správně. Použité zdroje mají odpovídající rozsah a jsou korektně citovány. Výsledky experimentů společně s uvedenými přílohami ukazují značný objem práce autorky. Dále uvádím několik konkrétních poznámek k textu bakalářské práce

- Ad kap. 4: nesprávně je používán termín *těleso* namísto *hmotný bod*.
- Ad kap. 4.1.2, obr. 14.: „(...) fyzikálně správný výsledek dává model pouze pro kladné hodnoty rychlosti“. V případě analyzovaného LuGre modelu jsou patrně výsledky správné a odpovídají velmi nízké konstantě mikro-tuhosti σ_0 . Při delším časovém intervalu simulace by se patrně ukázalo ustálení kmitání způsobené deformací „štetin“ na mikro-úrovni.
- U dynamických modelů by bylo účelné zobrazovat též průběhy vnitřní proměnné z , které mohou napomoci interpretaci dějů v kontaktu na mikro-úrovni, viz předchozí poznámka.
- Hodnoty konstant dynamických modelů tření σ_0 , σ_1 , σ_2 , $v_{Stribeck}$ jsou v práci uváděny bez jednotek (např. obr. 18, 19 aj.). Všechny mají ale fyzikální rozměr odpovídající fyzikální představě štetinového modelu (tuhost/tlumení na mikro-úrovni, resp. rychlost).
- Ad kap 2.1: konstatování, že statické modely tření „popisují chování třecí síly v ustáleném stavu“ je zavádějící. Popisují i nestacionární jevy (viz Bensonův model apod.), pouze je zde přímá závislost třecí síly jakožto funkce relativní rychlosti v kontaktu.
- Ad kap. 4.4: v případě analýzy ODE-řešičů by bylo vhodné uvést jejich nastavení (tolerance, max. délky kroku atd.), resp. u nekonvergujících výpočtů otestovat jiné nastavení řešičů.

Dále uvádím dotazy a poznámky, na které by měla autorka reagovat v průběhu obhajoby:

- Jakým způsobem je zajištěno potažení testovací podložky látkou/kůží? Pokud je potah na podložku pouze „napnutý“, jak je patrné např. z obr. 52, projevuje se v měření deformace potahového materiálu vzhledem k podložce?
- Bylo by na základě uvedeného experimentu možné určit hodnoty koeficientů některého z uvedených dynamických modelů tření, např. prostřednictvím optimalizačních/ladicích procedur?
- Jeví se jako účelné použití dynamických modelů tření, nebo jsou pro potřeby uvedených úloh dostačující jednodušší modely statické?

Závěr

Pavla Macháňová splnila cíle diplomové práce a prokázala schopnost aplikace teoretických znalostí na konkrétní úloze modelování soustav se třením a určování jejich parametrů. Právě spojení teoretických znalostí s experimentálním určováním parametrů tření hodnotím velmi kladně. Parametry kontaktu mohou mít v dynamických simulacích silný vliv na přesnost výsledků, a přitom bývají jejich hodnoty často pouze odhadovány.

Předložená diplomová práce je kvalitní a splňuje požadavky na kvalifikační práci. Hodnotím ji proto známkou

výborně.

V Plzni dne 13. 7. 2020

.....
Ing. Štěpán Dyk, Ph.D.
Oponent diplomové práce