

Oponentský posudek doktorské disertační práce
Implicitly constituted fluids and their flows
in complicated geometries

autora Adama Janečky

V předložené dizertační práci se Adam Janečka zabývá prouděním nestlačitelných newtonovských tekutin, ve kterých je vztah mezi tenzorem napětí \mathbb{T} (nebo tenzorem smykových napětí \mathbb{T}_δ) a tenzorem rychlosti deformace \mathbb{D} nemonotní a je dán tzv. „křivkami tvaru S “ (= „ S -shaped curves“). Příslušné tekutiny jsou popsány speciální třídou implicitních konstitučních vztahů. Po první, úvodní, kapitole, je ve druhé kapitole práce podán přehled implicitních konstitučních modelů, které vycházejí z prací Ragakopala, případně Ragakopala a Srinivasy, a v této souvislosti vysvětluje užití „křivek tvaru S “. Uvažované modely jsou odvozeny tak, aby byly termodynamicky přípustné (tj. aby vyhovovaly 2. zákonu termodynamiky) a rovněž aby zajišťovaly maximální produkci entropie. Ve třetí kapitole je autor motivován situací, ve které změny tenzoru rychlosti deformace generují skoky v odezvě, ačkoliv změny tenzoru smykových napětí vedou ke spojitým odezvám, což může vést k hystereznímu chování tekutiny. K vysvětlení tohoto jevu autor užívá konstituční vztah, jehož část je derivací tzv. nekonevného disipačního potenciálu. Rovněž je zde uveden koncept tzv. CR stability (tj. stability konstituční rovnice) a je vysvětlena souvislost s obvyklým matematickým konceptem stability. Čtvrtá kapitola práce je věnována stabilitě proudění tekutin s implicitními konstitučními rovnicemi. Autor nejprve odvozuje, jak vypadá Poiseuilleovo proudění mezi dvěma rovinami nebo v kanálu, a pak se zabývá otázkou stability tohoto proudění. K tomu používá jednak Reynoldsovu–Orrovu rovnici pro kinetickou energii poruch (jejíž pomocí je dokázána stabilita klidového stavu tekutiny a jsou odvozena kritéria stability pro Poiseuilleovo proudění v kanálu) a dále pak Orr–Sommerfeldovu rovnici (nebo Orr–Sommerfeld–Squireův systém) pro popis chování poruch určitého předepsaného tvaru. Teoretické výsledky ukazují na nestabilitu proudění v případě nemonotónních konstitučních vztahů (a inflexních bodů v rychlostním profilu). Výsledky jsou potvrzeny i numerickými výpočty vlastních čísel příslušného linearizovaného problému pro několik konkrétních příkladů konstitučních vztahů. V páté kapitole autor navrhl numerické schéma pro aproximaci proudění výše zmíněných typů tekutin. Schéma je ověřeno na konkrétním případě Taylorova–Couettova proudění mezi dvěma koncentrickými válci. Předmětem práce je zejména chování tekutin s „ S -shaped“ závislostí tenzoru \mathbb{T}_δ na tenzoru \mathbb{D} . V šesté kapitole autor představuje několik modelů s opačným typem závislosti, tj. se „ S -shaped“ závislostí tenzoru \mathbb{D} na tenzoru \mathbb{T}_δ .

Téma disertační práce je velmi zajímavé a aktuální, a to zejména s ohledem na vývoj nových materiálů v oblasti techniky, rozvoj příslušné teorie v oblasti teoretické mechaniky tekutin, pokroky v kvalitativní matematické teorii různých modelů proudících tekutin, i rostoucí možnosti numerických simulací na počítačích.

Práce je napsána přehledně a pečlivě, s uvedením mnoha citací na „klasickou“ i aktuální příslušnou odbornou literaturu. Text není strukturován tradičním matematickým způsobem na definice–věty–důkazy, ale na druhé straně je psán stylem, který

je v teoretické mechanice a matematickém modelování obvyklý. Práce obsahuje řadu originálních výsledků, což se zřejmě týká zejména kapitol 4 a 5. Metody, užití v těchto kapitolách sice vycházejí z původních myšlenek Reynoldse, Orra, Sommerfelda a dalších, ale jejich modifikace a konkrétní aplikace na případy Poiseuilleova a Taylor-Couettova proudění uvažovaných neneutronovských tekutin s implicitními konstitučními rovnicemi je značně netriviální.

Autor píše, že práce vychází ze tří odborných článků, jichž je spoluautorem, a dále se v textu zmiňuje o dvou dalších pracích, jichž je také spoluautorem. Jelikož vymezení přínosu těchto prací v množství dalších citací poněkud zaniká, ocenil bych, kdyby autor ve svém vystoupení při obhajobě tento přínos přesněji specifikoval. Jinak nemám práci co vytknout. Naopak, je patrné, že autor studované problematice hluboce rozumí, má široké znalosti související literatury a je schopen samostatně vědecky pracovat.

Vzhledem k uvedeným skutečnostem doporučuji předloženou dizertační práci k obhajobě a rovněž doporučuji, aby po úspěšné obhajobě byl autorovi udělen titul PhD.

V Praze, 1. října 2018

Prof. RNDr. Jiří Neustupa, CSc.