

## **Disertační práce Ing. L. Hájka Numerical solution of turbulent flow using DES model with mesh adaptation.**

Vyjádření školitele.

Ve svém vyjádření se zaměřuji na průběh doktorského studia Ing. L. Hájka.

Doktorand Ing. Lukáš Hájek studoval obor počítačová fyzika na katedře Fyzikální elektroniky FJFI ČVUT. V diplomové práci se pod vedením prof. R. Lisky zabýval numerickým řešením Lagrangeovských modelů plazmatu na pohyblivých sítích. Po obhajobě se přihlásil k doktorskému studiu na FS ČVUT. V některých aspektech byl pro doktorské studium velmi dobře připraven – všestranné IT dovednosti, programování a programovací jazyky, jazyková vybavenost. V některých jiných pak byly výchozí předpoklady ve srovnání s absolventy fakulty strojní (zvláště specializace matematické modelování) výrazně horší – mechanika tekutin, modelování turbulentního proudění, metody jeho numerického řešení (Eulerovský popis).

Doktorand během studia nevyvíjel svůj vlastní kód, ale hned se zapojil do vývoje společného software Orion. Proto zpočátku nepotřeboval nutně celkovou detailní znalost numerické metody a matematického modelu. Doplnoval si ji postupně individuálním studiem dostupných popisů a odvození a v širších souvislostech studiem odborné literatury z oblasti mechaniky tekutin a numerických metod nebo v odborných předmětech studijního plánu. I přes výrazný pokrok se nepodařilo počáteční „bílé místa“ plně odstranit.

Naši spolupráci provázela nesoulad ve způsobu přemýšlení o vzniklém dílčím problému, cestě k jeho pochopení a postupu jeho překonání. Vzájemnou komunikaci tak během studia komplikovaly určité potíže v porozumění předávaným informacím a podnětům a při formulaci doktorandem získaných poznatků.

Zapojení doktoranda do společného rozvíjení software Orion umožnilo výrazně zrychlit vývoj numerických metod, jimž se ve své práci věnuje. Mohl převzít řadu programových modulů. Na druhé straně se musel zorientovat v relativně rozsáhlém programu, podílet se na jeho vývoji, testování a odstraňování programovacích či algoritmických chyb i v částech vytvořených dříve nebo někým jiným. V prvních letech jeho studia byla do implicitních metod v Orionu postupně doplňována např. alternativní schémata pro konvektivní toky, schéma pro disipativní toky v obecných typech konečných objemů a dvourovnicové modely turbulence (např. SST, TNT). Byla upravována vnitřní struktura Orionu, což umožnilo paralelizaci a doplnění dynamické adaptace 2D hybridní sítě.

Po složení státní závěrečné zkoušky na jaře 2020 se doktorand zaměřil na numerické řešení DES modelů turbulentního proudění. Nejprve na Kokovu metodu XLES a později i na další varianty DES metod vycházející z SST či TNT modelů turbulence. Cílem práce bylo také spojení DES metod s dynamickou adaptací výpočetní sítě. Od tématu jsem si původně sliboval výraznější příspěvek k tématice DES metod, ať již jde o použitelnost pro určité typy proudění ve srovnání s RANS modely, či vliv zvoleného postupu řešení (numerické schéma, hustota a topologie sítě, potenciál propojení dynamickou adaptací sítě, atd.). V té době (možná i s jistým vlivem omezení během covidové epidemie) ale přišlo poměrně dlouhé období, kdy nebyl znatelný téměř žádný pokrok. Během něj jsem od doktoranda nezískal ani žádný smysluplný písemný materiál dokumentující dílčí postup prací.

Až během první poloviny roku 2022 se doktorandovi podařilo zvládnout algoritmus XLES modelu a získat výsledky pro obtékání válečku. Pak naprogramoval několik dalších variant DES modelů. Výsledky pro režim proudění v difuzoru s přilehlou mezní vrstvou publikoval v únoru 2023 na konferenci Topical Problems v Ústavu termomechaniky AV. Pracoval na rozšíření implementovaného algoritmu adaptace hybridní 2D sítě na případ 3D sítí kolem

prismatických objektů ve třetím rozměru (např. část válce), jež již představují vhodné geometrie pro práci s DES modely turbulence.

Podářilo se mu získat určité výsledky spojující DES a adaptaci sítě pro případ tandemových válců. Tyto práce probíhaly pod tlakem blížícího se termínu dokončení. Pracoval intenzivně, ale přesto začal psát text dizertační práce až velmi krátce před posledním možným termínem odevzdání (koncem srpna 2023). Postupně přidávané části jsem se i v poněkud hektické situaci snažil připomínkovat, ale měl jsem jen omezenou možnost ovlivnit koncepci práce, výběr a způsob prezentace dosažených výsledků.

Doktorand přednesl některé získané výsledky na konferenci Computational Mechanics na podzim 2023 a pracuje na příspěvku do časopisu Applied and Computational Mechanics.

Kvalitu předkládané disertační práce jistě zhodnotí oponenti ve svých posudcích a společně s průběhem obhajoby pak i celá komise.

V Praze, 30.1. 2024

prof. Ing. Jaroslav Fořt, CSc.  
Školitel