

**Posudek školitele na doktorskou práci Mgr. Aleše Podolníka s názvem
Studium sondových diagnostik okrajového plazmatu v tokamaku pomocí
počítačových simulací**

V Praze, dne 14.6.2019

Aleš Podolník studuje doktorské studium na katedře fyziky povrchů a plazmatu MFF UK od roku 2012. Během svého studia se zaměřil především na modelování okrajového plazmatu v tokamacích pomocí metody Particle-in-Cell. Svůj výzkum realizoval na oddělení Tokamak na Ústavu fyziky plazmatu AV ČR. Přestože je jeho práce primárně zaměřena studium v oblasti fyziky plazmatu a termojaderného slučování, musel značnou část svého úsilí věnovat také studiu a rozvíjení metod počítačového modelování. Tyto aktivity byly nutným předpokladem pro úspěšný návrh a realizaci simulací, které jsou prezentované v doktorské práci.

A. Podolník se na začátku svého studia zapojil od aktivit týkajících se vývoje rodiny Particle-in-Cell kódů SPICE, které byly již minulosti rozvíjeny v rámci spolupráce mezi ÚFP AVČR a CEA Cadarache (Francie). Jeho úkolem byla implementace nového řešiče Poissonovy rovnice pro 3D variantu kódu SPICE3. Stávající algoritmus (vyvinutý Dr. Pekárkem) totiž nepodporoval paralelizaci a neumožňoval tak paralelizaci celého kódu (a tedy jeho rozšíření na náročnější scénáře simulací). A. Podolník provedl průzkum existujících volně dostupných algoritmů, implementoval je do SPICE3 a pokusil se o jejich optimalizaci, což ale, jak se později ukázalo, z důvodu velmi vysoké náročnosti nevedlo zcela ke kýženému výsledku, tedy k rychlejšímu běhu kódu. Nicméně A. Podolník si při tomto vývoji osvoji nejen algoritmy kódu SPICE3, ale získal i obecné povědomí o možnostech řešení vícerozměrných diferenciálních rovnic. To následně zúročil při vývoji numerického kódu, který za pomoci řešení rovnice pro vedení tepla modeluje rozložení teploty v sondách či komponentách divertoru, které jsou vystaveny tepelným tokům z plazmatu. A. Podolník se také významně zasadil o zvýšení přehlednosti SPICE kódu a značnému zjednodušení procesu jeho instalace na řadě různých superpočítačů. I díky tomu dnes kód mohou používat další uživatelé z řady zahraničních laboratoří.

V rámci fyzikální části své práce se A. Podolník zaměřil na modelování Langmuirových sond v prostředí okrajového plazmatu tokamaku. Přestože se jedná již o časem prověřenou diagnostiku, existuje okolo interpretace jejích měření stále řada otevřených otázek. Simulace Langmuirových sond umístěných na tzv. reciprokových sondových systémech v tokamaku COMPASS ukázaly na zcela zásadní vliv přítomnosti sondové hlavičky na interpretaci naměřených dat. Langmuirova sonda se totiž nachází v oblasti vrstvy tzv. magnetického pre-sheathu této hlavičky, což ovlivňuje především měření elektronové hustoty. A. Podolník na základě numerických simulací vypracoval semi-empirický model efektivní sběrné plochy sond. Následně takto interpretovanou hustotu získanou pomocí Langmuirovy sondy v tokamaku COMPASS úspěšně experimentálně srovnal s měřením pomocí diagnostické metody využívající emisní spektroskopii na svazku lithiových atomů, jež poskytuje absolutně kalibrovaná měření.

V druhé části své práce se zaměřil na simulace tzv. flush-mounted sond, tj. sond, jejichž povrch je zarovnaný s povrchem okolních komponent. Tyto sondy byly v minulosti využívány na limiterových dílech na centrálním sloupku tokamaku COMPASS, především se ale s tímto typem sond počítá v divertoru nyní konstruovaného tokamaku COMPASS-U. Extrémní tok energie, který bude dopadat na tuto oblast, prakticky vylučuje možnost instalace sond, které by nějakým způsobem přesahovaly okolní divertorové dlaždice. A.

Podolník provedl velmi podrobnou studii chování těchto sond v režimu rozmítání napětí a srovnal přitom přesnost několika modelů, které se standardně využívají při analýze signálů z těchto sond. Zároveň namodeloval a analyzoval ohřev těchto sond během výboje v tokamaku COMPASS-U. Tato práce je zásadní pro úspěšný návrh těchto sond a správnou interpretaci signálů, které v budoucnu poskytnou.

Kromě aktivit popsaných v disertační práci se A. Podolník účastnil i řešení dalších témat spojených s modelováním pomocí Particle-in-Cell kódů na oddělení Tokamak. Jedná se například o simulace optimálního tvarování divertorových destiček pro tokamak COMPASS-U nebo modelování ohřevu divertorových lamel na tokamaku JET.

S prací Aleše Podolníka v průběhu jeho studia jsem byl v spokojen – po počátečním určitém váhání si našel svůj pracovní rytmus a oceňuji, že v druhé části studia dokázal přesunout svůj hlavní zájem z oblasti numerického modelování do oblasti fyziky okrajového plazmatu, kde dosáhl velmi zajímavých výsledků. V průběhu studia publikoval jeden impaktovaný článek v prestižním zahraničním časopise jako první autor (druhý je v současné době v recenzním řízení) a dále byl spoluautorem sedmi dalších impaktovaných publikací a řady konferenčních příspěvků.

Samotnou doktorskou práci hodnotím jako velmi zdařilou, a to nejen po věcné, ale i po formální stránce - například úroveň grafických ilustrací v práci je nadstandardní a práce má také velmi dobrou jazykovou úroveň. Celkově tedy práci doporučuji k obhajobě.

doc. RNDr. Radomír Pánek, Ph.D.