

**„Thermophysical properties of refrigerants:
experiment and simulations“**

Oponent: Václav Vrba, CSc., FJFI ČVUT

Předložená disertační práce je věnována měření a výpočtům rychlosti zvuku a saturačních vlastností směsí chladiv. Práce byla motivována dlouhodobou spoluprací týmu, jehož je doktorand členem, s Evropskou organizací pro jaderný výzkum CERN. Řešitelský tým ze strojní fakulty ČVUT se výrazně podílel na vývoji chladicích systémů pro řadu experimentů – ATLAS, ALICE, TOTEM a dalších. Svým intelektuálním vkladem do uvedených projektů a technickou vyspělostí navrhovaných řešení tým demonstroval vysokou úroveň oboru na ČVUT a získal si výrazné renomé v mezinárodní komunitě v CERN.

Předložená práce souvisí s plánovanou rekonstrukcí hlavních experimentů CERN a s tím souvisejícím zdokonalením chladicích systémů zajišťujících bezchybné fungování technologicky náročných detekčních modulů při práci na svazcích urychlovače LHC (Large hadron Collider) o výrazně větší intenzitě (nárůst až faktorem 10) a taktéž s různými pokročilými praktickými aplikacemi. V tomto ohledu **práce je velmi aktuální a velmi dobře zasazená do kontextu** úsilí vědecké komunity o realizaci velkých mezinárodních projektů i potřebami industriální sféry.

Úvodní kapitoly jsou věnovány **rešerším termodynamických modelů a metod měření rychlosti zvuku**. Rešerše jsou podloženy mnoha odkazy na zahraniční literaturu (73 citací v teoretické rešerši a 29 citací v rešerši měřících metod). V rešerši jsou uvedeny některé průmyslové aplikace využívající měření rychlosti zvuku.

Vlastní práce obsahuje **experimentální část**, věnující se konstrukci zařízení na měření rychlosti zvuku ve směsích plynů a **teoretickou část**, zabývající se modelováním rychlosti zvuku a saturačních vlastností směsí chladiv. Výsledkem **experimentální části** je zařízení na měření rychlosti zvuku využívající originální korekci měření vyvinutou pro zvýšení přesnosti experimentálních dat. Optimalizovaná měřící komora eliminuje chyby při přípravě směsí plynů. Přesnost měření je konfrontována porovnáním s příslušnými odbornými publikacemi.

Teoretická část porovnává několik jednoduchých kubických modelů a pokročilých simulačních schémat SAFT (Statistical Associating Fluid Theory). Hlavním výstupem práce jsou konstanty termodynamických modelů pro různá chladiva a dále otestování předkládaných modelů, které dává přehled o jejich přesnosti. Stěžejním výstupem jsou rovnice pro odhad tzv. interakčních koeficientů modelu SAFT-BACK pro směsi chladiv. Směsi chladiv jsou možným řešením pro dostatečný výkon chladicího systému Vnitřního detektoru ATLAS v několika dalších letech jeho plánované činnosti. Nároky na chladicí výkon totiž vzhledem k akumulovanému radiačnímu poškození elektroniky detektoru stoupají.

Metody užívané doktorandem jsou v řadě ohledů **originální a inovativní** a velmi vhodně kombinuje **teoretický a experimentální přístup** k řešení daného zadání. Řešení problému má **praktický dopad** na plánovaný upgrade experimentálních zařízení v CERN, ale také na využití v pokročilých průmyslových aplikacích.

V předložené disertaci doktorand uvádí svých jedenáct publikací k tématu doktorandské práce. Jeho současný h-index (WOS) dosahuje hodnoty 9 s výsledným počtem citací 581 (bez autocitací).

Disertant prezentoval výsledky na mezinárodních konferencích týkajících se teoretické termodynamiky nebo praktických aplikací v chladicích systémech. Příspěvek “Study of R-404a and R-488a Refrigerants in Low Temperature Refrigeration of Electronics” vyhrál třetí místo ve studentské sekci na konferenci 1st IIR international conference on the application of HFO refrigerants v Birminghamu. Dalším oceněným příspěvkem (excellentní poster prezentace) byla publikace “Thermodynamic properties of fluorocarbons: simulations and experiment” na konferenci The 24th IIR International Congress of Refrigeration, která se konala v Yokohamě.

Disertant je spoluautorem následující prací, které prezentují výsledky jež jsou základem předložené disertace:

- The cooling capabilities of C₂F₆/C₃F₈ saturated fluorocarbon blends for the ATLAS silicon tracker Journal of Instrumentation, Volume 10, March 2015.
- Speed of Sound Data in Pure Refrigerants R-116 and R-218 and Their Mixtures: Experiment and Modeling, Journal of Chemical & Engineering Data, 2016, 61 (12), 4046-4056
- M. Doubek and V. Vacek, Experimental study of refrigerants and their mixtures, Paper and Poster presentation, Proceedings of 13th International Conference on Properties and Phase Equilibria for Products and Process Design 22 – 26 May 2016, Granja – Portugal

Práce je odborně mimořádně kvalitní, je napsána v anglickém jazyce na velmi dobré úrovni, je napsána přehledně, čtivě a může sloužit jako studijní materiál pro studenty a mladé vědecké pracovníky. Drobné překlepy nikterak nesnižují její odbornou kvalitu.

Na základě uvedeného konstatuji, že doktorand v plném rozsahu splnil zadání a prokázal způsobilost k samostatné vědecké práci. Předložená práce splňuje požadavky kladené na doktorskou disertační práci a po jejím obhájení navrhuji udělit Ing. Martinu Doubkovi hodnost Ph.D.

V Praze 08/02/2019

Václav Vrba, CSc.