

80 let mezinárodní spolupráce ve výzkumu a standardizaci termofyzikálních vlastností vody a páry.

Ing. Oldřich Šifner, CSc
Ústav termomechaniky, AV ČR, v.v.i.,
Dolejškova 5, Praha 8.

O činnosti IAPWS¹ za její 75letou existenci bylo stručně referováno na 14. Mezinárodní konferenci o vlastnostech vody a páry (14th ICPWS) v Kyotu². Domnívám se, že by bylo účelné shrnout její další činnost za uplynulých pět let.

IAPWS Meeting 2005 organizoval nově vzniklý řecký národní komitét na ostrově Santorini. Jako závazný úkol bylo doporučeno rozšíření vysokoteplotní průmyslové formulace termodynamických vlastností do 50 MPa. Rovněž bylo poukázáno na nezbytnost standardizace vlastností mořské vody a zemního plynu pro vyšší teploty, než uvádějí formulace AGA a GERD. Dr. Feistel diskutoval stav vlastností mořské vody a možnosti spolupráce s Mezinárodní asociací pro fyzikální vědy oceánů (IAPSO) na nových standardech. Byla ustavena úkolová skupina (TG) pro mořskou vodu. Jako další požadavky průmyslu se objevily vlastnosti páry a CO₂, dvoufázové proudění, metastabilní vlastnosti voda-pára, disociace H₂O, a spalování H₂ a O₂, zvláště ve směsi s párou. Mr. Parry založil TG, která by se měla zabývat budoucími cykly. Prof. Lvov navrhl sloučení TG Electrochemical Processes at High Temperatures in Aqueous Systems s TG Fuel Cells and Hydrogen Technologies. Mr. Sato informoval o mezinárodní spolupráci Kanady a Japonska na problému „Flow-accelerated Corrosion“. Další příspěvky v pracovní skupině PCC³ pojednávaly o vlivu chemických příměsí na kondenzační procesy, o některých aspektech jaderné chemie, kombinovaných a palivových obězích a bylo informováno o nových směrnících EBA/EPPSA/VGB týkajících se kvality napájecí vody.

IAPWS Meeting 2006 (Witney, Oxfordshire) organizovala britská a irská asociace pro vlastnosti vody a páry (BIAPWS). Byl předložen dokument „Release on Ice“, formulace termodynamických vlastností v Gibbsově funkci navazující na vědeckou formulaci IAPWS-95. Dr. Feistel diskutoval nové rovnice pro tlaky tání a sublimace do oblastí nízkých teplot. Prof. Wagner předložil novou průmyslovou formulaci IAPWS-IF97 pro oblast vysokých teplot rozšířenou do 50 MPa. Prof. Sengers informoval o problémech, které se objevily v kritické oblasti u připravované formulace viskozity H₂O. Prof. Kretschmar předložil návrh Advisory Note No.3, pojednávající o výpočtu derivací z formulací IAPWS-95 a IAPWS-IF97. Eric Maugham stručně referoval o teorii měření, měřících a kalibračních metodách pro stanovení vlhkosti, rosného bodu a obsahu vlhkosti. Pro všechny pracovní skupiny se konal workshop o vlastnostech mořské vody. Po diskusi byla ustavena úkolová skupina pro sestavení jednoduchých a přesných rovnic vlastností kapalné vody při standardním atmosférickém tlaku. Prof. Span v přehledové přednášce referoval o „Capture and Storage of CO₂ – From Vision to Reality“. Byla ustavena vyhodnocovací skupina pro předložený návrh dokumentu „Ionization Constant of Water“ připravený prof. Lvovem.

WG PCC navrhla 4 nové ICRNs: „Thermophysical Properties Associated with Ultra-Supercritical Coal-Fired Steam Generators“, „Mechanism of Decomposition of Ion-exchange Resin“, „Development and Application of Ambient and High Temperature Sensors“, a „Improved analysis of low concentration of metals (Fe, Cu, Co, etc)“. Prof. Lvov informoval o termochemických cyklech pro výrobu vodíku a načrtl metodiku pátrání po vhodných materiálech s reakční teplotou pod 500 K. Krátké zprávy se týkaly základních fyzikálních konstant (Harvey), spolupráce s International Electrotechnical Commission (IEC) (Cooper) a CCM (Consultative Committee for Mass and Related Quantities) o hustotě H₂O.

WG PCAS se zabývala přípravou konference „First International Symposium on Interfacial Electrochemistry and Chemistry in High Temperature Media“, společné konference Elektrochemické společnosti (ECS) a IAPWS. Diskutován byl obsah připravované publikace IAPWS Data Book, která má pojednávat o fázových rovnováhách, pvTx vlastnostech, kalorimetrii, potenciometrii, elektrické a tepelné vodivosti a viskozitě, vyhodnocení různých vysokoteplotních technik a podávat přehled relevantních experimentálních dat dostupných v literatuře, zvláště při teplotách nad 200°C. Na

¹ International Association for the Properties of Water and Steam. Mezinárodní asociace pro vlastnosti vody a páry.

² Šifner O.: 75 Years of International Cooperation in Research and Standardization of Thermophysical Properties of Water and Steam. In: Water, Steam, and Aqueous Solutions for Electric Power. Proceedings of XIVth ICPWS, pgs.757-764, ISBN-621-07596-9. (Článek v češtině nebyl publikován).

³ Power Cycle Chemistry – Chemie energetických oběhů.

společném jednání s WG PCC Prof. Lvov referoval o „Development of Hydrothermal Coating Technology to Mitigate Intergranular Stress Corrosion Cracking in BWRs“. Na Výkonném výboru (EC) byla předložena informace o přípravách 15th ICPWS, Berlín, 2008.

IAPWS Meeting 2007 (Luzern, Švýcarsko) organizoval Swiss Committee for the Properties of Water and Steam (SCPWS). WG TPWS recenzovala návrh revidovaného dokumentu o křivkách tání a sublimace vody. Pro vlastnosti kapalné vody za atmosferického tlaku byla schválena TG a pověřena vývojem příslušného dokumentu. Nový dokument o viskozitě vody a páry bude předložen příští rok. Dokument o transportních vlastnostech těžké vody byl schválen oběma pracovními skupinami WGs TPWS a IRS. Společné jednání o vlastnostech vlhkého vzduchu a vlhkých spalin proběhl na workshopu, dva tematicky odpovídající ICRN budou aktualizovány a bude připraven další o stanovení rosného bodu spalin. Dr. Feistel předložil návrh dokumentu (Release) o vlastnostech mořské vody, jeho přijetí se očekává v roce 2008. Pracovní skupiny TPWS, IRS a PCAS schválily aktualizovaný ICRN pro mořskou vodu. Ve WG IRS bylo odsouhlaseno vytvoření TG, která se bude zabývat požadavky průmyslu v souvislosti s CFD výpočty a dalšími průmyslovými aplikacemi vedoucími ke zrychlení průmyslových výpočtů. Další TG se věnuje homogenní nukleaci páry během expanse ze stavu suché do mokré páry. Byla přijata Advisory Note No.3, document o ionizačních konstantách H₂O a návrh Prof. Lvova na změnu názvu WG PCAS na Physical Chemistry of Aqueous Systems.

Na společném jednání PCAS/PCC bylo referováno o použití radiační chemie pro stanovení korose v primárních obězích lehkovodních jaderných reaktorů, o stavu vzorku voda/pára po extrakci, než dojde k měření, matematickém modelování v chemii oběhů a monitorovacích systémech; disociaci aminů při zvýšených teplotách; o konceptu IV. generace nadkritických vodních reaktoru, a konečně o novém systému studia korose za vysokých teplot. Byla diskutována opatření týkající se společného projektu IUPAC/IAPWS „Standard Partial Molar Properties of Solutes“ po odchodu jeho řešitele prof. Majera na jiné pracoviště. Na Workshopu PCC byla předložena řada příspěvků týkajících se úpravy vody, kondensace proudící páry provázená nukleací v zóně rozpustnosti solí a další. Dr. Svoboda, předseda WG PCC, doporučil nový typ směrnice (guidance document) „IAPWS Technical Application Guidance – ITAG“, jejímž cílem by bylo sjednocení firemních a národních podkladů pro chemii parních cyklů, poskytující praktické rady pro specifické aplikace v parní energetice. Dále informoval o vytvoření tří TG zabývajících se a) Carry over, b) Risk for asset damage, a c) Revize evropské normy EN 12952.12. Poslední TG připraví technickou instrukci pro národní normotvorné orgány pro aktualizaci této normy. Dr. Svoboda mimo jiné definoval poslání WG-PCC.

Výkonný výbor (EC) projednal změny ve stanovách a předpisech (Statutes and By-Laws). Ze závěrů vyplynulo, že valné shromáždění (General Meeting - GM) předává odpovědnost za stanovy a výzkumnou politiku asociace výkonnému výboru. President zahájil též diskusi o urychlení procesu schvalování nových dokumentů. Dr. Rukes, Předseda německého NC, seznámil EC s detaily 15. ICPWS.

15th Conference ICPWS s podnázvem - „**Water, Steam and Aqueous Solutions – Advances in Science and Technology for Power Generation**“ se konala od 7. do 12. 9. 2008 v Berlíně. Na organizaci spolupracovali německý NC IAPWS a VDI-Gesellschaft für Energietechnik. Konference se zúčastnilo 202 vědeckých pracovníků a inženýrů z 23 zemí. Na plenárním zasedání byly předneseny IAPWS Gibbs Award Lecture Prof. Em. Dr.-Ing. Wolfgangem Wagnerem, dvě vyžádané přednášky o mořské vodě, dvě klíčové přednášky (Keynote Lectures) a IAPWS Helmholtz Award Lecture. Vědecký program byl rozdělen do 12 symposií s více než 150 příspěvků. Současně proběhl Workshop o homogenní V-L nukleaci ve vodě a poster session.

2008 IAPWS Meeting and General Meeting of IAPWS se konaly během konference. Jednání WG TPWS a IRS byla společná. Navržené dokumenty (Releases, Supplementary Releases a Advisory Notes) byly schváleny nebo byly doporučeny malé redakční úpravy. Předložení nového doplňkového dokumentu o vodě pro oceánografické účely a revidované dokumenty o ledu a mořské vodě je plánováno na rok 2009, stejně jako rozšíření dokumentu pro průmyslové účely včetně odsolování. Byla schválena drobná aktualizace ve Směrnici Základních fyzikálních konstant, odrážející poslední zpřesnění provedené CODATA, jako i Advisory Note No.2 o použití různých IAPWS dokumentů. Byla ustavena TG s cílem vytvoření publikace specifikující výpočty hustoty vody pro metrologii a ostatní účely. Předseda WG PCAS informoval o úspěšném společném symposiu s Elektrochemickou společností ve Washingtonu v r. 2007. Očekává se, že IAPWS Data Book o „*Hydrothermal Properties of Materials*“ bude vydána v prosinci 2008. Dr. Šedlbauer, člen PCAS, informoval EC, že je ochoten převzít IUPAC/IAPWS Project on Standard Partial Molar Properties of Solutes. EC ho požádal o urychlenou finanční analýzu projektu a projednání styčných bodů s IUPACem. Dr. Tremaine

doporučil vývoj nové stavové rovnice pro NaCl-H₂O, kompatibilní s formulacemi IAPWS-95/IF97 a posledním modelem dielektrické konstanty. Dr. Svoboda shrnul diskusi o ICRNs a informoval, že byl dokončen projekt mezinárodní spolupráce na vyhodnocení stavu vzorkování korozních produktů z oběhů voda/pára. Byla ustavena nová úkolová skupina IAPWS Technical Guidance Documents (ITGD) pro chemii oběhů. Jejím úkolem bude produkce základních směrnic pro chemii elektrárenských oběhů, které by nahradily roztržštěné firemní a národní standardy. Týkaly by se fosilních, kombinovaných, jaderných a nízkotlakých průmyslových cyklů. V současné době cílem TG bude oblast vzorkování, přístrojové analýzy a chemického čištění. Dokument „Mechanical Carry-Over from Drum Boilers“ byl předložen EC jako první ITGD. Byl ustaven Podvýbor pro mořskou vodu (SCSW). Předpokládá se že bude složen ze členů SCOR/IAPSO WG-127 i členů TPWS/IRS a PCAS, kteří se zajímají o problematiku mořské vody. Předsedou SCSW byl jmenován Dr. Feistel. Předpokládá se, že SCSW bude mít členy ze čtyř oblastí: oceánografie, průmyslové aplikace, transportních a chemických vlastností. EC projednal otázku neplacení členských příspěvků a definoval příslušná opatření. Výkonný sekretář informoval o finančním stavu asociace a seznámil EC s auditorskými zprávami a členskými poplatky. Místa a čas následujících schůzí IAPWS byl stanoven takto: 2009 Nizozemí, 2010 Kanada a 2011 ČR.

Podrobné zápisy z IAPWS Meeting 2008 a General Meeting jsou součástí Minutes of the Meetings of the Executive Committee of the IAPWS na webové stránce www.iapws.org pod Meetings.

2009 IAPWS Meetings organizoval Dr. André Zeijseink, vědecký pracovník organizace KEMA (přední světové autority zabývající se konzultační činností, zkouškami a certifikací v energetice, sídlící v Arnhemu, NL), který reprezentuje Nizozemí a zájmy fy. KEMA v činnosti IAPWS. Jednání probíhala v Park Hotelu Golden Tulip Doorwerth nedaleko Arnhemu, a to od 6. do 12. září.

Jednání WG TPWS, IRS a SCSW byla společná. Po diskusích 4 revidované dokumenty (vědecká formulace termodynamických vlastností H₂O-IAPWS 1995, průmyslová formulace IF97, IAPWS-IF97-S04 a stavová rovnice 2006 pro H₂O led Ih, a doplňkový dokument Computationally Efficient Thermodynamic Formulation for Liquid Water for Oceanographic Use) po edičních úpravách byly doporučeny EC k autorizaci. Prof. E. Vogel referoval o rozdílech mezi teoretickými a experimentálními pracemi na téma „Zero-density thermal conductivity of water vapor“. Poté následovala informace o stavu vyvíjené nové formulace pro tepelnou vodivost H₂O.

Celý jeden pracovní den byl věnován mořské vodě. Výsledkem diskuse byly ustaveny následujících TG: oceánografické standardy, průmyslová formulace, sledování salinity, p-H hodnoty, transportní vlastnosti a požadavky průmyslu (chlazení a odsolování). Pracovní skupiny měly samostatné a spojené workshopy, kde byla předložena řada zpráv, mimo jiné zpráva o V-L kritických bodech ve vodných elektrolytických systémech za vysokých teplot a hydrotermální chemie kyseliny mravenčí - nové schéma vodíkové technologie. Plné znění přednášek je k dispozici v pdf formátu v sekretariátu CZ NC PWS a u účastníků IAPWS Meetingu na USB Flash disku KEMA-IAPWS. Všechny pracovní skupiny se zabývaly ICRN. Bližší podrobnosti jsou v anglických Minutes of EC IAPWS 2009.

IAPWS symposia se konala pravidelně na všech schůzích IAPWS, kromě ICPWS. V roce 2005 pod názvem „Applied Water Treatment Processes for Power Plant Cycles“, v 2006 dvoudílné BIAPWS Symposium: „Advances in Power Plant Chemistry: Current Trends and Future Developments“ 1. „Environment and Water Issues: Current and Future“, a 2. „Cycle Chemistry and Impurity Transport in Steam Turbines“. V roce 2007 pod názvem „Interaction of Water and Steam with Materials in Power Plants“ a konečně v roce 2009 KEMA Symposium, zaměřené na význam vody v přechodném období „The Role of Water in Energy Transition“.

IAPWS International Collaborative Young Scientist Projects sponzoruje každý rok IAPWS. V období 2005-2009 byly vypsány tyto projekty: 2005 společný projekt Cz-USA „Irreversible Thermodynamics of Fuel Cells Membrane Transport“; 2006 dva projekty a) „Predictive Scheme for Standard Thermodynamic Properties of Aqueous Substitutes Benzenes over a Wide Range of Temperatures and Pressures“ (Can-Cz), b) „Improved Analysis of Low Concentrations of Particulate Metal Oxides in Water/Steam Cycles“ (CH-DK-Can); 2008 „Equilibrium Constants and Speciation of Aqueous Transition Metal Chlorocomplexes over a Wide Range of Temperatures and Pressures“ (Can-Cz); 2009 „Thermophysical Properties of Supercooled Water“ (USA-Cz).

DODATEK

ČLENSKÉ ZEMĚ IAPWS: Británie a Irsko, Kanada, Česká Republika, Dánsko, Francie, Německo, Řecko, Japonsko, Rusko a USA.

Přidružení členové: Argentina a Brazílie, Itálie a Švýcarsko.

FUNKCIONÁŘI IAPWS pro rok 2009 a 2010

President: D. G. Friend, vice-president: Mr. Karol Daucik.

PRACOVNÍ SKUPINY (WG) IAPWS a jejich vedoucí

Termofyzikální vlastnosti vody a páry

Předseda: Hans-Joachim Kretzschmar, místopředseda: Allan Harvey.

Fyzikální chemie vodných systémů

Předseda: Masuru Nakahara, místopředseda: Andre Anderko.

Chemie elektrárenských cyklů

Předseda: Robert Svoboda, místopředseda: Michael Rziha a Marc DeWispelaere.

Požadavky průmyslu a jejich řešení (dříve WG pro průmyslové výpočty)

Předseda: William Parry, místopředseda: Ingo Weber.

Subkomitét pro mořskou vodu

Předseda: dr. R. Feistel, místopředseda: dr. M. Heigemann.

Úspěšnou činnost pracovních skupin podporovala ad hoc zřízená testovací skupina, téměř vždy s Mr. K. Miyagawou, a redakční skupina složená z dr. A. H. Harveye a Mr. J. R. Coopera. Mimořádně významná pro celou asociaci byla činnost výkonného sekretáře dr. Barryho Dooleye.

IAPWS Dokumenty: Ke konci září 2009 bylo v platnosti 15 Releases, 7 Supplementary Releases, 7 Guidelines, 4 Advisory Notes, 2 Technical Guidance Documents a 8 ICRNs. Všechny tyto dokumenty jsou uvedeny v časovém sledu na webové stránce IAPWS (www.iapws.org) a lze je stáhnout z internetu v pdf formátu.

IAPWS Awards (ocenění):

- **Honorary Fellowship of IAPWS.** Od roku 1981 do roku 2004 bylo uděleno 32 titulů. V následujících letech titul byl udělen Dr. B. Rukesovi (2005), Drs. J. C. Bellowsovi a Barry Dooleyovi (2006), Dr. D. A. Palmerovi (2007) a Dr. R. Svobodovi (2008).
- **IAPWS Helmholtz Award** (udělovaná mladým vědeckým pracovníkům) obdrželi v r. 2005 Valeria Molinero (USA), v r. 2006 Hong Wei Xiang (Čína), v r. 2007 Dr. Karsten Meier (Německo) a v r. 2008 Dr. N. Yoshii (Japonsko).
- **IAPWS Gibbs Award** byla udělena Prof. E. U. Franckovi (1999), Prof. R. H. Woodovi (2004) a Prof. em. Dr.-Ing. W. Wagnerovi (2008).

Zemřelí členové IAPWS v období 2005-2008: Mr. J. T. R. Watson, Prof. V. P. Skripov, Prof. E. U. Franck and Prof. Mashiko Uematsu.

Literatura:

- Šifner O.: 75 Years of International Cooperation in Research and Standardization of Thermophysical Properties of Water and Steam. In: Proceedings of the 14th International Conference on the Properties of Water and Steam. Eds.: M. Nakahara et al. Pgs: 757-764. ISBN4-621-07596-9.
- Barry Dooley: Minutes of the Meetings of the Executive Committee of the International Association for the Properties of Water and Steam: Santorini, Greece, July 3-8 2005; Witney, England, Sept. 3-8, 2006; Lucerne, Switzerland 26 Aug.-1 Sept. 2007; Berlin, Germany. 7-12 September 2008; Arnhem-Doorwerth, The Netherlands, 6-12 Sept. 2009.