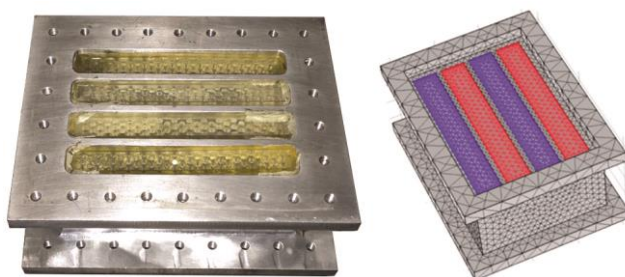


Inovace revitalizačního systému vesmírné lodi pomocí počítačové simulace

Na každé vesmírné lodi, kterou obývá posádka, musí být součástí výbavy zařízení pro obnovu dýchatelného vzduchu. V rámci projektu nazývaného Atmosphere Revitalization Recovery and Environmental Monitoring inženýři z NASA vyvíjejí zařízení pro kontrolu ovzduší na palubě pro zvýšení bezpečnosti posádky.

Pro zajištění úspěšnosti mise do vesmíru a bezpečnosti posádky je nezbytné zajistit pravidelnou obnovu ovzduší na palubě lodi. Obzvláště při misích trvajících několik měsíců musí být vzduch průběžně odvlhčován, voda shromažďována pro opětovné použití a oxid uhličitý odváděn do vesmíru. Letecký inženýr Jim Knox je vedoucím týmu, který pracuje na optimalizaci zařízení, jenž zajišťuje pravidelnou obnovu ovzduší při úspoře vody (v průběhu procesu obnovy) v rámci projektu Atmosphere Revitalization Recovery and Environmental Monitoring (ARREM) v Marshall Space Flight Center (Hustonville, Alabama). Jejich cílem je zvýšit množství obnovené vody ze vzduchu na 80-90% při nižší energetické spotřebě a celkovém snížení nákladů na výrobu a sestavení zařízení. Vývojový tým si od nového integrovaného systému pro obnovu vody a vzduchu slibuje delší dolet a tím pádem i delší dobu pobytu lodí ve vesmíru.



Obrázek č. 1. (A) Fotografie IBD zařízení se čtyřmi komorami. (B) Vysítovaný model IBD zařízení. Fialové oblasti zobrazují „mokrě“ komory a červené „suché“.

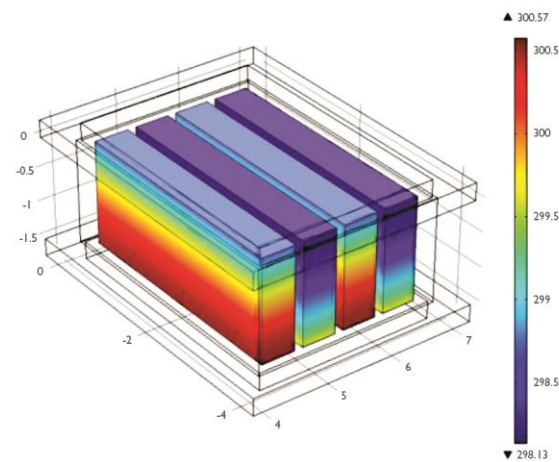
Adsorpce jako efektivní způsob separování vody a CO₂

Princip obnovy ovzduší uvnitř vesmírného plavidla spočívá v separaci vody, odstranění oxidu uhličitého a navrácení vody do vzduchu ještě před tím než zkondenzuje do kapalné formy. Na obrázku č. 1 je zobrazeno zařízení, které šetří vodu a vývojovým týmem je nazýváno Isothermal Bulk Desiccant (IBD). Zařízení se skládá z šasi s uzavřenými kanály, které se nazývají náplňové komory. Každá komora je lemovaná silikagelovými kuličkami ke zvýšení adsorpce („suchá“ komora odvádí vodu) nebo desorpce („mokrě“ komora vrací vodu zpět do vzduchu). Každá dvojice komor je obklopena hliníkovou mřížkou pro zajištění lepšího přestupu tepla.

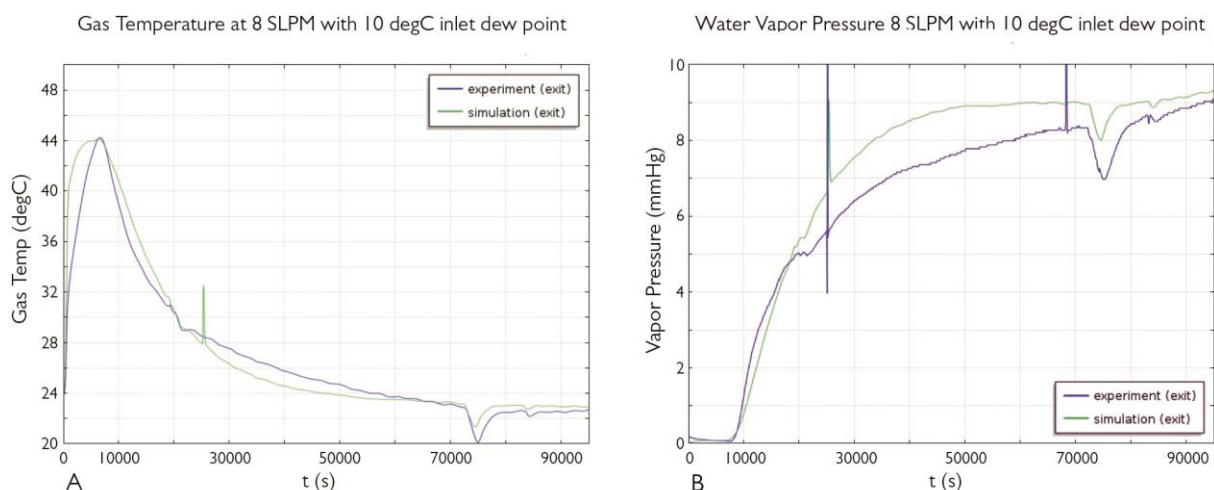
Proces úspory vody probíhá v tzv. půl cyklech, kdy vzduch vstupuje do „suché“ komory zatímco z „mokrě“ komory odchází nasycený vzduch. V suché komoře je voda ze vzduchu exotermicky adsorbována do silikagelových kuliček. Následně vzduch postupuje do další fáze a to k vyčištění od oxidu uhličitého. Po vyčištění putuje vzduch do „mokrě“ komory. Mezitím než se vzduch vyčistí od CO₂ je teplo vzniklé adsorpcí převedeno do „mokrě“ komory hliníkovou mřížkou. To způsobí, že voda ze silikagelových kuliček se začne uvolňovat zpět do vzduchu. Přestup tepla mezi komorami přináší další výhody v podobě snížení teploty v „suché“ komoře, což prodlužuje adsorpci. Extrahovaný oxid uhličitý se vypouští ven do vesmíru. Poté co vzduch opustí IBD zařízení, vstupuje do tepelného výměníku a odstředivého separátoru, kde voda kondenzuje a je separována pro pozdější znovu použití.

Simulace proudění plynů a optimalizace podmínek v komorách

Pro výpočet efektivnosti čtyřkomorového IBD zařízení použil tým Jimmyho Knoxe program COMSOL Multiphysics®. Jedná se o inženýrský nástroj pro simulace a modelování fyzikálních dějů, který pro řešení úloh využívá metody konečných prvků. Geometrie zařízení byla vytvořena v programu Pro/ENGINEER® a přes LiveLink for Pro/ENGINEER naimportována do COMSOL Multiphysics. Jim Knox celý vývoj komentoval následovně: “Potřebovali jsme simulovat proudění v porézních mediích (komory IBD) a zároveň přestup tepla pro několik materiálů. Multifyzikální úlohu jsme řešili při zadání vstupních tlaků na hranicích v komplikované geometrii jakou je IBD zařízení. Díky COMSOL Multiphysics jsme byli schopni získat pro nás důležité výstupní parametry, jako například sorpční poměry”. Model ukázal, že exotermická adsorpce při vstupu vzduchu do “suché” komory způsobuje nárůst tepla. Naopak v “mokrě” komoře dochází ke ztrátě tepla při proudění plynu opačným směrem. To je zobrazeno na obrázku č. 2 a 3.



Obrázek č. 2. Rozložení teploty [K] v každé komoře. V první a třetí komoře proudí vlhký vzduch směrem dolu, v druhé a čtvrté proudí suchý vzduch směrem nahoru.



Obrázek č. 3. Výsledky simulace na výstupu z IBD zařízení. (A) zobrazuje teplotu plynu (B) zobrazuje tlak páry.

Člen týmu Rob Coker při výpočtu efektivnosti IBD zařízení učinil průlomový objev pro fázi, kdy vzduch proudí „suchou“ komorou. V počátku vzduch opouští komoru zcela suchý, všechna voda ze vzduchu je adsorbována do silikagelových kuliček. Se zvyšující se rychlostí vzduchu se vlhkost na vstupu a výstupu z komory již nemění, protože silikagelové kuličky už nejsou schopny adsorbovat více vody. Vývojový tým provedl experimentální měření pro ověření výsledků z počítačové

simulace pro zařízení IBD, následně výsledky porovnali. Porovnání výsledků je zobrazeno na obrázku č. 3. Díky COMSOL Multiphysics byli schopni stanovit vlhkost vzduchu, průtokové množství a tlak na základě okrajových podmínek Inflow (vtok) a Outflow (výtok) pro vlhký a suchý vzduch.

Z výsledků vyplývá, že se podařilo dosáhnout 85% adsorpce a desorpce vody z a do vzduchu IBD zařízením. Na základě počítačové simulace je tým Jimmyho Knoxe schopen předpovědět účinnost IBD zařízení různých konfigurací a může se dále zabývat vylepšením návrhu propojení komor z hlediska přestupu tepla.

Optimalizace a simulace pro různé tvarové návrhy zařízení pro úsporu vody v programu COMSOL Multiphysics poskytla vývojovému týmu neocenitelnou pomoc. Dokázali zvýšit účinnost zařízení spolu s množstvím uspořené vody při minimalizaci požadavků na napájení, což je velmi důležité pro prodloužení dalších vesmírných misí. Vývojový tým nadále pracuje na dalším vylepšení jakým je systém, který umožňuje separovat kyslík z oxidu uhličitého pro snížení potřebných zásob kyslíku na palubě a to vše pomocí programu COMSOL Multiphysics. Díky těmto vylepšením můžeme očekávat, že vesmírné lodě s posádkou budou moci setrvat ve vesmíru podstatně déle.

Ing. Pavel Ludvík
HUMUSOFT s.r.o.
Pobřežní 20
186 00 PRAHA 8

tel.: 284 011 730
www.humusoft.cz, info@humusoft.cz