

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Experimentální studie dlouhodobého ukládání CO₂ ve formě hydrátů
Jméno autora:	Matěj Hrnčíř
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav energetiky
Oponent práce:	Ing. Václav Vinš, Ph.D.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav termomechaniky AV ČR, v. v. i.

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>Zadání bakalářské práce považuji jednoznačně za náročnější. Problematika hydrátů CO₂ je vcelku komplexní a pro její dostatečné porozumění je nutná znalost několika oborů, zejména pak termodynamiky, fázového chování látek včetně rozpustnosti plynů v kapalinách, technických měření a zpracování naměřených dat. Práce obsahuje jak teoretickou část věnující se zejména problematice chování směsí vody s oxidem uhličitým a hydrátů plynů, tak experimentální výzkum vzniku hydrátů včetně úprav stávající měřicí aparatury a kalibrace použitých teplotních čidel.</p>	

Splnění zadání	splněno
<i>Posuďte, zda předložená závěrečná práce splňuje zadání. V komentáři případně uveďte body zadání, které nebyly zcela splněny, nebo zda je práce oproti zadání rozšířena. Nebylo-li zadání zcela splněno, pokuste se posoudit závažnost, dopady a případně i příčiny jednotlivých nedostatků.</i>	
<p>Autor splnil zadání práce v souladu se zadáním, a to i navzdory nepříznivé pandemické situaci, kdy byl pravděpodobně výrazně omezen plánovaný experimentální výzkum v laboratoři. Obzvláště pozitivně hodnotím poměrně obsáhlou rešeršní část práce věnující se jak problematice technologií CCS a CCU a jejich významu k omezení změn klimatu v souvislosti s globálním oteplováním, tak zejména fázovému chování směsí vody s CO₂, která vyžadovala podle mého soudu značné samostudium autora.</p>	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>K rešeršní a teoretické části práce není příliš co dodat. S ohledem na skutečnost, že se jedná „pouze“ o bakalářskou práci, je cenná autorova snaha popsat problematiku hydrátů CO₂ z více úhlů pohledu zahrnujících například krystalickou strukturu hydrátů plynů, jejich fázové chování v závislosti na teplotě, tlaku a složení, kinetiku vzniku hydrátů z kapalně a plynně fáze a rovněž diskuzi nad možností ukládání CO₂ ve formě hydrátů na mořském dně.</p> <p>V experimentální práci byla upravena stávající aparatura pro měření vzniku hydrátů, provedena kalibrace teplotních čidel v relevantním rozsahu teplot, proměřena charakteristika čerpadla na chladícím okruhu s vodou a sesbírána řada dat pro vznik hydrátů CO₂ včetně následné termodynamické analýzy, byť s využitím řady zjednodušujících předpokladů, které však byly adekvátně popsány a zdůvodněny.</p>	

Odborná úroveň	A - výborně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Práce vykazuje velmi dobrou odbornou úroveň. Jak již bylo zmíněno, ve studované problematice hydrátů plynů se prolíná řada vědních oborů od termodynamiky, fyzikální chemie, mechaniky tekutin až po přesné měření základních fyzikálních veličin a vyhodnocení experimentálních dat. Podle mého soudu je práce silně nadprůměrná, a to rovněž s ohledem na svůj rozsah, kdy má bez příloh 91 stran při normálním formátování.</p>	

Práce působí profesionálním dojmem, jak po odborné, tak formální stránce.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

A - výborně

Posudte správnost používání formálních zápisů obsažených v práci. Posudte typografickou a jazykovou stránku.

Po formální stránce je práce vypracována velmi kvalitně. V textu je použita odborná terminologie z oblastí termodynamiky, fyzikální chemie a mechaniky tekutin. Zpracované výsledky jsou prezentovány ve srozumitelné a ucelené formě. Autor evidentně věnoval rovněž značné úsilí jazykové stránce, kdy je v textu naprosté minimum překlepů.

Výběr zdrojů, korektnost citací

B - velmi dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posudte, zda student využil všechny relevantní zdroje. Ověřte, zda jsou všechny převzaté prvky řádně odlišeny od vlastních výsledků a úvah, zda nedošlo k porušení citační etiky a zda jsou bibliografické citace úplné a v souladu s citačními zvyklostmi a normami.

Autor pracoval s poměrně obsáhlou literaturou, která zahrnovala jak běžné VŠ učební texty např. z oblasti technických měření, tak aktuální odbornou zahraniční literaturu obsahující impaktované články z poslední doby a monografie, např. o vlastnostech hydrátů plynů a technologiích zachytávání, ukládání a využití CO₂. Celý text je doplněn o odkazy na citované práce. Drobným nedostatkem je vlastní forma některých referencí na str. 83 a 84, kdy je u vědeckých článků uvedeno datum jejich stažení z vědeckých databází namísto plného názvu práce, jména časopisu, čísla vydání a čísla stránek. Toto však považuji u bakalářské práce za drobnost.

Další komentáře a hodnocení

Vyjádřete se k úrovni dosažených hlavních výsledků závěrečné práce, např. k úrovni teoretických výsledků, nebo k úrovni a funkčnosti technického nebo programového vytvořeného řešení, publikačním výstupům, experimentální zručnosti apod.

Nad rámec vlastního posudku bych měl pár komentářů, které by mohly pomoci případně navazující diplomové práci:

1. U popisu experimentálních měření by mělo být lépe zřejmé, že důležitým bodem zadání práce byla modifikace stávající aparatury pro dosažení přesnějších výsledků. Například na str. 36 je uvedeno, že pro měření teploty budou využity přesné odporové teploměry. Na str. 46 je pak ale uvedeno, že jsou použity termočlánky. V textu je to sice dále vysvětleno a uvedeno, že pozdější měření byla provedena s Pt100, ale v budoucnu by bylo lepší informaci a přispění autora „lépe a srozumitelněji prodat“ hned v úvodu.
2. Při popisu experimentu by mohl být podrobněji popsán vlastní princip měření, tj. v měřící cele byl kontinuální průtok CO₂. Jakou formou byl plyn v kontaktu s vodou – čistě na hladině, bylo v cele probublávání? Rychlejší kinetice vzniku hydrátů by mohlo pomoci míchání kapaliny, např. magnetickým míchátkem, je-li možné ho do budoucna instalovat.
3. Na základě prezentovaných výsledků experimentů bych doporučil provést dlouhodobou tlakovou zkoušku CO₂ větve. V textu jsem nenašel, zda byly hledány netěsnosti. V podstatě kontinuální pokles tlaku v cele způsobený možným únikem plynu má evidentně negativní vliv na přesné měření podmínek vzniku hydrátů. Jaká byla případně spotřeba plynu? Nemohl být pokles tlaku v cele způsoben poklesem tlaku za redukčním ventilem na lahvi?
4. Kolik bylo v cele instalovaných teplotních čidel? Rovněž pak jejich umístění může mít značný vliv na správnou detekci vzniku hydrátů. Nárůst teploty způsobený formováním hydrátů je z pohledu cely pravděpodobně pouze lokální. Zvlášť je-li cela kontinuálně proplachována proudícím plynem.
5. U Henryho konstant vybraných látek (Obr. 17 a 18) by mělo být uvedeno, že se jedná o hodnoty plynů rozpuštěných ve vodě.
6. Obr. 2 bych doporučoval vynést jako relativní změnu vůči roku 1990, případně hodnoty pro metan a oxid dusný vynést na druhou osu y.
7. U obr. 7 by mělo být uvedeno, o jakou průměrnou teplotu se jedná, resp. v jakém místě, případně zda se jedná o celoplanetární průměr.
8. Teplotní stupnice ITS-90 je definována na základě fázových změn vybraných látek, zejména trojných bodů a bodů tuhnutí, nikoliv na základě účinnosti Carnotova cyklu – viz str. 30.
9. Mírný efekt může mít i skutečnost, že měření probíhají v blízkosti maxima hustoty vody při 277 K. Při následných přesných měřeních by stálo za to vyhodnotit možný vliv změny hustoty vody.

10. U instalace Pt100 teploměrů o délce 150 mm by mohla být přidána diskuze, jaká délka teploměru byla smáčena. Předpokládám, že při poměrně značné délce čidla mohlo být měření ovlivněno vedením tepla z okolí.

Na závěr bych chtěl autorovi pogratulovat k obsáhlé a profesionální práci, která si podle mého soudu jednoznačně zaslouží nejlepší hodnocení A.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Shrňte aspekty závěrečné práce, které nejvíce ovlivnily Vaše celkové hodnocení. Uvedte případné otázky, které by měl student zodpovědět při obhajobě závěrečné práce před komisí.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 22.6.2021

Podpis:

