

# Posudek disertační práce

---

**Název práce:** Study of Power Cycle with Supercritical CO<sub>2</sub>

**Autor:** Ing. Ladislav Veselý

**Oponent:** prof. Ing. Václav Uruba, CSc., Ústav termomechaniky AVČR, v.v.i.

## Obsah práce

Práce je věnována možnostem praktické implementace nadkritického cyklu s kysličníkem uhličitým jakožto pracovním médiem v energetice. Je provedena parametrická studie, zahrnuje vliv modifikací základního Braytonova cyklu, vliv binárních příměsí a dalších parametrů. Výsledky jsou použity k optimalizaci cyklu zejména s ohledem na přítomnost příměsí v pracovním médiu. Celá práce je teoretická, parametry jsou počítány pomocí přibližných vztahů.

Práce sestává z 9 kapitol. Cíle práce jsou formulovány v úvodu a týkají se vlivu příměsí na parametry tepelného cyklu a jeho detaily.

V kapitole 2 je vysvětlen princip tepelného cyklu s kysličníkem uhličitým v nadkritickém stavu a dále je podán přehled výsledků výzkumu v této oblasti ve světě. Kapitola 3 je věnována výsledkům výzkumu vlivu plyných příměsí v pracovní látce na vlastnosti pracovní látky. V kapitole 4 jsou definovány konkrétní varianty tepelného cyklu s kysličníkem uhličitým v nadkritickém stavu S-CO<sub>2</sub>. Kapitoly 5, 6, 7 a 8 potom řeší jednotlivé dílčí cíle práce, postupně kapitola 5 se zabývá vlivem příměsí na cyklus, kapitola 6 potom jejich vlivem na vybrané komponenty, zejména na kompresor, turbínu a výměníky tepla, kapitola 7 je věnována optimalizaci cyklu a konečně kapitola 8 je věnována technicko-ekonomické analýze systému. Kapitola 9 představuje shrnutí výsledků a závěr.

## Dosažení stanovených cílů

Cíle formulované v úvodu práce v kapitole 1.3 byly beze zbytku splněny na vysoké odborné úrovni.

## Úroveň rozboru současného stavu řešené problematiky

Rešeršní část práce je velmi rozsáhlá, seznam odkazů na literaturu, ze které disertant čerpal, čítá 69 položek. Jedná se dle mého názoru o vyčerpávající bibliografii týkající se výzkumu tepelných cyklů s kysličníkem uhličitým v nadkritickém stavu a vlivu příměsí na tyto cykly ve světě. Disertant provedl kritický rozbor literárních zdrojů.

## Přínos práce

V současné energetice je tendence využívat nízkopotenciální teplo k energetickým účelům. Běžné tepelné cykly jsou k tomuto nevhodné, je třeba hledat nová vhodnější řešení. Cykly

využívající kysličník uhličitý v nadkritickém stavu jsou jednou z možností, která je v posledních letech intenzivně zkoumána v řadě špičkových pracovišť ve světě. Velmi nadějně se jeví jejich použití při využívání obnovitelných zdrojů energie a také jaderných reaktorů IV. generace. Nasazení takovýchto systémů v praxi brání řada technických problémů, které je třeba vyřešit.

Předkládaná práce je významným příspěvkem k řešení některých dílčích problémů spojených s použitím tepelných cyklů využívajících kysličník uhličitý v nadkritickém stavu jakožto pracovním médiem. Je přínosem v teoretické oblasti, kdy systematicky mapuje vliv některých parametrů na tepelné cykly. Zároveň zahrnuje optimalizaci systému jak z hlediska technických tak i ekonomických parametrů. Tato část práce představuje praktický přínos.

## Vhodnost použitých metod a jejich aplikace

Pro řešení byly zvoleny matematické modely zkoumaných jevů, pomocí kterých byly vyhodnocovány citlivosti na jednotlivé parametry a prováděna optimalizace cyklů. Tento přístup považuji v počáteční fázi výzkumu za jediný možný a tedy správný. V další fázi výzkumu by měly následovat další nutné kroky, měla by být provedena validace vybraných teoretických řešení pomocí fyzikálních modelů, zahrnutí dalších technických parametrů a nakonec praktické provedení. Toto ovšem již není cílem předkládané disertační práce.

## Úroveň znalostí disertanta v oboru disertace

Disertant prokázal přehled v problematice tepelných cyklů. Kriticky zpracoval dostupné literární prameny a vyvodil příslušné závěry. Navázal na výsledky publikovaného výzkumu a dospěl k originálním výsledkům.

Podle mého názoru v práci disertant prokázal jak hluboké znalosti oboru, tak schopnost vědecké práce.

## Formální stránka práce

Práce je napsána v anglickém jazyce. K hodnocení jazykové kvality se necítím zcela kompetentní. Překlepy jsem v práci našel pouze vzácně. Celkově je práce napsána velmi srozumitelně.

V textu jsou některé nepřesnosti, např. definice Braytonova cyklu je přeházená v kapitole 5.1, nebo nesprávná hodnota universální plynové konstanty v kapitole 3.4.1. Tyto nedostatky nemají vliv na kvalitu výsledků, považuji je spíše za formální chyby.

Po formální stránce je práce celkově na dobré úrovni, také kvalita obrázků je velmi dobrá. Oceňuji shodné stupnice sledovaných parametrů v sériích grafů – toto významně ulehčuje orientaci při porovnávání variant, i když některé grafy jsou potom velmi zvláštní (např. obr. 6.22).

Práce je přehledná, členění vlastní práce je logické a systematické, práce obsahuje všechny důležité součásti. Nechybí ani seznamy obrázků a tabulek, jakož i seznam použitých označení a zkratk. Velmi také oceňuji, že každá kapitola je opatřena souhrnem v jejím závěru.

## Publikace disertanta

V práci je uvedeno 11 publikací jichž je disertant autorem či spoluautorem, které se vztahují přímo k tématu disertace. Dalších jeho 16 publikací není tematicky přímo spojeno s dizertací, řešená problematika je však většinou příbuzná. Z uvedených publikací disertanta je 10 publikací v kvalitních časopisech.

Publikační činnost disertanta hodnotím jako vysoce nadprůměrnou.

## Závěr

Disertant odvedl v rámci disertace velký kus práce, prokázal dobrou orientaci v problematice tepelných cyklů a zvláště cyklů využívajících pracovního média kysličníku uhličitého v nadkritickém stavu. Jeho práce bude jistě sloužit jako cenný materiál při implementaci tepelných cyklů s kysličníkem uhličitým v nadkritickém stavu. Pravdou ovšem je, že před skutečnou implementací cyklu bude třeba dořešit řadu dalších technických „detailů“. Předkládaná práce je významným příspěvkem na této cestě.

**Práce podle mého názoru splňuje požadavky dle zákona č.111/1998 Sb. §47 a proto práci doporučuji k obhajobě.**

K práci mám následující připomínky a dotazy:

- Popis výpočtového programu v dodatku je velmi vágní, je uveden pouze způsob volání podprogramů, jejich popis zcela chybí.
- Vztahy pro reálný plyn uváděné v kapitole 3.4 mají omezenou platnost i přesnost. Můžete tyto klíčové charakteristiky alespoň řádově specifikovat?
- Jaký je vztah použitého softwaru se softwarem HECTOR („Optimalizační software pro tepelné cykly s CO<sub>2</sub>“), který byl vyvinut na pracovišti disertanta?

Praha, 13.7.2018

prof. Ing. Václav Uruba, CSc.