

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Aplikace kondenzačních dochlazovačů spalin biomasových kotlů
Jméno autora:	Bc. Matěj Vykoukal
Typ práce:	diplomová
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ú 12115 – Ústav energetiky
Oponent práce:	doc. Ing. Tomáš Dlouhý, CSc.
Pracoviště oponenta práce:	FS ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadané téma DP považuji za náročnější z důvodu řešení inovativního, v českých podmínkách zatím málo uplatňovaného způsobu využití kondenzačního tepla ze spalin kotlů na tuhá paliva. Je však třeba přihlídnout ke skutečnosti, že studentovi byla práce s vytčenými chybami a nedostatky již jednou vrácena k přepracování.	

Splnění zadání	splněno s většími výhradami
<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>	
Zpracovány byly všechny body zadání, jejich splnění však nelze považovat za úplné s ohledem na níže uvedené závažné chyby.	

Zvolený postup řešení	částečně vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Zvolený postup řešení je obecně správný. V určitých krocích se však student dopustil logických chyb, které naznačují neznalost základních principů – viz výčet chyb v následujícím odstavci posudku.	

Odborná úroveň	F - nedostatečně
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
Přestože práce byla již jednou studentovi vrácena k přepracování z důvodu výskytu mnoha závažných nedostatků, její úroveň i nadále zůstává velmi slabá. Proti předchozí verzi student opravil základní návrh kotle, který je již proveden metodicky správně, nicméně stále má určité nedostatky, konkrétně: <ul style="list-style-type: none"> • Navrhovaný kotel je znázorněn na jediném schématickém obrázku č. 6 resp. 8, který nedává dostatečně jasnou představu o jeho provedení. V obrázku je naznačena dohořivací komora, která je od spalovací komory oddělena šikmou mezistěnou. Toto řešení není v tepelném výpočtu kotle nijak zohledněno. • Přestože kotel je určen pro spalování biomasy s vysokým podílem prchavé hořlaviny, spalovací komora má v celé výšce stejný průřez, což neumožňuje vhodnou distribuci sekundárního vzduchu do prostoru nad roštem. • Průřez spalovací komory je navržen 2 x 4 m, výška 6,5 m. Plocha stěn ve vztahu (64) je vyjádřena pro hranol s těmito rozměry. Plocha roštu ve vztahu (65), který vyjadřuje chlazenou plochu stěn s trubkami, je uvažována 14 m², zatímco průřez spalovací komory vychází jen 8 m². • Teplotě 820,5 °C při přebytku vzduchu na konci spalovací komory 1,27 dle názoru oponenta odpovídá entalpie spalin spíše kolem 4940 kJ/kg, nikoli 5151 kJ/kg, jak je uvedeno ve vztahu (66), i když z údajů uvedených v práci nelze hodnotu jednoznačně zkontrolovat. • Ve výpočtu celkového tepla uvolněného v ohništi dle vztahu (88) je uvažována entalpie vystupujících spalin 5242 kJ/kg, což se liší od hodnoty ve vztahu (66). • V kap. 3.3.7 není vyjádřen výkon odsávaný ze spalovací komory výstupním oknem, který měl být zahrnut do tepelné bilance následující výhřevné plochy. 	

- V kap. 3.4.1 je přehozený výkon EKA a membránové stěny, která tvoří stěny spalovací komory a u které byl v předchozí kapitole vybilancován výkon 2999 kW, nikoli 5001 kW, jak je v práci uvedeno. Zřejmě jde o přepis, neboť v tab. 8 jsou již výkony ploch uvedeny správně.
- Hodnoty entalpie a teploty spalin na vstupu do EKA ve vztazích (102) a (103) by měly korespondovat s hodnotami na výstupu ze spalovací komory, což tak není. I v obr. 10 je uvedena teplota spalin 842 °C.
- Návrh EKA je proveden pro rychlost spalin 10 m/s, jejíž volba je zdůvodněna rizikem abraze. Toto kritérium bylo převzato z doporučení pro návrh svazkových ploch. U žárotrubných výměníků, kde při proudění spalin v trubkách je riziko abraze malé, se obvykle volí rychlost spalin poněkud vyšší s cílem zlepšit intenzitu přestupu tepla.

Chyby byly zjištěny i v bilanci využití kondenzačního tepla ze spalin:

- Rosný pod spalin je vyjádřen ve vztahu (168) jako tzv. kyselý, tedy jako teplota, kdy by začala ze spalin kondenzovat kyselina sírová a siřičitá. Z hlediska využití kondenzačního tepla je však důležitá teplota sytosti vodní páry. Rozdíl těchto teplot je v daném případě sice minimální, jde však o principiální nepochopení problematiky.
- Objemové průtoky složek spalin ve vztazích (175) a (178) jsou vypočteny z objemů složek, jejichž velikost nekoresponduje s dříve vyjádřenými hodnotami.
- Tepelné kapacity spalin před a za dochlazovačem jsou určeny chybně:
 - Tepelná kapacita suchého vzduchu na vstupu do dochlazovače není 1,01 kJ/m³K, jak je uvedeno ve vztahu (191), ale 1,3 kJ/m³K.
 - Součet poměrných objemů složek spalin na výstupu z dochlazovače činí pouze 0,823. Spaliny za dochlazovačem neobsahují žádnou vodní páru, student zřejmě předpokládá její úplné vykondenzování, což není reálné.
 - Rozměr tepelných kapacit je uveden v kJ/kgK, správně má být kJ/m³K, neboť pro jejich vyjádření byly použity měrné objemové tepelné kapacity složek spalin. V následující bilanci tepelného výkonu dochlazovače ve vztahu (193) je vypočtená tepelná kapacita násobena hmotnostním průtokem spalin, což vede k chybnému výsledku.

Tyto chyby se promítají do navazujících bilančních výpočtů a návrhu dochlazovače.

Následuje výčet chyb zjištěných v bilanci zvlhčovače vzduchu:

- Oponent se poněkud liší ve vyjádření měrné vlhkosti vzduchu na výstupu ze zvlhčovače. Pro teplotu vzduchu na výstupu ze zvlhčovače 53,32 °C vychází tlak sytosti vodní páry 0,0145 MPa, nikoli 0,0185 MPa, jak je uvedeno ve vztahu (196), měrná vlhkost nasyceného vzduchu pak vyjde 0,105, nikoli 0,135. To se promítá do nesprávně určeného množství vypařené vody ve vztahu (197), kde se navíc projevuje ještě další chyba v určení hmotnostního průtoku suchého vzduchu, který je vyjádřen ve vztahu (200) ze skutečného objemového průtoku v m³/s a normální hustoty suchého vzduchu vztažené na Nm³. Množství získaného kondenzátu tak oponentovi vychází o 1/3 nižší.
- Ve vztahu (201) je tepelný výkon zvlhčovače vyjádřen z ochlazení chladicí vody a skupenského tepla odpařené vody. Použitý vztah popírá princip fungování směšovacího výměníku, jímž zvlhčovač vzduchu je.
- I když na první pohled banální, ale z hlediska výsledků naprosto zásadní je chyba ve vztahu (223), který vyjadřuje výkon předaný do spalovacího vzduchu. Teplo přivedené do vzduchu v cizím zdroji, které je vyjádřeno pro 1 kg paliva, student navíc násobí objemem vzduchu též vztaženým na kg paliva, takže mu jeho velikost vyjde 3,66krát větší. Porovnáním vypočtené hodnoty s tepelným výkonem zvlhčovače vyjádřeným dle vztahu (201), který je však rovněž špatně, konstatuje shodu obou hodnot, která není objektivní. **Studenta na chybu v bilancích neupozornil ani fakt, že spaliny se v dochlazovači ochladí o 98 °C a spalovací vzduch se získaným teplem ohřeje jen o 30 °C.** Od toho se odvíjejí numerické chyby v bilanci ohříváče vzduchu – dochlazovač spalin – přepočtení kotle, jejichž číselné výsledky jsou zcela špatně, stejně jako z nich dedukované závěry.

Odhlédneme-li od faktu, že přepočtení kotle doplněného o dochlazovač spalin a zvlhčovač vzduchu vychází z chybných vstupních hodnot, tudíž jeho výsledky nemohou být korektní, i zde je třeba vytknout určité nedostatky:

- Metodicky dobře není zahrnutí tepla pro předehřev vzduchu jako tepla z cizího zdroje do redukováné výhřevnosti (vztah 222) a vztažení účinnosti kotle k teplotě za dochlazovačem spalin (vztah 232). Zde by měl student správně uvažovat teplotu spalin za EKO, nebo asi lépe dochlazovač i zvlhčovač vzít jako prvky systému kotle (analogicky jako se bere spalinový ohřívák vzduchu) a počítat s teplotou nasávaného vzduchu a teplotou spalin za dochlazovačem bez cizího tepla na ohřev vzduchu. Chyba se promítá do nesprávně určené účinnosti kotle a spotřeby paliva, čímž se přenáší do všech provedených výpočtů.

- Dle výsledků by se ve zvlhčeném vzduchu do kotle navíc dostávalo značné množství vodní páry, které by výrazným způsobem zvýšilo teplotu rosného bodu spalin. Je vcelku jisté, by byla vyšší než uvažovaná teplota spalin na výstupu z dochlazovače 55 °C a v dochlazovači by došlo ke kondenzaci. Nová teplota rosného bodu spalin v práci uvedena není a vliv kondenzace v dochlazovači na objem a složení spalin a na jejich entalpii v bilancích respektován rovněž není.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

D - uspokojivě

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

I když po přepracování se formální stránka práce zlepšila, autor se nevyvaroval následujících nedostatků:

- Vztah (14) je uveden špatně, což bylo vytýkáno již v předchozím posudku.
- Název kap. 2.5.4.3 zní Riziko varu v kondenzátoru
- Číslování kapitol 2. úrovně je posunuto mimo řádek jejich nadpisu
- V kap. 4.1.1 a 4.2.1 jsou skutečné měrné objemy uvedeny s jednotkou Nm³/kg, průtoky v kap. 4.1.1 v m³/kg.
- Ve vztahu (150) pro výpočet hustoty vlhkého vzduchu je objem vzduchu označen jako suchý, pracuje se s objemem vlhkého vzduchu.
- Ve vztazích (176) až (179) jsou u jiných složek spalin shodně označeny jejich průtoky a objemy jako CO₂.

Výběr zdrojů, korektnost citací

C - dobře

Vyjádřete se k aktivitě studenta při získávání a využívání studijních materiálů k řešení závěrečné práce. Charakterizujte výběr pramenů. Posuďte, 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.

Student uvádí 19 použitých literárních zdrojů. Většina odkazů se vztahuje k úvodní rešerši, která je zpracována vcelku kvalitně. Bibliografické citace jsou uváděny v souladu se zavedenými pravidly.

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.

I s přihlédnutím k náročnosti zadaného tématu DP je třeba konstatovat, že student se při řešení zadaných úkolů dopustil mnoha chyb, které dílem plynuly z nepozornosti, často však z nepochopení či neznalosti základních principů. Důsledkem řetězení těchto chyb jsou zcela chybné výsledky a z nich plynoucí mylné závěry, které celou diplomovou práci naprosto znehodnocují.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

Souhrnně je třeba konstatovat, že hlavní dosažené výsledky diplomové práce jsou zcela chybné. Přestože studentovi byla v minulém semestru odevzdaná práce z důvodu mnoha zásadních nedostatků vrácena k přepracování, oponent se domnívá, že mu student nevěnoval dostatek úsilí, naopak přepracování diplomové práce velmi podcenil a nedotáhl ji do očekávaného stavu. Kvalita odevzdané práce výrazně zaostává za standardní úrovní jiných prací.

Oponent zastává názor, že diplomová práce v tomto stavu nemůže být zveřejněna a prezentována jako výsledek vytvořený na FS ČVUT v Praze.

Kromě vyjádření k výše uvedeným nedostatkům v rámci obhajoby žádám o odpověď na následující otázky:

- 1) Žádám o objasnění tvrzení ze str. 56: „Je nutné podotknout, že při teplotě spalin 140 °C a teplotě chladicí vody 65 °C se jedná o velice malý teplotní rozdíl, který by vedl k malému součiniteli prostupu tepla a nutnosti instalovat velkou teplosměnnou plochu.“
- 2) Jak se změní složení spalin při jejich ochlazení pod teplotu rosného bodu?
- 3) Jak by měla být správně provedena tepelná bilance zvlhčovače vzduchu? Doplňte bilanční schéma.



POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

S ohledem na zjištěné zásadní nedostatky a s přihlédnutím k opakovanému odevzdání nekvalitního výstupu předloženou diplomovou prací hodnotím klasifikačním stupněm **F - nedostatečně**.

Datum: 22.1.2021

Podpis: