

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Návrh systému chlazení šachty jaderného reaktoru typu GFR
Jméno autorky:	Amálie-Josefína Bursíková
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	Ústav energetiky
Oponent práce:	Ing. Sebastian Nývlt
Pracoviště oponenta práce:	Katedra jaderných reaktorů FJFI ČVUT v Praze

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
Zadání bakalářské práce hodnotím jako obtížnější jednak z důvodu (pro bakalářskou studentku) poměrně složitě tématu rešerše – zaměřenou na systémy chlazení šachty reaktorů. Dále pak v praktické části bakalářské práce se od studentky žádalo poměrně dost práce – provedení a vyhodnocení většího množství výpočtů, a to navíc nástroji, které si musela sama vytvořit. V závěru práce se ještě od studentky požadovalo najít na trhu na základě spočtených parametrů vhodné dmychadlo do vyvíjeného reaktorového systému ALLEGRO.	

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>	
Zadání bylo splněno v plném rozsahu. Oproti zadání je práce rozšířena o stručný úvod do oboru sdílení tepla.	

Zvolený postup řešení	správný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
Se zvoleným postupem souhlasím. Práce je logicky členěna, praktické části předchází dostatečná rešerše teorie. Použitý skript vytvořený v prostředí MATLAB se ukázal být vhodným nástrojem pro řešení úlohy.	

Odborná úroveň	C - dobře
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Předkládaná práce je na dobré odborné úrovni, přesto se zde však nacházejí nedostatky. Občas se v práci nachází nepřesnosti i nesprávné použití odborných pojmů z oblasti reaktorové a částicové fyziky, ale i v pro práci stěžejnějších oborech jako je hydraulika nebo sdílení tepla. V teoretické části práce bych upozornil na zápis Stefan-Boltzmannova zákona (vzorec 6b), který není správně (ani rozměrově) a není jasné, odkud v tomto případě studentka čerpala informace, protože v odkazovaném zdroji vzorec 6b uveden není. Rešeršní část věnovaná systémům odvodu tepla ze šachty reaktoru je sice poměrně rozsáhlá, ale v mnoha částech působí, že se tematicky pouze pohybuje po povrchu diskutované tematiky a zmiňované systémy nepopisuje komplexně a do dostatečné hloubky. Ve výpočetní části se bohužel nachází větší množství mnohdy i zásadních chyb. Pro tepelný výpočet polokulového dna nádoby v šachtě byla použita korelace pro vnější konvekci, ačkoli se od teplosměnného povrchu nachází poměrně blízko stěna šachty reaktoru, a tedy se o samostatný izolovaný děj vnější konvekce nejedná – tento fakt by si zasloužil minimálně komentář prokazující, že si této nevhodné aplikace dané korelace je studentka vědoma. V tepelném výpočtu mi dále chybí hlubší diskuze nad tím, proč studentka neuvažuje, že ke sdílení tepla mezi reaktorovou nádobou a proudícím vzduchem bude docházet i v těch částech reaktorové nádoby, která je nad AZ reaktoru. V samotném tepelném výpočtu se také nacházejí numerické chyby – na str. 47 je špatně dosazeno za průměr reaktorové nádoby, na str. 46 je zase špatně uvedena číselná hodnota výšky válcové části reaktoru (části s AZ), avšak zde výsledek správný je. Výpočetní chyby se nachází i v části věnované výpočtu tlakových ztrát. Na str. 49 je dosazeno do Blasiova vztahu špatné Reynoldsovo podobnostní číslo, a totiž to spočtené pro oblast polokulového dna, ačkoli v této části výpočtu se řeší ještě oblast pod ním, kde je nižší rychlost proudění. Nejzásadnější chyba se ovšem nachází níže na str. 49 (a pak také na str. 50), kde je do vzorce pro výpočet tlakových ztrát „uměle“ dosazena multiplikační</p>	

konstanta 10^6 , která vede na nadhodnocení třech ztrát v šachtě reaktoru faktorem milion. Všechny veličiny jsou do vzorce dosazovány v základních jednotkách, a proto do něj žádný takový součinitel nepatří. Bohužel ani v tomto případě není jasné, odkud studentka tento chybný vzorec získala, protože není uveden zdroj. Toto nadhodnocení tlakových ztrát zásadně ovlivňuje poslední dvě kapitoly práce věnované výběru vhodného dmyhadla. Z dalších výtek je na místě zmínit, že není jasné, proč byl na str. 50 na výsledky tlakových ztrát aplikován bezpečnostní koeficient o hodnotě 1,2 – tato hodnota by měla být podložena relevantním zdrojem (např. normou), což není. U výběru dmyhadla bych také očekával alespoň krátké zamyšlení, zdali je vhodné jeho užití v jaderném inženýrství z pohledu v oboru používaných velmi přísných kritérií na kvalitu (jakost) a příslušnou certifikaci. Celkově se v práci nachází také několik pasáží, ze kterých není jasné, do jaké míry studentka rozumí fyzikálnímu pozadí simulované problematiky – např. na str. 41 studentka prezentuje své pozorování, že s rostoucí rychlostí proudění rostou tlakové ztráty, což by ale nemělo být překvapením, stejně tak že z výpočtu hydraulického průměru kruhové šachty vyjde průměr šachty (str. 49) nebo že graf 8 s lineárními křivkami nedemonstruje nic jiného, než že hmotnostní tok je v případě uvažování konstantní hustoty média a průtočného průřezu pouze konstantním násobkem rychlosti proudění. Závěrem se nicméně dá říci, že práce je na dobré odborné úrovni, avšak odborných nedostatků i numerických chyb v práci není málo. S přihlédnutím k obtížnosti tématu a množství odvedené práce hodnotím tuto podoblast stupněm C - dobře.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce

C - dobře

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

Rozsah práce hodnotím jako adekvátní. Po formální a jazykové stránce hodnotím práci jako dobrou, splňující náležitosti odborného technického textu. V práci se nachází minimum gramatických chyb nebo překlepů, zvýšený výskyt se nachází pouze v úvodu a závěru práce. Práce je opatřena seznamy zkratk i symbolů, avšak ty obsahují chyby – v seznamu zkratk se jedná o chybně vypsané zkratky ABR a CEA, v seznamu symbolů o nesprávné názvy veličin absorptance (pohltivost), resp. hustota vyzařování v práci pojmenované pouze jako absorpce, resp. radiace; jako nevhodné považuji rovněž označení výkonu i tlaku shodně velkým písmenem P. Poměrně rušivým dojmem též působila volba studentky rozdělit práci do celkem 16 kapitol, kdy některé kapitoly byly kratší než 1 strana. Rušivým dojmem dále působilo časté používání ich-formy, které se při psaní technických textů zpravidla nevyužívá. Po formální stránce bych dále vytknul popisování tabulek dole, přičemž zvyklostí je popis tabulky dávat nad ní. Co se týče popisování vzorců – zejm. v praktické části práce se jich nachází poměrně mnoho, proto by bylo vhodné číslovat i ty – tj. nečíslovat pouze vzorce v rešeršní části bakalářské práce. V práci se také nachází formální prohřešky proti matematickému formalismu, tj. psaní veličin italicou, resp. indexů a jednotek bez italiky. Práci také občas škodí užívání velmi malých obrázků, kde jsou málo patrné detaily a špatně čitelné popisky obrázků. Práci zároveň ubírá nejednotnost zápisu čísel (počet platných cifer např. u hodnot podobnostních čísel) nebo třeba nejednotnost označení studovaných variant designu šachty reaktoru, kdy se mezi grafy 1-4 a grafy 5-8 označení těchto variant změnilo. Výše zmíněné výtky ovšem neovlivňují čitelnost či přehlednost textů, které jsou jinak na dobré formální a jazykové úrovni.

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. 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.

Množství i kvalitu zdrojů hodnotím kladně, i když mnohé informace by bylo jistě možné převzít z kvalitnějších zdrojů než populárně naučných webů a dalších nerecenzovaných/netištěných zdrojů. Do seznamu literatury bych určitě přidal odkaz na použitý Engineering Toolbox a také odkazy na zdroje použitých vzorců (resp. pokud byly převzaty z již citované literatury, tak se na tyto zdroje při použití vzorců odkázat). Proti čemu je ovšem potřeba se vyhradit je formát zápisu zdrojů v seznamu literatury, kde se nachází mnoho formálních nedostatků, zejm. pak v absolutní nesystematičnosti uvádění jmen autorů. Na druhou stranu velmi kladně hodnotím korektní odkazování se na literaturu v rešeršní části práce, které je příkladné.

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.

V práci mi chybí alespoň stručný popis vyvinutého nástroje v prostředí MATLAB na výpočet proudění vzduchu v šachtě reaktoru. Z textu práce není např. jasné, jaká byla konvergenční kritéria iteračního algoritmu. Z popisu skriptu nicméně vyplývá, že si ho studentka vytvořila sama, a tedy se jedná o důležitý produkt její práce a je na místě to vyzdvihnout.

V závěru praktické části práce mi také chybí snaha o alespoň stručnou interpretaci dosažených výsledků vykreslených do grafů 1-8. Příslušná kapitola poskytuje pouze shrnutí trendů v grafech, ale neobsahuje žádnou snahu o fyzikální interpretaci – ta by navíc mohla sloužit mj. jako určitá validace studentkou vyvinutého nástroje.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Předkládaná práce splnila z mého pohledu poměrně náročné zadání, a proto ji doporučuji k obhajobě. Bohužel se v práci nachází nemalé množství formálních i odborných nedostatků, ze kterých mnoho by jistě bylo možné podchytit při důkladné kontrole před odevzdáním nebo při průběžných konzultacích. Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **C - dobře**.

Studentce zároveň předkládám tyto otázky/úkoly k obhajobě:

- 1) V práci byl několikrát špatně použit pojem zbytkové teplo, mj. na str. 22: „Tato práce se zabývá odvodem zbytkového tepla za normálního provozu, ...“. U obhajoby uveďte správné pojmenování tohoto tepla a vysvětlete, kde se bere. Taktéž stručně shrňte, co je to zbytkové teplo a co je jeho zdrojem.
- 2) Zkuste provést krátké zamyšlení nad tím, jestli je korektní při tepelném a hydraulickém výpočtu zanedbat ostatní části počítaného systému než jen prostor ode dna šachty po úroveň šachty odpovídající vrchnímu konci AZ. U výpočtu tlakových ztrát se zkuste zamyslet i nad tou částí systému, kterou se přivádí vzduch na dno šachty (viz Obr. 12 – Geometrie 2).
- 3) Jaká je Vaše fyzikální interpretace výsledků v grafech 3 a 4?

Datum: 13.6.2024

Podpis: