

# Oponentní posudek diplomové práce

zpracované na téma

**Návrh a výpočet výměníku tepla sůl – sůl 570MW v primárním okruhu MSR (max. teplota 720°C) včetně tlakových ztrát, typ se segmentovými přepážkami typu Helix se šroubovitými přepážkami v mezitrubkovém prostoru. Fluoridové soli dle ALISIE. Konstrukční materiál MoNiCr.**

Jméno studenta: **Ing. Peter Fedor**

Oponent diplomové práce: **Ing. Jindřich Louthan**

---

Předmětem oponentního posudku je diplomová práce zpracovaná Ing. Peterem Fedorem, studentem Fakulty Strojní Západočeské univerzity v Plzni. Práce byla vypracována v rozsahu 76 stran a je členěna do 6 kapitol.

V úvodních kapitolách je čtenář seznámen s historií jaderné energetiky a je též zároveň seznámen s hlavními směry vývoje do budoucích desetiletí v dané oblasti. Následuje základní seznámení s konstrukcí výměníku se šroubovitými přepážkami v prostoru pláště výměníku.

Diplomová práce je zaměřena na základní návrh výměníku pro MSR (Molten Salt Reactor) se šroubovitými přepážkami v prostoru pláště, přičemž teplosměnnými médii jsou roztavené fluoridové soli (na vnitřní straně trubek fluoridové soli s rozpuštěným jaderným palivem).

Jelikož fluoridové soli vytvářejí vysoce korozivní a radiační prostředí, je v práci věnována velká pozornost materiálovému provedení daného výměníku tepla. S povděkem kvitují, že fyzikální vlastnosti fluoridových solí jsou podrobně rozepsány do prakticky použitelných vztahů.

V práci je uveden numerický způsob výpočtu, kdy je výměník řešen po jednotlivých předem zvolených úsecích. Pomocí numerického výpočtu lze představu o průběhu teplot médií a o průběhu součinitele prostupu tepla po délce výměníku.

## K předložené diplomové práci mám tyto připomínky a otázky:

- Vzhledem k tomu, že zadání uvedené v diplomové práci neuvádí požadavky na vstupní ani výstupní teplotu médií, měly být tyto hodnoty přehledně uvedeny na jednom místě včetně geometrických parametrů kontrolovaného příkladu (amerického výměníku pro MSBR).
- Před započítáním výpočtu by bylo vhodné znázornit schéma výměníku s vyobrazenými vstupy a výstupy (médium protékající trubkami, médium protékající v plášti, vstupní a výstupní teploty u obou médií).
- Na Obr. 24 být uvedeno místo: „Přestup tepla z **vnútornej** steny trubky do MP“ → „Přestup tepla z **vonkajšej** steny trubky do MP“
- Ve vztahu 23 chybí index  $w$ .
- Ve vztahu 26 (výpočet Reynoldsova čísla) se za rovnítkem objevuje místo parametru  $d_I$  parametr  $L$ . Proč tomu tak je, když se jedná o proudění uvnitř teplosměnné trubky?
- K textu na straně 41 a 42: za laminární proudění lze považovat proudění s Reynoldsovým číslem do 2 320, přičemž v oblasti rozsahu Reynoldsova čísla 2 320 až 10 000 se jedná o přechodné proudění. V přechodné oblasti se může aplikovat interpolace mezi čistě laminárním a čistě turbulentním režimem proudění. Nicméně použití uvedeného Gnielinského vztahu pro výpočet Nusseltova čísla pro vypočtené Reynoldsovo číslo 8 385 je vhodné i pro přechodnou oblast proudění.
- Bylo by zajímavé provést tepelný výpočet pro více variant sklonu přepážek (např. pro 20°, 30° a 40°).
- Na straně 67 je uvedeno  $n_{pt} = 5$ . Není uveden význam parametru  $n_{pt}$  a důvod volby  $n_{pt} = 5$ .
- Proč nesouhlasí hodnota součinitele přestupu tepla na vnější straně trubky  $\alpha_2$  uvedenými na stranách 67 a 68?
- Při tepelném výpočtu nebyl použit žádný „fouling factor“, znamená to, že ani teoreticky není předpokládáno zanášení teplosměnných trubek?
- Byl proveden tepelný výpočet a určen součinitel prostupu tepla. Nebyla však spočtena velikost teplosměnné plochy pro volený tepelný výkon 570MWt. Vypočtená potřebná teplosměnná plocha pro předání 570 MWt měla být srovnána s velikostí teplosměnné plochy amerického řešení výměníku s kolnými přepážkami.
- Na straně 71 je uvedena poznámka, že nebyly zjištěny drsnosti trubek vyrobených z daného materiálu. Pokud nebyla drsnost známa, mohla být použita alespoň drsnost ocelových trubek. Výpočet tlakových ztrát třením bez vlivu drsnosti ztrácí hodnověrnost.
- Na náčrtku výměníku chybí rozměry přípojovacích míst, též je vhodné na náčrtku patřičně označit vstupy/výstupy topného/ohřívaného média.

- Přestože přiložený náčrtek má být pouze ilustrativní je vhodné alespoň schematicky znázornit patky uložení výměníku. Znázornění patek mimo jiné usnadní orientaci neznalému čtenáři v tom, že je ihned patrné, zda je výměník uložen horizontálně nebo vertikálně a pokud je uložen vertikálně, tak zda s rozvodnou komorou umístěnou nahoře či dole. Doporučuji do prezentace pro SZZ náčrtek výměníku doplnit, neboť ne všichni ze zkušební komise budou znáti situace. Inspirací může být uložení dle vzoru na Obr. 2.
- V diplomové práci je vhodné uvést seznam tabulek a obrázků.
- Co znamená součinitel prostupu tepla  $k_{SC}$  uvedený v grafu na Obr. 38? Patrně se jedná o střední hodnotu součinitele prostupu tepla, který však nijak neodpovídá vypočtenému celkovému součiniteli prostupu tepla  $3260,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ . Součinitel  $k_{SC}$  není uveden v seznamu proměnných, symbolů a zkratk.
- Není jasné, kde se vzaly výsledky v grafech na Obr. 37 a Obr. 38. Pravděpodobně grafy reprezentují výsledky získané numerickým výpočtem, což však není uvedeno. Numerický výpočet považuji za velmi dobrou a rychlou pomůcku, je proto škoda, že mu nebyla věnována pozornost ve vyhodnocení.
- V celé diplomové práci není rozlišován součinitel **přestupu** tepla od součinitele **prostupu** tepla.

Předložená diplomová práce je po formální stránce s výjimkou drobných nedostatků v pořádku. Co se týče grafického zpracování, nemám žádných podstatných výtek. Pouze struktura diplomové práce ve výpočetní části nebyla zcela posloupná. Zejména před výpočetní částí chyběly shrnutí vstupních dat a údajů pro výpočet a jednoduchý obrázek s označením a zobrazením toků médií ve výměníku. Student prokázal teoretickou znalost řešené problematiky a též schopnost řešit problematiku tepelných výměníků.

Na základě výše uvedeného posudku diplomovou práci **doporučuji k obhajobě.**

Diplomovou práci hodnotím známkou **velmi dobře.**

V Plzni dne 6.6.2014

Ing. Jindřich Louthan

