

Odvod tepla z palivového článku jaderného reaktoru

David Trúsik, G - Čajkovského Olomouc, TrusikD@seznam.cz
Martin Lovecký, G - Plasy, martin.lovecky@volny.cz

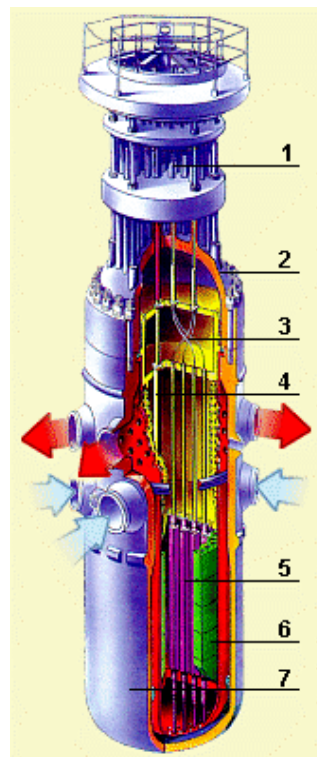
Abstrakt:

Energii vznikající v jaderném reaktoru díky štěpení těžkých jader paliva využíváme ve formě tepla, které tato reakce produkuje ve značném množství. Aby bylo zajištěno optimální využití vznikajícího tepla, musí být každý detail reaktoru včetně palivových tyčí projektován se značným ohledem na přesnost. Jakákoliv nepřesnost či nečistota může způsobit závažné problémy. Soustředili jsme se na výměnu tepla mezi palivovým článkem a chladicí vodou. Pokud bude výměna tepla nedostatečná, hrozí přehřátí a následné roztavení článků. V této práci jsme vytvořili teplotní model nedostatečně chlazeného palivového článku.

1 Jaderný reaktor

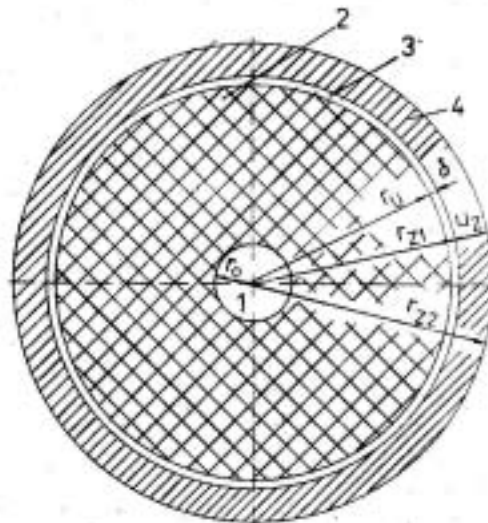
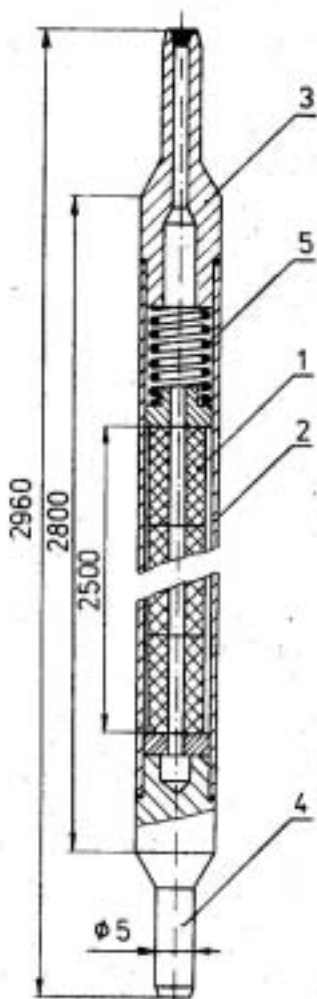
Palivo bývá tvořeno palivovými proutky. Malé tabletky paliva navazují na sebe, čímž vytvoří proutek o průměru asi 9 mm. Svazek těchto proutků tvoří palivovou kazetu. Část reaktoru, do které se vkládá palivo a kde také probíhá štěpná reakce, se nazývá aktivní zóna. Palivové proutky jsou chráněné povlakem ze speciální slitiny, nejčastěji na bázi zirkonia, která zaručí předání tepla z paliva chladivu a zároveň nepropustí radioaktivní štěpné produkty. Aktivní zóna reaktoru VVER 440 (se kterým je v této práci počítáno) má válcový tvar, o průměru 2,88 m a výšce 2,5 m. V ní je umístěno 349 šestiúhelníkových palivových kazet, každá se 126 palivovými proutky v trojúhelníkové mříži.

V jaderné elektrárně Dukovany zajišťuje cirkulaci chladicí vody uzavřené pod vysokým tlakem v primárním reaktorovém okruhu šest nezávislých potrubních smyček s čerpadly a parogenerátory. V parogenerátorech předává voda uzavřeného primárního okruhu své teplo okruhu sekundárnímu. Sekundární okruh je rovněž uzavřený a naplněný demineralizovanou vodou. V parogenerátorech se sekundární voda přeměňuje na páru k pohonu turbín. Ke každému reaktoru patří dvě třítělesové turbíny s vysokotlakým a dvěma nízkotlakými díly, které pracují při otáčkách 3000/min. V celé elektrárně je tedy takových turbín osm. S každou turbínou je pevně spojen 220MW generátor elektrického proudu (dvoupólový asynchronní alternátor generující napětí 15,75 kV).



Popis obrázku reaktoru: 1 pohon svazkové řídicí tyče, 2 víko tlakové nádoby reaktoru, 3 vývody vnitreaktorového měření, 4 ochranná trubka svazkové tyče, 5 palivové kazety, 6 plášť aktivní zóny, 7 tlaková nádoba reaktoru

2 Palivový proutek

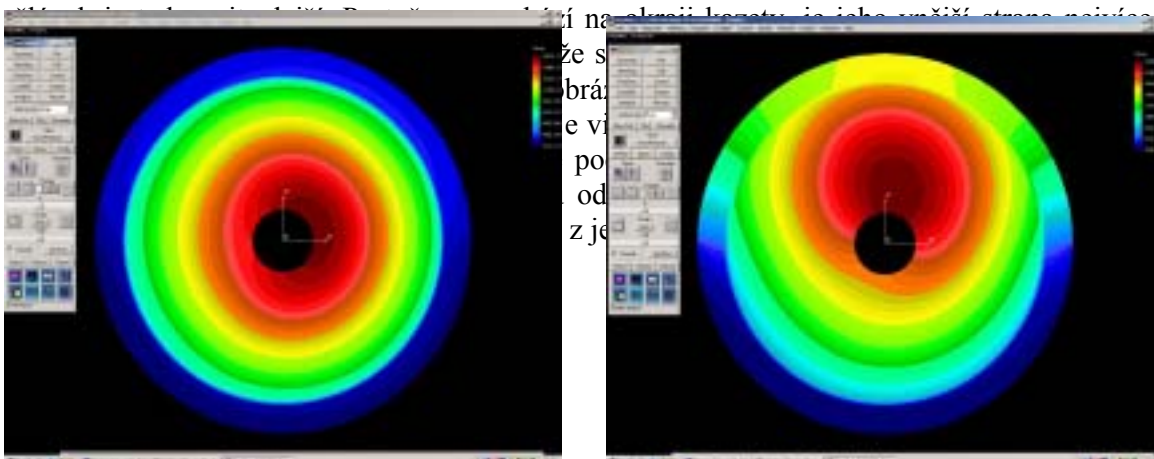


Obr. 2.6 Příčný řez palivovou tyčí reaktoru VVER-440.
 1 – centrální dutina, $r_0 = 0,75$ mm, 2 – palivová tableta z UO_2 , $r_U = 3,775$ mm, 3 – mezera palivo–povlak, šířka $\delta = 0,125$ mm, 4 – povlaková trubka ze zirkonové slitiny H-1, tloušťka 0,65 mm

Obr. 2.5 Podélný řez palivovou tyčí reaktoru VVER-440,
 1 – palivová tableta, 2 – povlak, 3 – horní koncovka, 4 – dolní koncovka, 5 – pružina

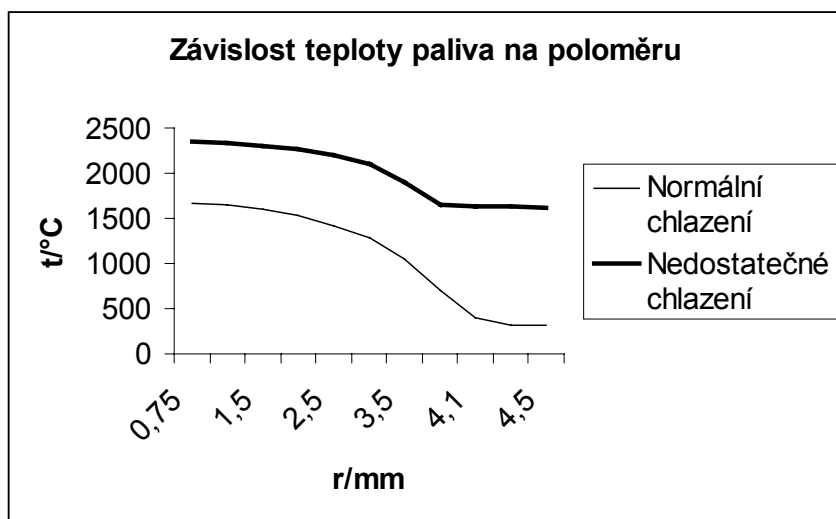
3 Výpočet tepelného stavu palivového článku

Pro výpočty jsme používali program COSMOS/M. V něm jsme si vytvořili model palivového článku používaného v reaktorech VVER 440 (u nás v JE Dukovany), kde se jako palivo používá UO_2 s obsahem izotopu ^{235}U 3,8%. Vzhledem k vysokému počtu palivových článků v reaktoru jsme modelovali tepelný stav rohového článku kazety, protože z důvodu své okrajové pozice se kolem nachází největší množství vody, neutrony dopadající na tento článek jsou nejvíce moderovány (voda zde slouží jako chladivo i jako moderátor) a tento



Obrázek 1.

Obrázek 2.



4 Závěr

Zjistili jsme, že při nedostatečném chlazení může dojít k roztavení paliva (v našem případě je to přes 2800°C, v závislosti na stavu vyhoření). Následně se může chladicí voda začít vypařovat a v krajním případě se rozloží na vodík a kyslík a dojde k výbuchu (chemickému, ne jadernému), jako se to stalo v roce 1986 v Černobylu.

Poděkování

Tato práce vznikla díky podpoře KJR FJFI ČVUT a hlavně díky našemu supervizorovi ing.D.Kobylkovi.

Reference:

- [1] Heřmanský, B.: *Termomechanika jaderných reaktorů*, Academia, 1986
- [2] Kobylka, D.: *Diplomová práce*, 1998
- [3] <http://www.energyweb.cz/web/>