

Odvod tepla z palivového článku jaderného reaktoru

Loutocký Petr, Procházka Michal

loty.shf@seznam.cz , prochy007@seznam.cz

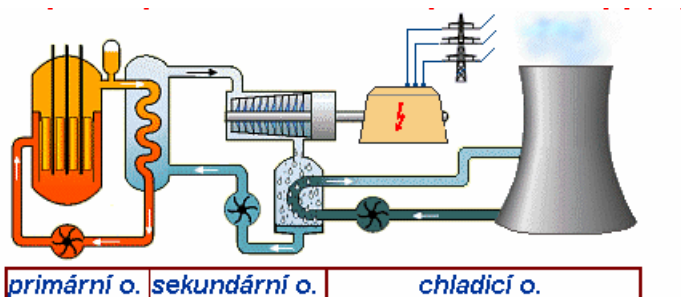
GJW, Kollárova 3, Prostějov

Abstrakt:

Chtěli byste se dozvědět něco o modelu odvodu tepla z tablety uranu v reaktoru a vůbec o jaderných elektrárnách a všem co s tím souvisí? Tepelné zatížení krajního palivového článku jaderného reaktoru jsme vymodelovali v programu Cosmos/M.

1. Úvod

Nároky civilizace na elektrickou energii neustále rostou. Jedním z mála současných reálných zdrojů energie je energie z jaderných elektráren. V takovýchto elektrárnách je elektrina získávána stejným způsobem jako v tepelných. Rozdílem je zdroj energie. Předmětem našeho projektu je model tepelného zatížení jednoho krajního palivového článku, který je složen z oxidu uraničitého (základní palivo, UO_2) dále vrstvy helia, jenž má za úkol izolovat teplo vznikající štěpením uranu a obal ze zirkonia s příměsí niobu.



(obr.1)
Schéma jaderné elektrárny

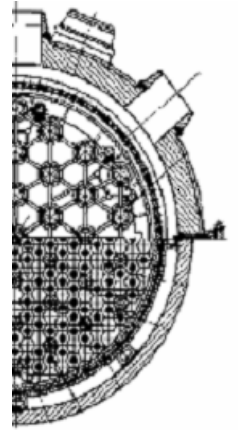
2. Jaderný reaktor

Jaderný reaktor je zařízení, v němž se energie uvolněná při jaderném štěpení přeměňuje na energii tepelnou, která se pak v klasické elektrárenské části využívá k výrobě elektrické energie. Reaktory mají rozmanité konstrukce, princip činnosti i oblast využití. Budeme se zabývat lehkovodním tlakovým reaktorem **PWR** (**P**ressurized **l**ight-**W**ater cooled and moderated **R**eactor), který najdeme v obou našich jaderných elektrárnách. Tento reaktor se označuje také ruskou zkratkou **VVER** (obr.2) (**V**odo-**V**odjanyj **E**nergetičeskij **R**eaktor). Palivem je obohacený uran ve formě oxidu uraničitého UO_2 , moderátorem i chladivem obyčejná voda. Přírodní uran je složen ze dvou izotopů s nukleonovými čísly 238 a 235. Pro štěpení je vhodný jenom izotop 235, kterého je v přírodním uranu pouze 0,7 % a proto se musí jaderné palivo tímto izotopem uměle obohacovat. V jaderném reaktoru dochází k řízené štěpné reakci v **palivu** - jádra izotopu ${}_{92}U^{235}$ zasažená pomalými neutrony se rozpadají na jádra

Obr.2



lehčích prvků (odštěpky, fragmenty) a současně se při každém štěpení uvolní 2 - 3 rychlé neutrony. Fragmenty se vzájemně odpuzují a velkou rychlostí se od sebe rozletují. Při jejich zabrzdění srážkami s ostatními atomy paliva se kinetická energie mění na teplo, materiál se silně zahřívá. Uvolněné neutrony mohou způsobit štěpení dalších uranových jader a jaderná reakce může dále probíhat jako řízená **řetězová reakce**.



Uložení palivových článků v reaktoru (obr.3)

3 Odvod tepla

- Užití programu COSMOS/M

Obr.3

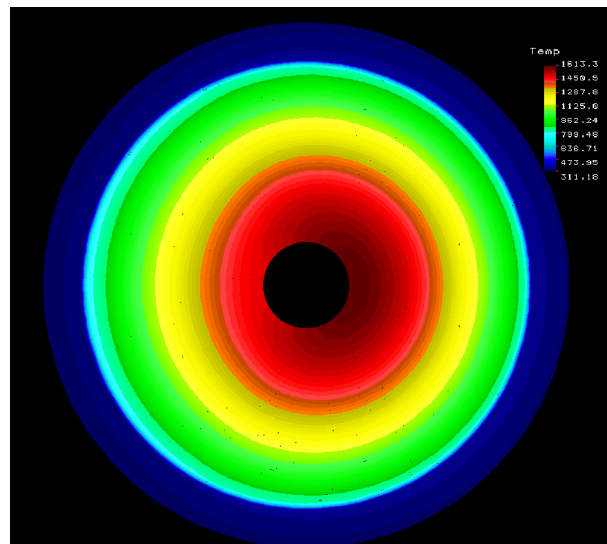
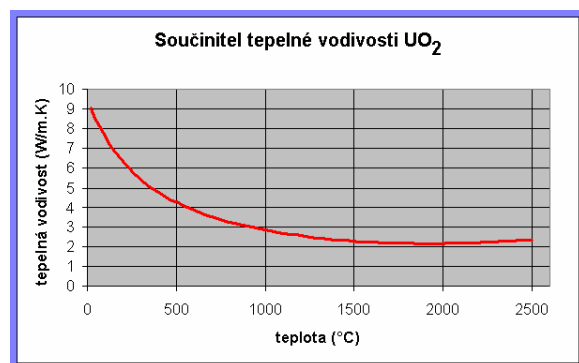
Palivový článek, jak už víme, se skládá ze tří částí: palivo z oxidu uraničitého UO_2 , vrstvy Helia a pláště (tzv.pokrytí) ze slitiny zirkonia a niobu. Ve středu článku je mezera, kam unikají plyny z uranu vznikající štěpnou reakcí.

Pro zjištění tepelného zatížení článku jsme použili program COSMOS/M. Vytvořili jsme zde dvourozměrný model uranového proutku v příčném řezu. Tento model jsme rozdělili do několika částí, jimž jsme posléze nadefinovali z jakého materiálu jsou vyrobeny a jaké mají termofyzikální vlastnosti. Jednotlivé údaje jsme získali z tabulek a skript. Poté bylo nutno všechny plochy vysítovat (tzv.meshing) a následně je spojit do jednoho celku. Nyní je nutné zadat hraniční podmínky výpočtu, což je tepelný výkon UO_2 v určitých oblastech a odběr tepla chladivem z pláště článku.

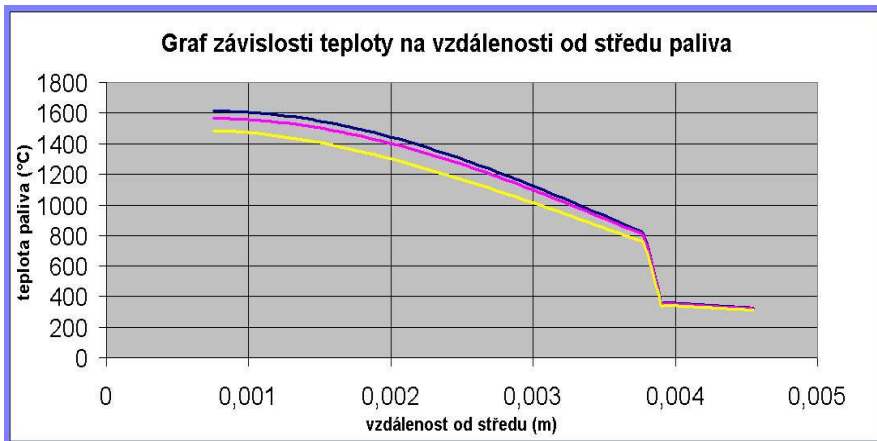
Provedli jsme několik výpočtů. První výpočet se týkal stacionárního rozložení teplot v palivovém článku. Ve výsledku jsme zjistili, že rozdíl teplot jádra a pláště je okolo $1312^{\circ}C$ (obr.4).

Následně jsme simulovali výpadek odvádění tepla od palivového článku.

Článek by se zahřívá tak dlouho, než by dosáhl teploty tání uranu (okolo $2800^{\circ}C$), čehož dosáhne asi za 11 sekund. Touto dobou by plášť článku už byl roztaven (jeho teplota tání činí asi $1800^{\circ}C$).



Obr. 4



Sestavení grafu
z výpisu teplot os
 x_1 x_2 a y

4 Shrnutí

Odvod tepla z palivových článků jaderného reaktoru je nezbytný. Při jeho nejmenším narušení reaktor přesáhne provozní teplotu a bez jeho odstavení by mohlo dojít k havárii.

Poděkování

Projekt uskutečněn s podporou FJFI ČVUT Praha 2005. Zvláštní dík patří našemu supervizorovi ing. D. Kobylkovi

Reference:

- [1] ING.M.KURSA,CSC. - PROF.ING.L.KUCHAŘ,CSC. *Kovy jaderných reaktorů* VŠ Báňská v Ostravě 1984
- [2] DOC.ING.BEDŘICH HEŘMANSKÝ,CSC. *Termo-mechanika jaderných reaktorů* Academia 1986