

Využití kódu MCNP v reaktorové fyzice

E.Bartáková, SGaGY Kladno, evebartak@hotmail.com
T.Hebelka, Gymnázium Brno Vídeňská, tomas.hebelka@post.cz
M.Lovecký, Gymnázium Plasy, martin.lovecky@volny.cz

Abstrakt:

Pracovali jsme s programem MCNP, který popisuje chování částic v jaderných reaktorech. Porovnávali jsme vlastnosti chování neutronů v závislosti na tvaru reaktoru.

1 Jak funguje MCNP?

Program MCNP je nyní nejpoužívanější kód pro výpočet transportu částic, zejména neutronů. Jedná se o třírozměrný kód, který umožňuje počítat kritičnosti geometricky složitých soustav, hustoty toku neutronů, stínění, různé mikrokonstanty reaktorových mříží i různé dozimetrické úlohy. Programem je možné modelovat úlohu v prakticky libovolné třírozměrné geometrii a aplikovat ji na transport vzájemně interagujících neutronů, fotonů a elektronů. Kód řeší statistickou metodou Monte Carlo třírozměrný problém transportu částic v zadaném prostředí. Mezi metodami využívajícími Monte Carlo metodu a mezi deterministickými metodami je zásadní rozdíl. Zatímco deterministické metody řeší jakousi více či méně přesnou aproximaci transportní rovnice, tak oproti tomu metody Monte Carlo neřeší prakticky žádnou rovnici, ale simulují přímo konkrétní problém, sledují každou jednotlivou částici a její možné interakce. Rozdílný je také výsledek obou metod. Deterministická metoda poskytne přesný výpočet (který platí za splnění určitých předpokladů, podmínek a zjednodušení), Monte Carlo udává výsledek v určitém intervalu spolehlivosti s jistou odchylkou, v souladu s teorií matematické statistiky.

2 Koeficient a jeho výpočet

Podle průběhu řetězové štěpné reakce rozlišujeme v reaktoru tři základní stavy:

V *podkritickém stavu* je hustota absorberu tak vysoká, že neutrony vznikající při štěpné reakci jsou plně pohlcovány a nemohou vyvolávat štěpení dalších jader. Řetězec štěpné reakce je přetržen, reakce zaniká. V praxi se takový stav v jaderném reaktoru vytvoří zavedením regulačních a havarijních tyčí s absorberem do aktivní zóny reaktoru. Dělá se to v případech, kdy chceme snížit výkon reaktoru nebo ho odstavit z provozu. ($k < 1$)

Při *kritickém stavu* je hustota (počet vložených tyčí) absorberu a paliva taková, že ze dvou až tří neutronů vzniklých při štěpení paliva vždy jen jeden vyvolá další štěpnou reakci. V takovém případě pak řetězová reakce stále pokračuje – nerozrůstá se, ani nezaniká. Tomuto stavu odpovídá běžný provoz reaktoru při stálém výkonu. ($k = 1$)

Nastane-li *nadkritický stav*, štěpná jaderná reakce roste, neboť roste i počet neutronů štěpících jádra. Takový stav je nutný pro zvýšení výkonu reaktoru. Zneužívá se u atomových zbraní. ($k > 1$)

Koeficient násobení k :

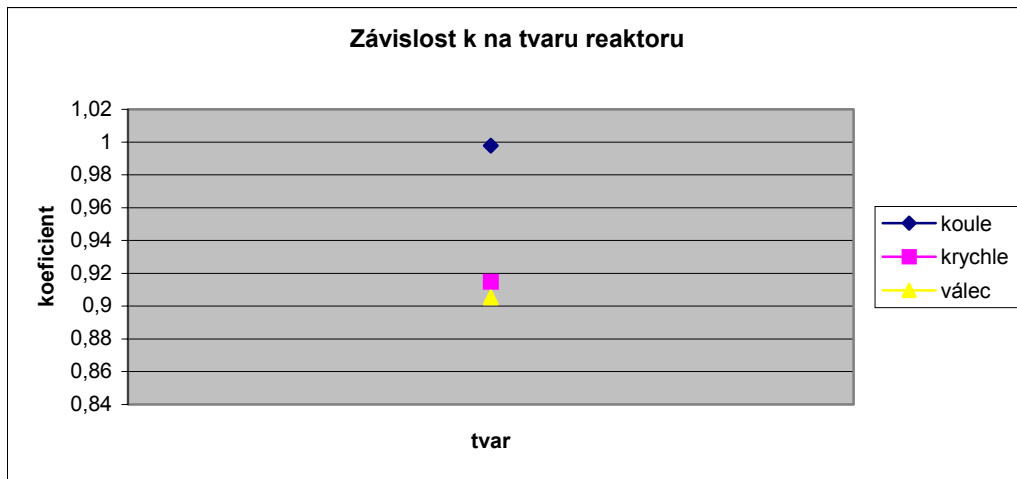
$$k = \frac{n_i}{n_{i-1}}$$

n_i - počet neutronů v generaci

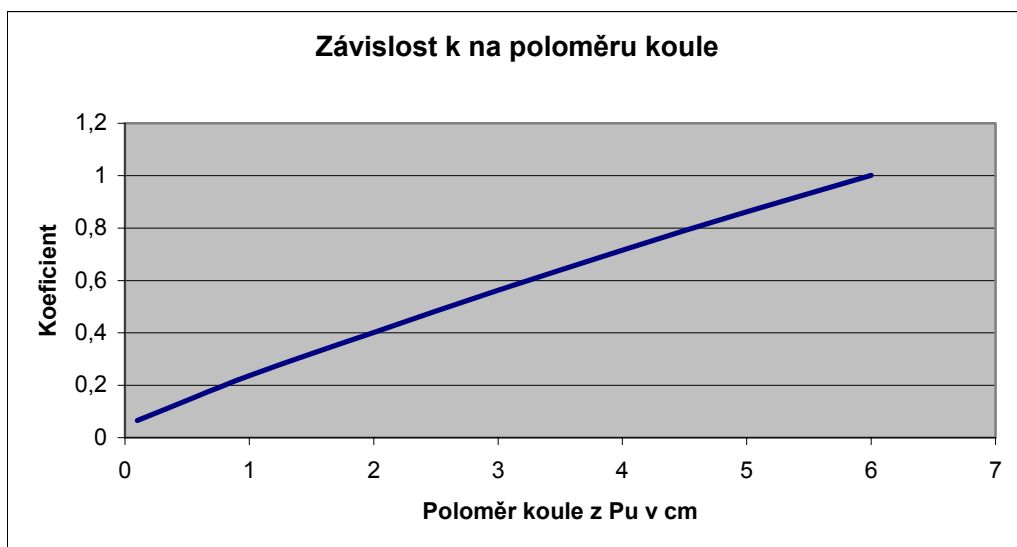
n_{i-1} - počet neutronů v předešlé generaci

Výpočet k v závislosti na tvaru reaktoru

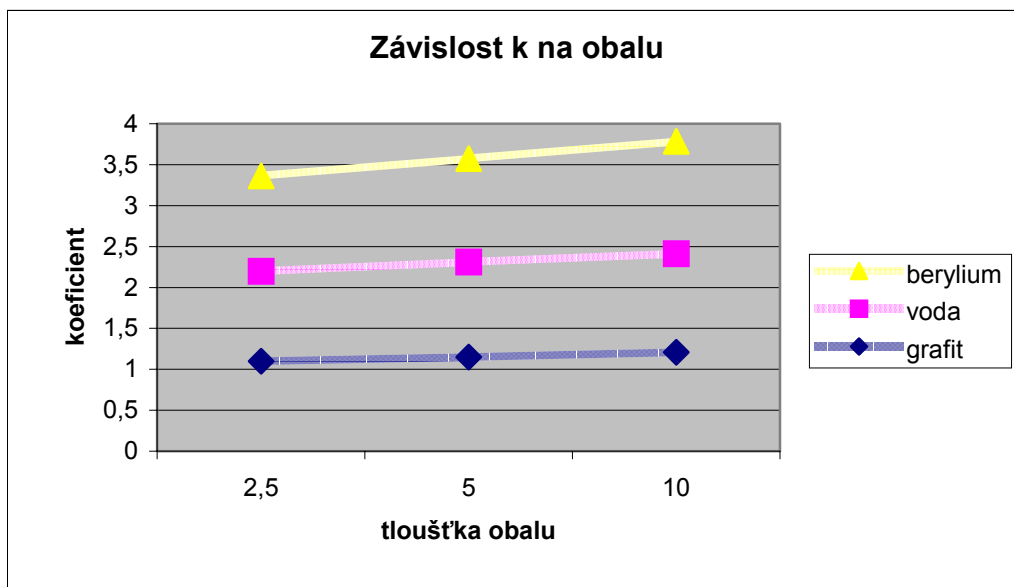
koule ($r=6,38$ cm) byla použita u reaktoru Jezebel,
složení koule: 92,0% ^{239}Pu , 4,3% ^{240}Pu , 0,3% ^{241}Pu , 3,4% Ga, obal z niklu tlustý 0,01 cm,
krychle ($a=10,28$ cm) a válec ($r=7,59$ cm, $v=6$ cm) měly stejný objem (1088 cm³)



Výpočet k v závislosti na poloměru koule



Výpočet k v závislosti na tloušťce a materiálu obalu
plutoniiová koule (stejné složení jako u reaktoru Jezebel) o poloměru 6 cm obalená různými materiály o různé tloušťce



3 Závěr

Naučili jsme se pracovat v MCNP a modelovat v něm různé tvary reaktorů. Reaktor je nejlepší vyrobit ve tvaru koule. Při výrobě obalu reaktoru je důležitá volba jeho materiálu.

Poděkování

Chtěli bychom poděkovat Ing.J.Ratajovi, našemu supervisorovi, a také KJR ČVUT, která nám umožnila přístup na počítače.

Reference:

- [1] OTČENÁŠEK, P.: *Jaderná energetika*, skripta MFF UK Praha, 1989
- [2] SOVADINA, M.: *Energie pro každého*, ČEZ, 2002
- [3] Manuál k výpočtovému kódu MCNP-4A, Oak Ridge National Laboratory