

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Jaderné reaktory a radioizotopové zdroje energie pro výzkum vesmíru
Jméno autora:	Josef Sabol
Typ práce:	bakalářská práce
Fakulta:	Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI)
Katedra:	Katedra jaderných reaktorů (KJR)
Oponent práce:	RNDR. Vladimír Wagner, CSc.
Pracoviště oponenta práce:	Ústav jaderné fyziky AV ČR

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání	náročnější
<i>Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.</i>	
<p>V současné době se člověk vrací na Měsíc, tentokrát na delší dobu, a připravuje se i mise k Marsu, kde se v každém případě předpokládá daleko intenzivnější činnost automatů. To se neobejde bez jaderných zdrojů energie pro dodávky tepla i elektřiny. Na svém jaderném zdroji pracuje i ESA, která například vyvíjí radionuklidový zdroj využívající americium 241, které má nahradit nedostatkové plutonium 238. Bylo by dobré, aby se Česká republika, která je členem ESA, do vývoje radionuklidových zdrojů i jaderných reaktorů zapojila. Téma práce je tak vysoce aktuální. Zadání bylo postaveno ambiciózní, nezůstalo pouze u rešeršního úkolu, ale obsahovalo i zadání konkrétní výzkumné práce.</p>	

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>	
<p>V předložené práci jsou postupně splněny všechny body zadání. V první kapitole je velice kvalitně zpracována historie vývoje vesmírných reaktorů, v kapitole druhé pak stav současného vývoje. Tím se splnil třetí bod zadání. Ve druhé kapitole je také podrobný technický popis jaderného reaktoru KRUSTY, a ve třetí pak je neutronický model a výpočty jeho vlastností pomocí kódu SERPENT. Tím se splnily čtvrtý a pátý bod zadání. Ve čtvrté kapitole je opět velice pěkný přehled historického vývoje a současného stavu v oblasti radionuklidových zdrojů. Tím se splnil první bod zadání práce. V páté kapitole je pak analyzován a popsán časový vývoj klíčových charakteristik modulu GPHS současných amerických radionuklidových zdrojů výpočetním kódem SCALE. Tím se splnil druhý bod zadání práce. Lze tak konstatovat, že byly splněny všechny body zadání, a to ve velmi vysoké kvalitě.</p>	

Zvolení postup řešení	vhodný
<i>Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.</i>	
<p>Student použil jak v rešeršní části, tak v té výpočetní, odpovídající metody a správné postupy. Programy SERPENT a SCALE jsou pro řešení daných problematik vhodné a široce využívané. Z práce je vidět, že si je student osvojil a dokáže je správně používat. Tomu odpovídají i jím získané výsledky.</p>	

Odborná úroveň	výborná
<i>Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.</i>	
<p>Práce má nejen velice pěknou a kvalitní rešeršní část, ale obsahuje i vlastní výzkumnou část věnovanou simulaci vlastností radionuklidových zdrojů a vesmírných reaktorů pomocí výpočetních programů SERPENT a SCALE. I tato výpočetní část je na velmi dobré odborné úrovni.</p>	

Formální a jazyková úroveň

výborná

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

Práce je velice dobře napsaná, pěknou češtinou a mě se rozhodně četla velice pěkně. Našel jsem sice místa, která by se podle mého názoru mohla stylisticky zlepšit (například věta „... ničí ideu bezúdržbovosti.“ není úplně ideální, také popis ionizace jako narážení částic do materiálu místo použití tohoto slova nepovažuji za vhodné) i nějaké překlepy jsem našel. Ale takových míst je minimálně a velice dobrý dojem z textu neruší. Typografická kvalita je velmi dobrá, vhodně se využívá široký potenciál současných editorů. Popisky obrázků jsou většinou dostatečně velké a dobře čitelné. Možná bych použil v grafech tlustší typ čár, ale zde jde možná o subjektivní názor, co je „hezčí“.

Výběr zdrojů, korektnost citací

výborné

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.

Nejen v rešeršních částech student využil poznatky získané z velkého množství zdrojů, jejichž přehled na konci práce obsahuje 70 položek. Pokud to dokážu posoudit, je výběr pramenů velice relevantní a obsahuje většinu klíčových zdrojů v daných oblastech. Forma citace odpovídá formálním požadavkům kladeným na tento typ prací. Už samotný přehled může být užitečným zdrojem pro jeho kolegy a následovníky. Nejistil jsem žádné porušení citační etiky. Podle mého názoru jsou získané znalosti a výsledky vlastní práce od sebe jasně odděleny.

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.

Bakalářská práce má většinou rešeršní povahu. Slouží k tomu, aby se student s tématem seznámil. Tato práce má rešeršní část velice dobře udělanou, a navíc obsahuje i poměrně rozsáhlou samostatnou práci zaměřenou na simulaci vesmírného jaderného reaktoru pomocí programu SERPENT a modulu amerického radionuklidového zdroje pomocí programu SCALE. Rozsah a kvalita bakalářské se blíží úrovni odpovídající diplomové práci.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Vesmírné projekty, a zvláště ty jaderné, jsou pro mě srdeční záležitostí. Proto jsem s potěšením začal číst předloženou bakalářskou práci. A musím konstatovat, že mě nejen nezklamala, ale velice se mi líbila. V rešeršní části je velice pěkný přehled historie a současného stavu v oblasti vesmírných jaderných reaktorů i radionuklidových zdrojů. Pochopitelně bych s některými tvrzeními mohl polemizovat, ale různé aspekty historie mohou být nahlíženy z různého pohledu. Samotná rešerše i studentem uvedený přehled zdrojů je v tomto případě velmi užitečný pro libovolné zájemce o tuto oblast. Určitě ji využiji i já. Modelové simulace jsou sice první nástřelem a zaslouží si podrobnější analýzu vlivu některých parametrů a jejich nejistot na výsledné vlastnosti zdrojů. Předpokládám, že v budoucnu student provede podrobnější analýzu nejistot výsledku jeho simulací. A také, že se třeba podívá i některé další typy zařízení. Jsem moc rád, že v tématu bude pokračovat a těším se na to, že si přečtu jeho další práci.

Ke studentovy mám pár otázek:

1) Je jasné, že popis reaktoru je vždy s jasným zanedbáním. Některá z těchto zjednodušení a zanedbání jsou uváděna i v práci. Byly reálně testovány pomocí variace parametrů sestavy vlivy jednotlivých zanedbání?

- 2) Při modelování charakteristik radionuklidových zdrojů jste použil jeden soubor poměrně velice přesných hodnot až na setiny procenta. Je jasné, že využití různě starých zásob plutonia 238 a omezených možností jejich přečištění vede k tomu, že se bude v reálných zdrojích složení lišit. Jaký vliv by nejistota ve složení a v jaké velikosti mohla mít? Nemohla by být i ona zdrojem rozdílu mezi vypočtenou a reálnou hodnotou výkonu. Souhlasím, že rozdíl může být dán i rozdílem v hmotnosti radionuklidového materiálu, jak uvádí student.
- 3) Byly nějakým způsobem oceňovány nejistoty v určení hodnot parametrů získaných v simulacích?
- 4) V práci je zmíněno, že se v Evropě uvažuje o náhradě plutonia 238 nuklidem americia 241. Plánuje se třeba během výzkumného úkolu simulace tohoto zdroje a jeho vlastností?
- 5) Student píše, že se o jaderném pohonu uvažovalo v případě amerického raketoplánu. Z jakého zdroje tuto domněnku má? Osobně si myslí, že v době, kdy se začalo reálně pracovat na raketoplánu, byly už úvahy o využití jaderných pohonů při přesunu nákladu na oběžnou dráhu Země hlavně z důvodu radiologického rizika zavrženy. Už u toho Saturnu 5, který by nesl lodě k Měsíci, by jaderný pohon byl pouze u třetího stupně, který by pracoval až mimo atmosféru a sloužil spíše pro přechod od nízké oběžné dráhy okolo Země na dráhu k Měsíci. Zdůraznění tohoto mi v práci chybělo.

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **A - výborně**.

Datum: 20.8.2022

Podpis:

