ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

POSUDEK OPONENTA ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

I. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Název práce:	Experimenty na stratosférických balónech a sondážních raketách
Jméno autora:	Jan Lukačevič
Typ práce:	bakalářská
Fakulta/ústav:	Fakulta strojní (FS)
Katedra/ústav:	12122 – Ústav letadlové techniky
Oponent práce:	Jaroslav Urbář, MSc
Pracoviště oponenta práce:	Katedra fyziky povrchů a plazmatu, Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy

II. HODNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH KRITÉRIÍ

Zadání **náročnější**

Hodnocení náročnosti zadání závěrečné práce.

Náročnost rešerše a systematické rozčlenění experimentů pod 10kg je na bakalářskou práci adekvátní, požadavek vyvinutí konceptu nezávislého modulárního univerzálního kontejneru pro balónové a raketové experimenty včetně rozboru požadavků modelového experimentu na modifikace kontejneru je poměrně náročným, vzhledem k množství různých variací experimentů, které se na těchto platformách realizují.

Splnění zadání **splněno s menšími výhradami**

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.

Byla adekvátně provedena rešerše a systematické rozčlenění experimentů pod 10kg i návrh konceptu nezávislého modulárního univerzálního kontejneru pro balónové a raketové experimenty včetně rozboru požadavků modelového experimentu na modifikace kontejneru. Bylo vhodné rozebrat některé další nezbytné modifikace kontejneru vzhledem např. k elektrické kabeláži (více viz níže), avšak toto již nebylo z důvodu rozsahu možné.

Zvolený postup řešení **správný**

Posuďte, zda student zvolil správný postup nebo metody řešení.

Jak sám student uvádí, pro jednotlivé konkrétní experimenty „se nenabízí tak mnoho prostoru k modulaci“. Modularita komponent pro takovéto experimenty opravdu není veliká, avšak variabilita experimentů obrovská. Vzhledem k náročnému zadání tak student zvolil správný postup a dosáhl v rámci možností vhodného řešení.

Odborná úroveň **B - velmi dobře**

Posuďte úroveň odbornosti závěrečné práce, využití znalostí získaných studiem a z odborné literatury, využití podkladů a dat získaných z praxe.

Student uvedl: „V ideálním případě bychom byli schopni na základě vlastností jednotlivých přístrojů vypočíst jejich měrné skupenské teplo“. Zřejmě je však myšlena tepelná kapacita, při standardní situaci neočekáváne skupenské přeměny přístroje (jako je tání, sublimace…), ke kterým by příslušelo jejich měrné skupenské teplo.

Formální a jazyková úroveň, rozsah práce **B - velmi dobře**

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

Student sepsal práci v čitelné formě, pouze jen s řadou menších překlepů. Jen pro upozornění zmiňuji správné znění „Avogadrova konstanta“ a terminologicky přesnější „aeronomická“ místo „aerologická“.

U balistického letu se používá spíše pojem balistické apogeum, apogeum většinou jen u oběžné, elipsovité dráhy.

„..200 km (poněvadž v této výšce jsme již schopni instalovat satelity)“ Stabilita oběžné dráhy družice (také pozor na tento správný český překlad anglického satellite) je ve 200km ještě stále natolik ovlivňována jejím třením o termosféru, že bez kontinuálního urychlování brzy nastane zásadní brždění atmosférou a taková „instalace“ by byla velmi dočasná.

Pozor na „šíření radiových vln“, jedná se o elektromagnetické rádiové vlny, nejedná se o radioaktivní radium.

„by měl být nejméně roven hodnotě uhlopříčky čtverce o straně 10 milimetrů“ Má být správně 10 centimetrů, jedná se zde však o překlep, správnost úvah však vyplývá z dalšího textu. Avšak formulace „přibližně 141,421 milimetrů“ je vzhledem k přesnosti nárysů ISO 2768 a toleranci dle ISO 8015 možná již nevhodná.

Výběr zdrojů, korektnost citací **C - dobře**

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.

Jsou citovány původní zdroje v přijatelné formě, pouze chybí citace nedávného raketového experimentu v rámci projektů REXUS (viz citace níže), kde bylo navrženo identické uspořádání s návrhem modelového experimentu v této práci.

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.

Historické shrnutí výzkumu ionosféry studentem na straně 7 je dosti sporné, vždy byl z důvodů její důležitosti nejvyšší zájem o E vrstvu ionosféry získávaný výzkumem pomocí radarů a pozemních ionosond (již dříve, než od 80.let – kdy nabyly na důležitosti společné srovnávací kampaně raketových a pozemních měření) a uvedené oblasti zájmu byly jistě do značné míry (ač pouze zpočátku) dány pouze příslušnou dostupností sondážních raket. Zkrácení formulací na str. 16 odkazované publikace [6] G. Seiberta do češtiny je však poněkud nepřesné a v tomto zavádějící – ionosféra, resp. elektronová koncentrace již zpočátku raketového výzkumu mohla být zkoumána pozemními ionosondami i ve výškách (70-200 km), avšak rakety přinesly důležitá měření teploty iontů, tlaku a teploty neutrálních částic. V publikaci jsou uvedeny další procesy nezbytné k měření ovlivnění ionosféry in-situ, ne ionosféra jako taková.

Student sice nezapomněl vzít v potaz řadu klíčových požadavků na pravděpodobně vyžadované konfigurace, například mezi dvěma moduly CubeSat ve vertikální konfiguraci na rezervní prostor o výšce 10 milimetrů, který lze využít například pro komunikace, stínicí prvky mezi moduly, či dodatečnou stabilizaci modulů v rámci vnitřního prostoru kontejneru, avšak chybně sečetl celkovou délku těchto vertikálních uspořádání na uváděných 210mm, nikoliv zřejmé „vertikální uspořádání“ 113+113+10= 236mm. Standardní Cubesaty nelze však do navrženého kontejneru umístit delší stěnou přes průměr, jelikož takto by se jednalo o úhlopříčku již 151milimetrů a student navýšil (z důvodu snadnější montáže a výroby kontejneru) vypočtenou úhlopříčku přes kratší 10cm stěny (141,4 mm) pouze na v textu uvedenou hodnotu 150 mm, nedostačující na uspořádání s delší stěnou CubeSatu přes vnitřní průměr kontejneru. V nárysu je již však kótovaná hodnota průměru válce kontejneru 159mm (není zřejmé, zda se jedná o vnitřní průměr), resp. 153 mm u krytu výdutě příruby, která by uspořádání s delší stěnou přes průměr válcového kontejneru již dostačovala.

Díky této skutečnosti uvedené tudíž nezohledňuji jako chybu návrhu, pouze jako nepřesnost v textu.

Zobrazené panely na modulu viz obrázek 10 určené k přišroubování ke gondole stratosférického balónu nejsou optimálním finálním řešením pro gondoly (alespoň ty používané v programu BEXUS) – musela by se vytvořit další redukční montáž. Taktéž studentem navrhované využití pouze jednoho prvku místo zobrazených dvou však vyřeší montáž na gondolu stratosférického balónu pravděpodobně adekvátně.

Výhodou návrhu je více možností využití kontejneru, neboť zvolením tohoto řešení se nabízí využití při experimentech s vakuovými komorami. Pro modularitu a připravenost na různorodé experimenty však není uvažován žádný výstupní konektor a ani pro testování místo vakuové přechodky slouží přímé přišroubování neosazené příruby k vakuové aparatuře, které by zřejmě sloužilo nejen pro vyčerpání plynu z kontejneru vývěvou, ale i pro vedení kabeláže z detekčních zařízení.
Takto by bylo pouze možné testovat dlouhodobě pouze těsnost kontejneru, pokud by uvnitř byl měřák tlaku s dataloggerem, což zřejmě není cílem testů. Lze ocenit fakt, že prezentovaný návrh je rozměrově kompatibilní s vybavením používaným při experimentech na vakuových zařízeních, což může ulehčit testování.
Výhodou též je, že robustní konstrukce opravdu umožňuje používat kontejner jako nosný prvek.

Student dále uvádí, že „pro tento experiment byla zvolena nová, ale poměrně jednoduchá konfigurace, u níž se můžeme domnívat, že zajistí plynulý průběh měření a pomůže nám získat data vedoucí k lepšímu pochopení chování atmosféry“ avšak z uvedených podkladů tohoto dokumentovaného návrhu oponent mnoho inovací vůči již provozovaným měřením neshledal. Koncept odpovídá již realizovanému experimentu, v rámci kterého byly podrobně publikovány další ovlivnění a nepřesnosti měření daným typem detektorů v uvedené konfiguraci dvou exemplářů, zvlášť pro elektrony a ionty. Je popsán ve sborníku 13th IMEKO TC10 Workshop on Technical Diagnostics: Advanced measurement tools in technical diagnostics for systems' reliability and safety, June 26-27, 2014, Warsaw, Poland: v příspěvku Error propagation and signal post-processing in rocket-based experiments.

Modelový návrh experimentu je určen k měření atmosférické vodivosti, avšak zvolená metoda s využitím dvou Aspiračních kondenzátorů přímo poskytuje pouze koncentrace iontů a elektronů a jejich pohyblivosti. Dle nákresu zdají být oba měřící kondenzátory navzájem vodivě spojena „uzemněním“ vůči kostře rakety, což by působilo problémy, ale pravděpodobně takto realizováno nebude. V každém případě navržené měření bude též ovlivněno vodivým povrchem rakety, proto byla často podobná měření z těchto příčin umístěna přímo do špičky (nosecone) rakety k co nejvyšší eliminaci těchto vlivů. V uvedeném shrnutí zpracování a vyhodnocení dat např. korekce na vzdušnou vlhkost nezmíněna, ale všechny tyto poznámky uvádíme pouze pro informaci pro studenta – předmětem bakalářské práce byl pouze rozbor požadavků modelového experimentu na modifikace kontejneru a ne návrh vlastního experimentu s ohledem získání použitelných dat pro vědecké analýzy.

III. CELKOVÉ HODNOCENÍ, OTÁZKY K OBHAJOBĚ, NÁVRH KLASIFIKACE

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

Hlavního cíle, návrhu všestranného kontejneru pro různorodé experimenty s možností opakovaného použití, bylo úspěšně dosaženo. Využitelnost je možná, avšak především pro opakované vědecké experimenty - zmiňované studentské experimenty REXUS/BEXUS jsou koncipovány tak, že je cílem právě každý nový experiment zvlášť navrhnout, vypočítat a otestovat materiálové a termické charakteristiky odpovídajícího kontejneru studenty. Nicméně prakticky veškeré takovéto testování je však nutné též realizovat i se začleněným experimentem v kontejneru, takže avizovaná časová úspora je minimální. Využitelnost návrhu je možná především pro experimenty vyžadující vakuové pouzdro (např. pro elektroniku), kde však oponent postrádá větší zaměření na umístění prakticky vždy nutných vakuových přechodek (které nutně naruší počítanou strukturální integritu) pro komunikaci se zbytkem rakety či alespoň napájení, které je u balónů i raket v projektu REXUS/BEXUS téměř vždy nutně vyžadováno a realizováno z centrálního zdroje poskytujícího 28V. Pro nehermetizované umístění lze experimenty v rámci projektů REXUS poměrně jednoduše namontovat přímo na připravený montážní „rack“ uvnitř rakety.

Otázka pro studenta – Uvádíte, že výhodou kontejneru je, že lze do jeho těla vytvořit potřebné otvory, neboť tloušťka stěny je pro takové případy navrhnuta. Jelikož výpočty stability struktury při kritickém zatížení svou náročností značně přesahují povahu práce, můžete alespoň kvalitativně zhodnotit vliv přidávání množství těchto otvorů na různých místech kontejneru na ztrátu stability struktury?

Předloženou závěrečnou práci hodnotím klasifikačním stupněm **B - velmi dobře.**

Datum: 19.8.2015 Podpis: