

RAKETA FALCON A SOUČASNÉ POTŘEBY KOSMONAUTIKY

Prof. Ing. Jan Kusák, CSc.

Příspěvek je členěn do následujících částí:

1. ÚVOD.
2. Raketa Falcon 1.
3. Rakety Falcon 9.
4. Perspektivy dalšího vývoje
Použitá literatura.

1. ÚVOD

V posledních letech se velká pozornost věnuje americkým nosným raketám *FALCON* a *ANTARES*. Na internetových stránkách a v časopisecké literatuře nalézáme nejen odkazy na zdroje pocházející ze společnosti **SpaceX** (založena v r.2002) , ale i úvahy, které jsou poněkud tendenční. V r.2004 se společnost zapojila do programu **COTS** (Commercial Orbital Transportation Services). Po třech neúspěšných startech rakety Falcon 1 se dočkala úspěšné premiéry v září t.2008. **Čím lze vysvětlit, že v tak krátké době společnost, která se provozem kosmických raket nezabývala, dosáhla takového výsledku?** O popularizaci rakety Falcon se zasloužil celou řadou příspěvků zejména Ing. Tomáš Přibyl na stránkách časopisu *Letectví a kosmonautika* [4]. **Předložený příspěvek si klade za cíl doplnit vybrané technické údaje, reálnost těchto údajů a pokusit se o dílčí stanovisko k problematice, jak bude kosmická raketa Falcon vyhovovat současným potřebám kosmonautiky.**

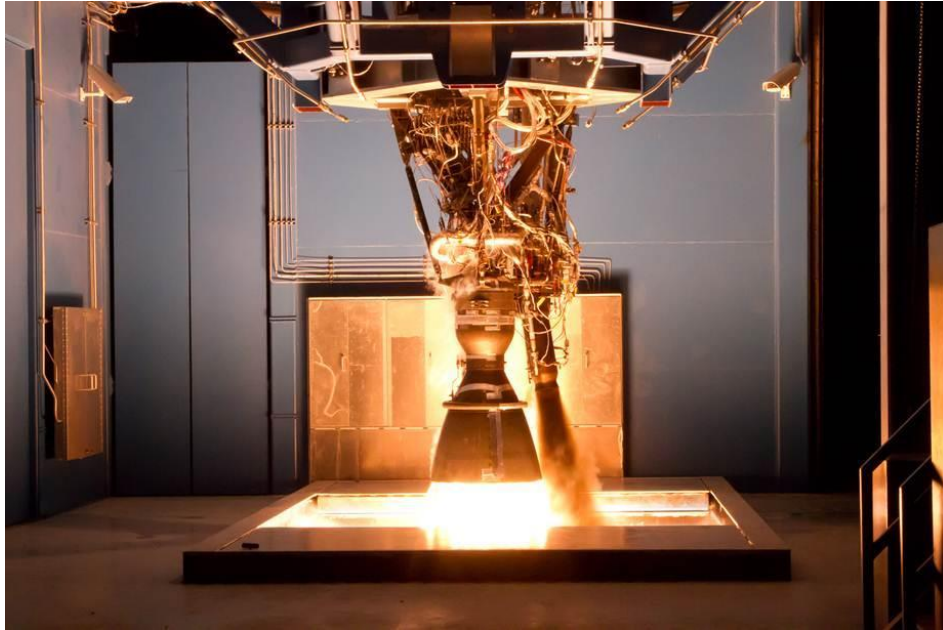
2. Raketa Falcon 1

Dvoustupňová raketa Falcon 1 byla poprvé neúspěšně vypuštěna v březnu 2006, následovaly dva další neúspěšné starty v letech 2007 a 2008. Z celkových 5 startů byly dva poslední lety - 4. (28.9.2008) a 5. (14.7.2009) úspěšné. Kosmická raketa Falcon 1 je spjata s vývojem několika variant (1A, 1B, 1C a 1D) raketového motoru Merlin pracujícího s kombinací složek KPH LOX/RP-1. Pro nosné rakety Falcon 9 byly použity raketové motory Merlin 1C.

U rakety Falcon 1 se proto setkáme s poměrně značně rozdílnými údaji zejména u hmotnosti užitečného zatížení, celkové hmotnosti a délky rakety.

Pro porovnání raket Falcon lze brát do úvahy následující parametry:

- Startovací hmotnost 38,6 t
- Celková délka (včetně délky schránky pro užitečné zatížení) 21,3 m
- Průměr těla u obou stupňů 1,7 m
- Uváděná hmotnost užitečného zatížení na LEO do 0,45 t (zaokrouhлено) – prokázaná letovými zkouškami přibližně polovina
- V obou stupních 1 x Merlin 1C



Obr. 1 Raketový motor Merlin 1D. Zdroj: SpaceX (Wikipedia)



Obr. 2 Příprava kosmické rakety Falcon 1 s raketovým motorem Merlin. Zdroj: Space X (Wikipedia)



Obr. 3 Test motorů rakety Falcon 1. Zdroj: Space X (Wikipedia)



Obr. 4 Start rakety Falcon 1. Zdroj: Space X

3. Raketa Falcon 9

Raketa Falcon 9, která byla navržena především jako prostředek pro zásobování ISS, startovala poprvé (zkušební let s maketou KL Dragon) 4.června 2010, do konce září letošního roku měla na svém kontě celkem 6 letů. Za tu dobu stihla dva zásobovací lety k ISS (22.5.2012 a 1.3.2013) a úspěšný let novější verze

Falcon 9 v.1.1. Pouze při čtvrtém letu starší verze Falcon 9 v.1.0 byl let hodnocen jako částečně úspěšný. Zajímavostí zůstává, že v r. 2011 společnost nevypustila na OD žádnou raketu.

Falcon 9 – **vybrané parametry** (složky KPH v obou stupních LOX/RP-1, turbočerpadlový systém (otevřený systém) dodávky složek KPH z nádrží do SK, regenerativní chlazení SK a trysky RM)

Verze	1.0	1.1
Celková hmotnost rakety (t), zaokrouhleno	333	506
Hmotnost nákladu na LEO (t)	10,4	13,1 (28,5°)
GTO (t)		4,85 (27°)
Cena za start (mil USD)	56,5	
Délka rakety (včetně užitečného nákladu) (m)	54,9 (47)	68,4
Průměr stupňů (m)	3,6	3,6
Počet stupňů	2	2
1. stupeň RM	9 x Merlin 1C	9 x Merlin 1D
výtoková rychlost plynů z trysky RM (m/s) ¹⁾	2697 (2609)	2765 (3295)
2. stupeň RM	1 x Merlin 1C	1 x Merlin 1D
výtoková rychlost plynů z trysky RM (m/s) ²⁾	2981	3050

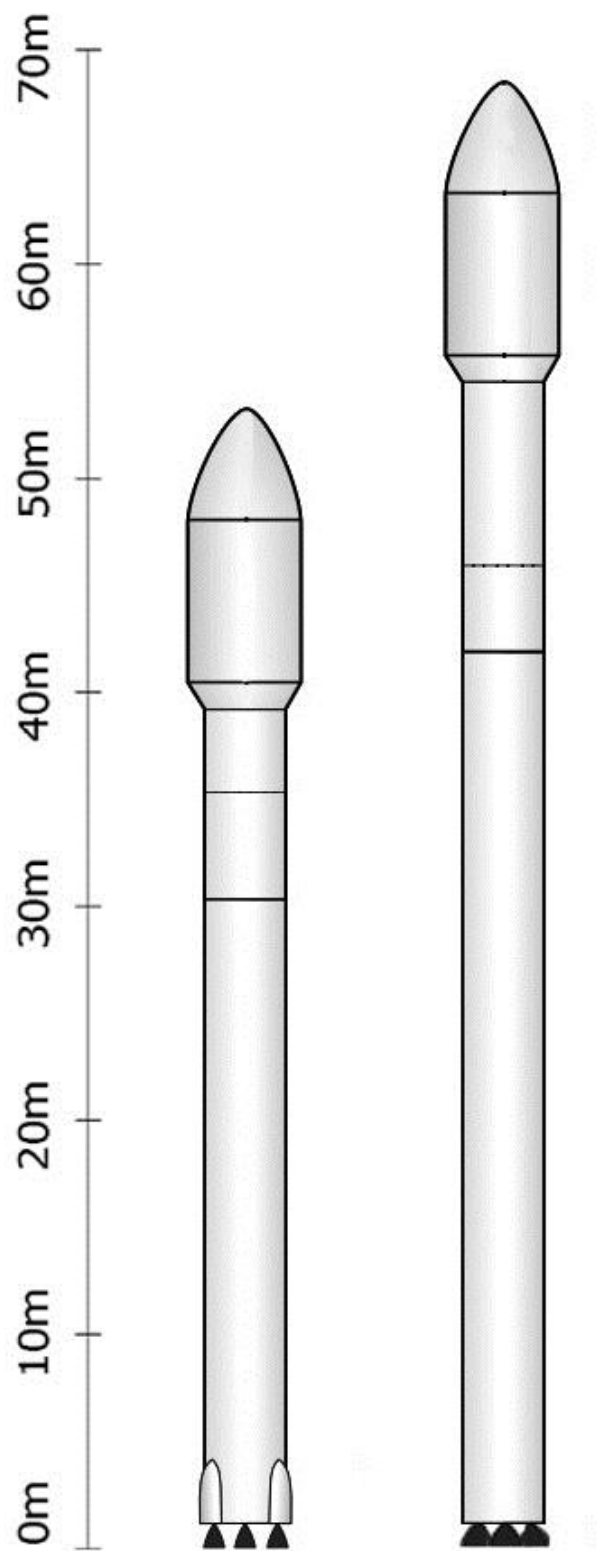
1) při hladině moře (sea level)

2) ve vakuu, vakuová modifikace

Poznámky ke konstrukci:

- uplatnění složek KPH LOX/RP-1 omezuje poněkud celkový impuls tahu při dané hmotnosti KPH ve srovnání s kombinací LOX/LH2,
- kombinace LOX/RP-1 není samozápalná, pro zajištění restartů na OD určitá komplikace konstrukce pro zajištění restartu,
- oddělování stupňů je prováděno speciálním pneumatickým (nikoliv pyrotechnickým) zařízením,
- s ohledem na zjevnou snahu snižovat náklady na vynášení nákladu, je řešena problematika znovupoužití konstrukce 1. stupně (projekt GRASSHOPPER), ta se podepíše na zvýšení hmotnosti rakety nebo snížení hmotnosti vynášeného nákladu. Pokud se v médiích objevila poznámka, že lze takto zachráněnou konstrukci použít až tisíckrát, jde dle mého soudu o zcela nereálné tvrzení.

Přepočítal jsem publikované údaje rakety Falcon 9 v. 1.0 se závěrem, že se mi nepodařilo s přijatelnou chybou přiblížit se k uváděné hmotnosti užitečného zatížení



Obr. 5 Vnější konfigurace raket Falcon 9 v.1.0 a Falcon 9 v.1.1, kresba Ing. Pěchouček

Několik poznámek ke kosmické lodi DRAGON

Dragon je v dostupných pramenech uváděna v několika variantách. Uvedeme zde proto jen pár poznámek a údajů spojených s variantou, se kterou probíhaly první dva zásobovací lety na ISS (7. 10. 2012 a 1. 3. 2013). Před ostrými starty proběhly následující lety: zkušební let s maketou KL Dragon 4. 6. 2010, zkušební let s návratem KL na Zem 8. 12. 2010 a první spojení s ISS 22. 5. 2012. Dosud uvedené lety Dragonu se uskutečnily na raketě Falcon 9, v. 1.0.

Vybrané údaje o KL DRAGON (nákladová varianta):

- celková hmotnost s vynášeným nákladem až 6,0 (8) t,
- **při sestupu na Zem** hmotnost nákladu až 3,3 (3,0) t,
- objem nákladového prostoru 14 (25) m³ s párem solárních panelů, těsně před vstupem do atmosféry se tento blok odhazuje,
- celková (startovací) délka 7,2 (7,5) m,
- průměr 3,7 m,
- objem přetlakovaného prostoru návratové kapsle při sestupu z OD m³ 11 (10) m³,
- návratová část obsahuje navigační a ovládací systém, 18 korekčních RM Draco a je vybavena pro sestup tepelně izolačním štítem a padákovým systémem (2 výtažné a 3 hlavní padáky) – měkké přistání.



Obr. 6 Kosmická loď Dragon. Zdroj:SpaceX

4. Perspektivy dalšího vývoje

Již v r. 2014 se předpokládá start rakety Falcon 9 Heavy (**dnes označované jako FALCON HEAVY**) se dvěma bočními (návesními) boostery (2,5 stupně) s raketovými motory Merlin 1D. Celková hmotnost rakety překračuje 1 400 t, šířka rakety u základny se uvádí 11,6 m a celková délka kolem 69 m. Nejsilnější verze by mohla mít nosnost až 53 t/LEO. Optimisticky laděné předpovědi hovoří o 13,2 t/Mars. **Cena za start je uváděna (závisí na hmotnosti vynášeného nákladu, požadované trajektorii) v rozmezí 77 až 135 mil USD.**

Úsilí vývojářů povede ke snižování kilogramové ceny za vynášený náklad a to i cestou řešení projektu Grasshopper (Kobylka) a uplatněním výkonnějších raketových motorů.

Použitá literatura

- [1] Kusák, J. Základy raketové techniky I. HVM 1976. Kapitola X Raketové nosiče kosmických těles.
- [2] Kusák, J. Kosmické rakety dneška. HVM 1998. Podkapitola 2.3 Raketové motory (str. 53 až 59). ISBN 80-902445-3-X, 83 s.
- [3] Kusák, J. Určení hmotnosti a rozměrů nosné rakety z dílčích údajů o oběžné dráze s hmotnosti užitečného zatížení. Sylaby přednášek ze semináře KOSMONAUTIKA A RAKETOVÁ TECHNIKA. HVM 23. až 25. listopadu 2007
- [4] Příbyl, T. L+K č.7/2010, str. 55 Falcon 9. Premiéra na jedničku; L+K č.10/2010, str. 79 Dragon se (také) učí létat; L+K č.11/2010, str. 61 Falcon se chystá růst; L+K č. 1/2011, str. 95 Triumf Draka; L+K č. 6/2011, str. 44-45 Falcon Heavy. Čeká kosmonautiku revoluce?; L+K č. 2/2012, str. 36-37 SpaceX míří stále výše. Nové projekty ambiciL+K č. 4/2012, str. 36-37 Merlin 1C – srdce rakety Falcon 9; L+K č. 6/2012 str. 52-54 DRAGONický úspěch. První soukromá loď úspěšně dorazila na ISS; L+K č. 12/2012, str. 22-23 Dragon poprvé naostro. Problémům navzdory se komerční lety na ISS úspěšně rozjely; L+K č. 2/2013, str. 18-19 Grasshopper se učí létat. Zařízení pro testování znovupoužitelnosti raket má za sebou premiéru; L+K č. 5/2013 str.18-19 O drakovi, který vstal z mrtvých. L+K č.10/2013 str. 29 Cygnus vítězně v cíli. L+K č.11/2013 str. 28 až 30 Komerční kosmonautika na plný plyn.
- [5] Foto SpaceX