

SPOLEČNÉ VZDĚLÁVÁNÍ PRO SPOLEČNOU BUDOUCNOST

Raketa FALCON – dosavadní výsledky a novinky ve vývoji

Prof. Ing. Jan Kusák, CSc.

1. ÚVOD

Dnešní přednáška navazuje na loňské vystoupení [1], které poskytlo úvodní informace o společnosti SpaceX a o raketách FALCON 1 a FALCON 9 v.1.0 a v.1.1 včetně kosmické lodi DRAGON. Předpokládalo se start nosné rakety FALCON 9 HEAVY již v letošním roce, k jehož uskutečnění bohužel letos nedojde. Našlapaný harmonogram LAUNCH MANIFEST [2] na letošní rok rovněž nelze splnit. Požádal jsem 29.10.t.r. kolegy v zahraničí o upřesnění startů rakety FALCON 9 do konce letošního roku. Podle zatím zveřejněných informací [2] by k prvnímu startu rakety FALCON 9 HEAVY mělo dojít v roce 2015.

Přednáška je proto zaměřena zejména na vybrané výsledky letových zkoušek rakety FALCON 9.

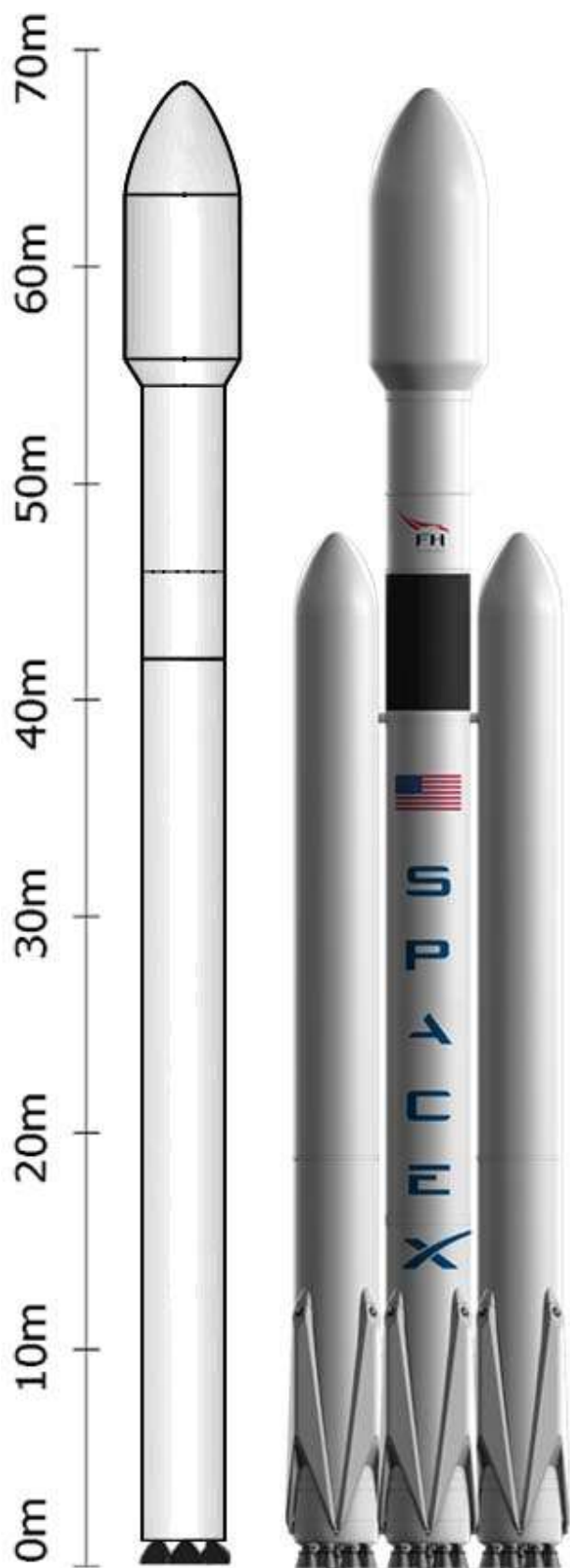
2. Realizované verze nosné rakety FALCON 9 a vybrané výsledky letových zkoušek [1], [2] a [3]

Raketa FALCON 9 byla popsána včetně dílčích výsledků zkoušek ve verzích 1.0 a 1.1 [1].

Zjednodušené siluety obou verzí byly rovněž uvedeny v [1] v loňském roce. Na **obr.1** jsou již zakreslena vyklápěcí raménka ve spodních partiích 1.stupně, která slouží pro orientované (měkké) přistání 1.stupně při návratu zpět na Zemi (úspěšné řešení projektu GRASSHOPPER) .

Po pěti letových zkouškách raket FALCON 1 ze základny Kwajalein (2006 až 2009), při kterých byly odzkoušeny po předchozích statických zkouškách i raketové motory Merlin C a Merlin D, přišly na řadu rakety FALCON 9 – první zkušební let ve verzi 1.0 se uskutečnil v červnu **2010** (4.6. došlo k vypuštění makety KL Dragon na LEO), následoval ještě jeden start v prosinci téhož roku (8.12. první bezpilotní zkušební let KL Dragon – po oddělení od 2.stupně rakety a několika-hodinovém manévrování na OD KL úspěšně přistála v Tichém oceánu). Následovala letová **přestávka v roce 2011**. V roce **2012** startovaly z kosmodromu Cape Canaveral dvě rakety FALCON 9 pro NASA (22. května 2012 byla raketou Falcon 9 vynesena kosmická loď Dragon která se 25.5. spojila s ISS, posádce přivezla půl tuny nákladu jako zásoby potravin, oblečení a počítače (31.5. se KL úspěšně vrátila na Zemi) - **byl to první případ připojení soukromé kosmické lodi s nákladem k ISS**, druhý zásobovací let následoval v roce 2013. V roce **2013** startovaly tři rakety FALCON 9 (dvě z Cape Canaveral a jedna z Vandenbergu). Všechny lety byly hodnoceny jako

úspěšné. Zvláštní pozornost si zaslouží i let zahájený 3.12.2013, kdy raketa FALCON 9 v.1.1 úspěšně vynesla telekomunikační družici SES 8 na dráhu GTO (první let této rakety na dráhu GTO).



Obr.1 Zleva náčrt rakety FALCON 9 v.1.1 [1] a FALCON 9 HEAVY [2]

V roce 2014 šlo podle [7], [8] a [9] o následující aktivity (dostupné informace do konce září 2014) :

- celkem 6 letů rakety FALCON 9,
- 6. ledna vypuštění telekomunikační družice THAICOM 6 o hmotnosti 3325 kg raketou FALCON 9 v.1.1,
- 18.4. **třetí zásobovací let pro ISS Dragon CRS-3** (spolu s CRS-3 vypuštěno 5 satelitů o velmi malé hmotnosti – viz L+K 6/2014, str. 69), Dragon přivezla více jak 2 t nákladu, připojení se k modulu Harmony ISS 20.4., v dalším měsíci (18.5.) první přistání KL Dragon CRS-3 v Atlantickém oceánu,
- 14.7. **ORBCOMM OG2** šest telekomunikačních družic společně vypuštěno raketou FALCON 9 v.1.1, 10. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9,
- 5.8. **ASIASAT 8** telekomunikační družice o startovní hmotnosti 4850 kg s předpokládanou životností 15 let na GTO, 11. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9,
- 7.9. **ASIASAT 6** telekomunikační družice na dráhu GTO (průměr schránky s užitečným zatížením 5,6 m, 12. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9,
- start 21.9. Dragon **CRS-4**, připojení k ISS **23.9.** čtvrtý náklad 5000 lb, 13. úspěšný let v řadě rakety FALCON 9.(2,22t/1,49t)

10.5.2014 oznámeno, vyřešení a následné veřejné předvedení KL Dragon v.2 pro pilotované lety.

V červnu 2014 zkušební raketa FALCON 9 letěla (vystoupala) do výšky 1000 m, poté měkké přistání (úspěšné odzkoušení).

Dne 31.7. oznámeno, že Air Force certifikovalo FALCON 9 pro program EELV (11.6.).

16.9. NASA vybrala společnost Space X do programu pilotovaných kosmických letů.

17.9. NASA hodlá v r. 2017 používat nosné rakety s posádkou, vybrány byly soukromé společnosti Boeing a Space X. Používány mají být moduly CST-100 a Dragon s nimiž uvedené společnosti vyhrály výběrové řízení [9].



Obr. 2 Start FALCON 9 (6.1.2014)



Obr. 3 FALCON 9 (6.9.2014)

22.10. oznámeno zkompletování 100. RM Merlin 1D

Stávající předpoklady – v období let 2014 až 2018 vypustit celkem 40 raket FALCON 9 a FALCON 9 HEAVY. Napočítal jsem jich po prostudování dostupných literárních podkladů 39.

3. Porovnání parametrů rakety FALCON 9 v.1.1 a FALCON 9 HEAVY

Nosná raketa		FALCON 9 HEAVY	FALCON 9 v. 1.1
Celková hmotnost rakety (t)		> 1400	506
Hmotnost nákladu na LEO (t)		53,0	13,1
Délka rakety (včetně užitečného nákladu) (m)		min 69 ? 4)	68,4
Průměr stupňů (m)		3,6	3,6
Počet stupňů		2,5 3)	2
1. stupeň	RM	3x9 x Merlin 1D	9 x Merlin 1D
výtoková rychlost plynů z trysky RM (m/s) 1)		2765	2765
2. stupeň	RM	1 x Merlin 1D	1 x Merlin 1D

- 1) při hladině moře (sea level)
- 2) ve vakuu, vakuová modifikace
- 3) středová část prvního stupně + 2 boční (návesné) boostery 1. stupně
- 4) podle rozměrů schránky s užitečným zatížením

Poznámky ke konstrukci:

- uplatnění složek KPH LOX/RP-1 výrazně omezuje celkový impuls tahu při dané hmotnosti KPH ve srovnání s kombinací LOX/LH2,
- kombinace LOX/RP-1 není samozápalná, pro zajištění restartů na OD složitější konstrukce,
- 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 dílčím zvýšení hmotnosti rakety nebo snížení hmotnosti vynášeného nákladu. Optimistický odhad - další snížení ceny za start rakety (v porovnání k již snížené ceně v polovině roku 2014) kolem 10%..

4. Porovnání parametrů rakety FALCON 9 a rakety ANGARA

Porovnání je obtížné, spíše však nemožné – existuje různý stav ve vývoji, realizovaných počtech, plánech do budoucna a hlavně finančních zdrojích. Proto uvedeme jen pár informací.

Raketa	ANGARA ¹⁾	FALCON 9 v.1.1
Počáteční hmotnost (t)	170	506
Počet stupňů	2	2
Nosnost na LEO (t)	3,7	13,1
Průměr stupňů (m)	2,6	3,6
Délka (m)	40,6	68,4
RM 1.stupně	URM	9xMERLIN 1D
RM 2.stupně	Blok 1	1xMERLIN 1D
Rok 1. Startu	9.7.2014 ²⁾	2010

1) ANGARA 1-2, údaje uváděné v r. 1999

2) Suborbitální let rakety Angara 1-2, uváděné údaje v tabulce nemusí odpovídat raketě vypuštěné na suborbitální dráhu 9.7.2014

5. Plánované letové zkoušky rakety FALCON 9 HEAVY

V materiálech [7] se počítá s raketou FALCON 9 HEAVY se dvěma starty v roce 2015 a s jedním startem v roce 2017.



Obr. 4 Představa malíře o startu rakety FALCON 9 HEAVY (předpoklad prvního startu v roce 2015)

Použitá literatura

- [1] Kusák, J. *Raketa FALCON a současné potřeby kosmonautiky*. Sylaby přednášek ze semináře KOSMONAUTIKA A RAKETOVÁ TECHNIKA 22. – 24. listopadu 2013, str. 17 až 20
- [2] FALCON 9 HEAVY Space X
- [3] Foto Space X
- [4]Kusák, J. *Základy raketové techniky I.*HVM 1976. Kapitola X Raketové nosiče kosmických těles
- [5] Kusák, J. *Kosmické rakety dneška*. HVM 1998. Podkapitola 2.3 Raketové motory (str. 53 až 59). ISBN 80-902445-3-X, 83 s
- [6] Kusák, J. *Určení hmotnosti a rozměrů nosné rakety z dílčích údajů o oběžné dráze a hmotnosti užitečného zatížení*. Sylaby přednášek ze semináře Kosmonautika a raketová technika. HVM 24 až 25. listopadu 2007, 7 s
- [7] Launch Manifest Space X
- [8] Space X Wilkipedie
- [9] NASA se vrací, Rakety s posádkou vypraví v r. 2017-Aktuálně,cz_cz.mht 17.9.2014



Obr. 2 Start FALCON 9 (6.1.2014)



Obr.3 FALCON 9(6.9.2014)



Obr. 4 Představa malíře o startu rakety FALCON 9 HEAVY (předpoklad prvního startu v roce 2015)