



Dne 4. dubna 1968 startuje druhý Saturn V

APOLLO 6

KRŮČEK OD KATASTROFY

Po prvním číťankově úspěšném startu Saturnu V byla v dubnu 1968 připravena k letu druhá raketa téhož typu. Všichni čekali hladké zopakování premiérové mise, jenže nakonec jen zázrakem nedošlo ke katastrofě.

Jedním z největších problémů, které konstruktéři Saturnu V už při vývoji řešili, byl tzv. pogo-efekt (pojmenování získal podle skákací tyče, pogo). Jde o to, že hoření ve spalovací komoře raketového motoru není stabilní. Obecně pogo-efekt vzniká tak, když je tlak ve spalovací komoře přenesený do přívodu paliva – tím do motoru proudí méně paliva a tlak ve spalovací komoře poklesne. Nižší tlak v komoře a stlačené palivo v potrubí znamená, že dochází ke vstříknutí většího množství paliva do komory. Jeho spálením bleskově naroste tlak, který zase zatlačí na palivo v potrubí – a tak pořád dokola. Na první pohled nejde o pozorovatelné cykly, ale v praxi jich jsou stovky nebo tisíce za sekundu. Pokud tento cyklus dosáhne rezonanční frekvence, může vzniknout zpětná vazba schopná raketu roztrhat na kusy. Pro představu o závažnosti tohoto problému: protože v době

vývoje Saturnu V nebyl dostatečně zvládnutý a protože neexistovaly superpočítače schopné jej simulovat, měla na jeho studování a řešení NASA i kontraktoři vyčleněno přes tisíc inženýrů a techniků!

U prvního stupně Saturnu V pak byl pogo-efekt zesílený tím, že motory F-1 byly uloženy v konstrukci tvaru X. Zatímco čtveřice na krajích se opírala o konstrukci prvního stupně a přenášela na něj svůj tah, prostřední motor nebyl o nic „opřený“. Když pracoval, prohnul střed konstrukce X směrem vzhůru. A jak se měnil v závislosti na pogo-efektu jeho tah, zužoval a rozšiřoval přívody paliva, čímž mohlo za určitých okolností dojít ke znásobení efektu.

A přesně to se stalo při druhém letu Saturnu V v dubnu 1968. Dvě minuty po startu raketu postihly silné vibrace, které trvaly po zbývajících třicet sekund činnosti prvního stupně. Sledovací kamery dokonce zaznamenaly, jak z rakety odpadly některé prvky (později se zjistilo, že šlo „jen“ o izolaci z krytu prostoru pro lunární modul). Kdyby byla na palubě posádka, bylo by nutné aktivovat záchranný systém. Vibrace totiž dosáhly až život ohrožující frekvence.

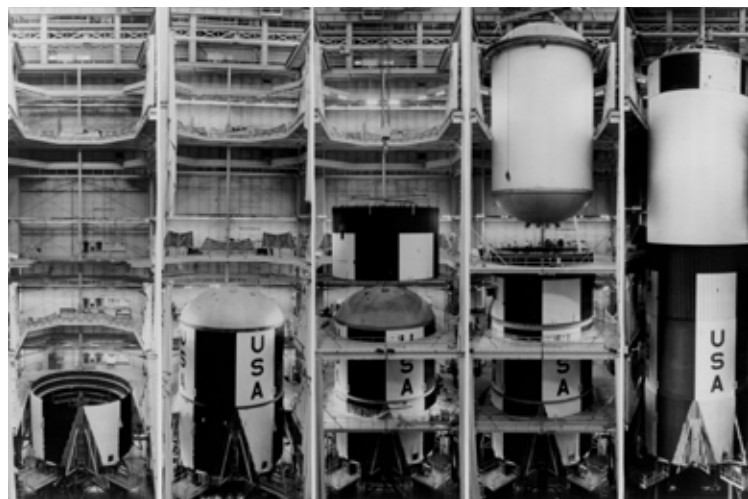
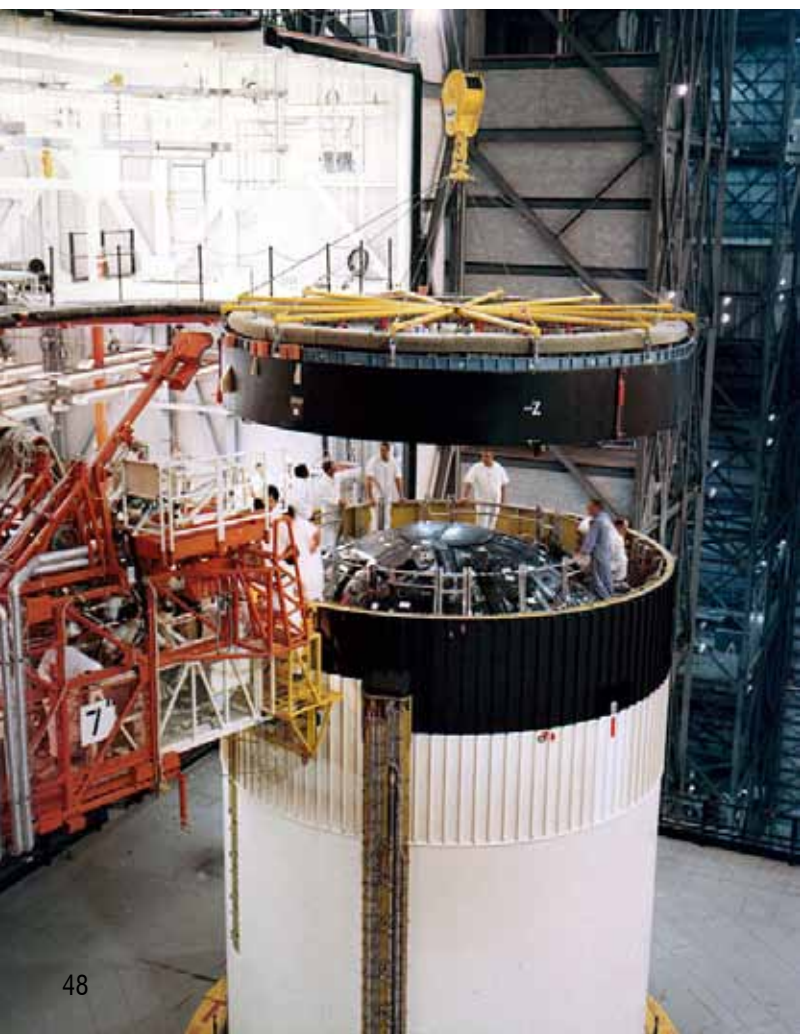


Druhá raketa Saturn V měla v dubnu 1968 jen potvrdit úspěch první



Dno prvního stupně Saturnu V S-IC bez instalovaných motorů odhaluje jejich uložení: kvarteto na okrajích je opřeno pevně, středový je umístěný hodně volně na konstrukci tvaru X

Montáž druhého stupně S-II; nikdo ještě netuší, že jeho motory jsou špatně propojené



Pětice fotografií zachycuje sestavování prvního stupně Saturnu V z jednotlivých konstrukčních prvků

Saturn V byl natolik rozměrný, že mezi nádržemi byly umístěny pracovní lávky pro techniky, které byly před startem z důvodu úspory hmotnosti demontovány

Posádka na palubě nebyla, ale pogo-efekt si vyžádal svoji daň na druhém a třetím stupni. Došlo totiž k poškození přívodu paliva do zařízení ASI (Augmented Spark Igniter). Zatímco některé raketové motory stačí jednou zapálit a následně hoří samy, kyslíko-vodíkové potřebují trvalý zapalovač, jinak mohou zhasnout. Každý motor J-2 tak měl svůj malý „věčný plamínek“ v podobě zařízení ASI: s trochou nadsázky by se dalo říci, že jde o raketový motor uvnitř motoru. Využívá totiž stejné pohonné látky, jen zapalované jiskřením.

Do motoru J-2 číslo 2 na druhém stupni bylo poškozeno potrubí přivádějící kapalný vodík do ASI. Jenže přes ASI do motoru dále proudil – nespalovaný – kyslík. Tím se změnilo hoření s přebytkem paliva na hoření s přebytkem okysličovačla. V důsledku toho narostla teplota plamene, která je jinak pečlivě kontrolovaná. Protože motor pracuje na hranici možností materiálu, tak při hoření s přebytkem okysličovačla začne hořet nejprve stěna trysky a pak i jeho další součásti.

Problém se objevil 225 sekund po startu. Řídicí počítač jej detekoval, ale až ve 412. sekundě vybočil z povolených limitů (velmi pravděpodobně došlo právě ke vzplanutí stěny trysky), takže vydal povel k jeho předčasnému vypnutí. Jenže... Vinou špatně propojené kabeláže vedoucí do přístrojové jednotky IU byl vypnutý jiný motor J-2! Naštěstí měl druhý stupeň vlastní detekční systém, který problém také zaregistroval a problematický motor vypnul. Namísto pěti tak Saturn V pokračoval jen se třemi funkčními motory druhého stupně.

Během funkce třetího stupně se pak objevily podobné odchylky jako u inkriminovaného motoru druhého stupně před nouzovým vypnutím. Naštěstí se podařilo vynášený náklad dopravit na oběžnou dráhu, nicméně nepodařilo se třetí stupeň restartovat. Plán letu zkušební lodi Apollo 6 tak bylo nutné změnit: kvůli nepovedenému druhému zážehu stupně S-IVB se nepodařilo loď nasměrovat do atmosféry plánovanou rychlostí 11 km/s, ale o zhruba kilometr za sekundu méně. I tak ale byla mise hodnocena jako úspěšná – příště už měla loď i raketa nést astronauty.



Odhození pomocné konstrukce mezi prvním a druhým stupněm. Často jsou tyto záběry označovány jako „Apollo 11“, ale vznikly právě při startu druhého Saturnu V s lodí Apollo 6 (natáčené byly na filmový pás a následně přistávaly do oceánu v malých modulech)

ZÁCHRANNÝ SYSTÉM

Pokud by selhala nosná raketa, tak Saturn V měl potenciál explodovat silou ekvivalentu mnoha set tun TNT. Aby se zvýšila šance posádky na přežití (každý záchranný systém jen představuje výměnu jisté smrti za nejisté přežití), byla loď Apollo vybavena systémem LES (Launch Escape System). Šlo o „záchrannou věžičku“, která by v případě potřeby dopravila do bezpečí – katapultovala – velitelský modul s astronauty. Celý systém byl vysoký 10 m, měl hmotnost 3,6 t a jeho maximální průměr byl 1,2 m. Na první pohled primitivní zařízení („stačí jen zapálit raketový motor“) bylo velmi sofistikované, skládalo se z hlavního únikového motoru, motoru odhazovacího a malého odkláněcího motoru (ten měl zajistit odklon letu kabiny nad oceán při aktivaci systému na rampě nebo v úvodních fázích letu). Hlavní únikový motor byl schopen vyvinout tah 652 kN po dobu 3,2 s. Aby nebyla kabina s astronauty poškozena při aktivaci systému (zvláště pak šachty s padáky umístěné v horní části), chránil ji speciální kryt. Ten se i s celým systémem LES odděloval po zážehu druhého stupně, kdy se Saturn V nacházel v dostatečně velké výšce. Zde je řídká atmosféra a případné následky výbuchu by byly nesrovnatelně mírnější než v hustých vrstvách atmosféry (tlaková vlna zde nevzniká). Záchranný systém nebyl nikdy v praxi použitý, nicméně se dočkal celé řady testovacích a kvalifikačních zkoušek.

