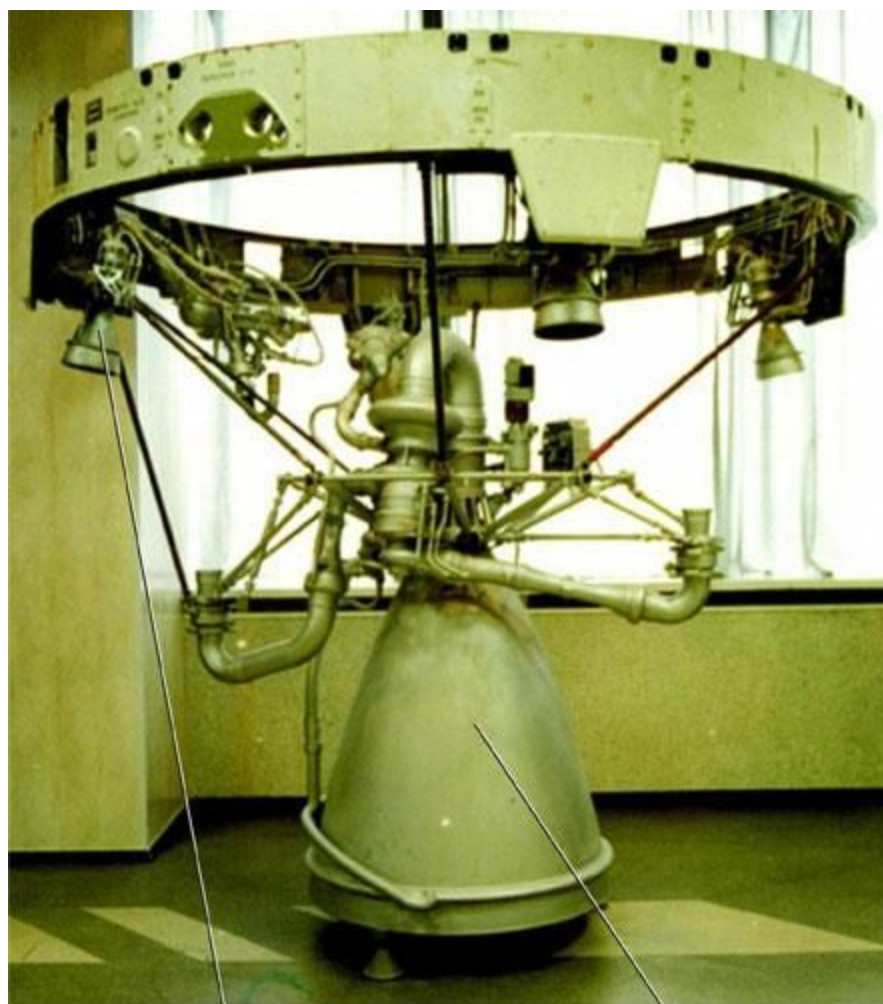


Příloha č. 1

Konstrukce raketového nosiče (RN) 15A35 a jeho takticko technická data

RN je dvoustupňový, systém „tandem“ s postupným oddělením stupňů. Nosič je na kapalné pohonné hmoty (KRPH), jimiž jsou tetraoxid dusíku a asymetrický dimethylhydrazin.

První stupeň má čtyři letové raketové motory RD-0233, palivové nádrže tvoří nosnou konstrukci nosiče a pro oddělení od druhého stupně jsou použity čtyři brzdící motory na tuhé pohonné hmoty (TPH) umístěné v zadní části nosiče. **Druhý stupeň** má stejné schéma, je použit jeden letový motor RD-0235 a navíc čtyři korekční motory RD-0236



РД0236

РД0235

I u druhého stupně jsou brzdící motory pro oddělení od **třetího stupně**, na kterém je uložen přístrojový blok pro oddělení bojové hlavičky s raketovým motorem (RM) RD-0237, **navigační inerciální systém řízení letu** a dva aerobalistické kryty bojového bloku.



Inerciální systém řízení rakety BCVM 15L579 byl vyvinut na Ukrajině v Charkovském naučném institutu (dnes firma Chartron). Za zmínku stojí přesnost navedení rakety pro maximální vzdálenosti letu s **kruhovou odchylkou 350 m**. Rakety byly také vybaveny systémem protiraketové obrany.

Základní takticko technická data RN 15A35:

Délka doletu rakety, km	10000
Délka nosiče, m	24.3
Maximální průměr nosiče, m	2.5
Startovací hmotnost, t	105.6
Hmotnost bojové hlavice původní / Avangard, kg	4350/2000
CEP, km	0.35
Garantovaná doba použití, let	33
RM 1 stupně	
- tah ve vakuu, kN	2070
- tah na úrovni moře, kN	1870
- specifický impuls ve vakuu, s	310
- specifický impuls na úrovni moře, s	285
- doba hoření motoru, s	121
RM 2 stupně	
- tah ve vakuu (letový), kN	240
- specifický impuls ve vakuu (letový), s	320
- doba hoření motoru (letový), s	183
- tah ve vakuu (korekční ve svazku), kN	15.76
- specifický impuls ve vakuu (korekční), s	293
- doba hoření (korekční), s	200

A protože v tabulce pro RN 15A35 jsou veškeré potřebné veličiny, můžeme provést pomocí vztahů pro specifický impuls, základů mechaniky a Ciolkovského rovnice výpočet základních parametrů rakety.

Výsledné hodnoty pak jsou:

TWR = 1,848 (pro raketu Avangard)

je větší než 1, tzn., že raketa je schopna opustit odpalovací šachtu (na videu MO RF je zřetelně vidět pomalý začátek počátku letu rakety)

pro představu, např. Saturn V má hodnotu TWR=1,52 pro 1 stupeň rakety

$\Delta v = 7\,676\text{ m/s}$ (27,6 M) – konečná maximální rychlost

ve výsledku je zahrnut i impuls od korekčních motorů,

můžeme zmínit, že 1 kosmická rychlost má hodnotu $v_1 = 7,911 \cdot 10^3\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (28,48 M)

Dále můžeme například uvést, že pro převedení **Avangardu na dráhu jako satelit**, je potřebná **výška 410 km** (platí pro maximální rychlost). Celková **doba hoření RM je 504 s** (zhruba 8,4 minut).

(Při výpočtech samozřejmě nejsou zahrnuty takové veličiny jako odpor vzduchu v zemské atmosféře, gravitační působení slunce apod.)

RN 15A35 se s ohledem na svoje kvality technických parametrů stal základem lehkých raket Rokot (pro dopravu malých družic na orbitu) a po úpravách 1 a 2 stupně na moduly URM-1 a URM-2, základem programu Angara (vypouštění satelitů a družic zejména pro vojenské účely). Na rozfázovaném startu rakety Angara-5 (pomineme li 4 přidavné motory – boostery, pro zvýšení nosnosti nákladu na 35 tun) je pak vidět postupný chod jednotlivých motorů, včetně brzdících až po vypuštění satelitu – v našem případě Avantgardu (nejmenší raketou programu je Angara A-1.2 sestavená z modulů URM-1 a URM-2 a přechodového bloku).

Na spodní liště videa pak jsou patrné letové charakteristiky letu na orbitu. **Při našem výpočtu:**

- **1 st.** dosáhl rychlosti 4 286 m/s (15,4 M), Angara 4 807 m/s (17,3 M) při výšce 161 km;
- (odhození aerobalistických krytů je na videu při rychlosti 4 856 m/s a výšce 170 km);
- **2 st.** dosáhl výpočtem rychlost 7 304 m/s (10,8 M), Angara 7 144 m/s při výšce 215 km;
- ve výšce 217 km při rychlosti 7 144 m/s a ve vzdálenosti zhruba 3 000 km od místa startu se odděluje 3 přechodový stupeň a následně satelit – ŘBB Avangard;
- **celková doba letu od startu po uvolnění ŘBB je 755 s**, tj. 12,6 minuty.

Námi spočítaná rychlost po dohoření 2 st. má hodnotu **7 304 m/s (26,3 M)**.

Schéma letu rakety Angara:

<https://youtu.be/TuzZ5mVljq8>