

Оценка массового совершенства одноступенчатой ракеты

При заданных свойствах топлива

Дано:

Топливо (горючее + окислитель):

- несимметричный диметилгидразин («гептил»)**
- + тетраоксид азота («амил»)**
- жидкий водород + жидкий кислород;**

Конечная скорость – I космическая скорость (окр. до 8 км/с);

Расстояние орбиты от Земли – 200 км;

Удельные импульсы:

- для НДМГ+ N_2O_4 – 326 с**
- для H_2+O_2 – 470 с;**

Масса полезного груза – 10 т;

Общая масса ракеты – 100 т;

Замечание:

При наборе требуемой скорости было разрешено пренебрегать её потерями, что означает: гравитационные и аэродинамические потери можно не рассматривать.

Расчёты будут производиться по формуле Циолковского:

$$V = u \cdot \ln(M_0 / M)$$

$$V_{max} = u \ln \frac{M_0}{M_k}$$

V – конечная скорость ракеты

u – скорость истечения продуктов сгорания из сопла ракетного двигателя

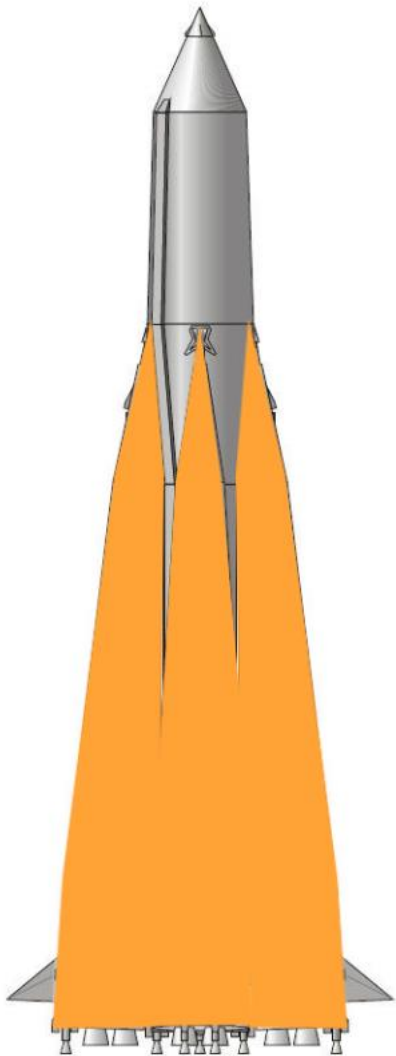
M_0 - начальная масса ракеты

M – конечная масса ракеты

Преобразование формулы:

$$V = u^* \ln(M_0 / M) \quad \Rightarrow \quad M_0 / M = e^{V/u} \quad \Rightarrow \quad M / M_0 = e^{-V/u}$$

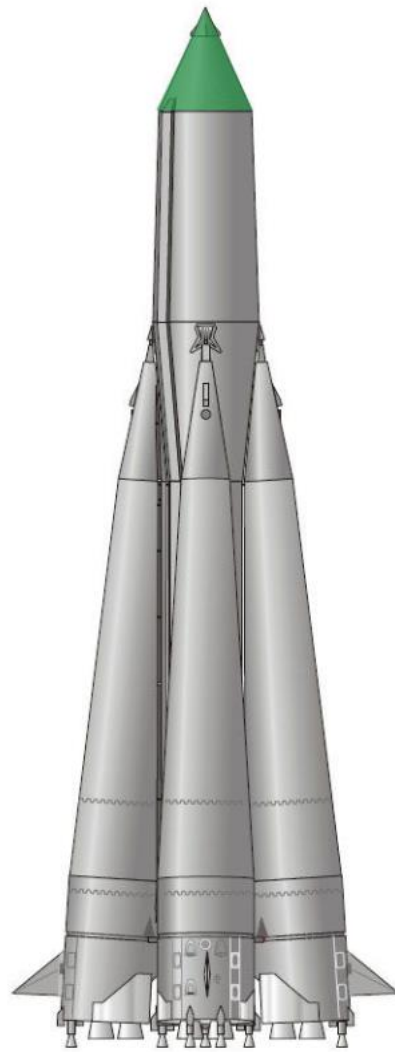
Конечная масса ракеты это, по сути, первоначальная масса ракеты без массы топлива. По последней формуле можно определить отношение массы полезного груза и каркаса ракеты к общей массе ракеты, т.е. какую часть составляет масса без топлива ко всей массе ракеты.



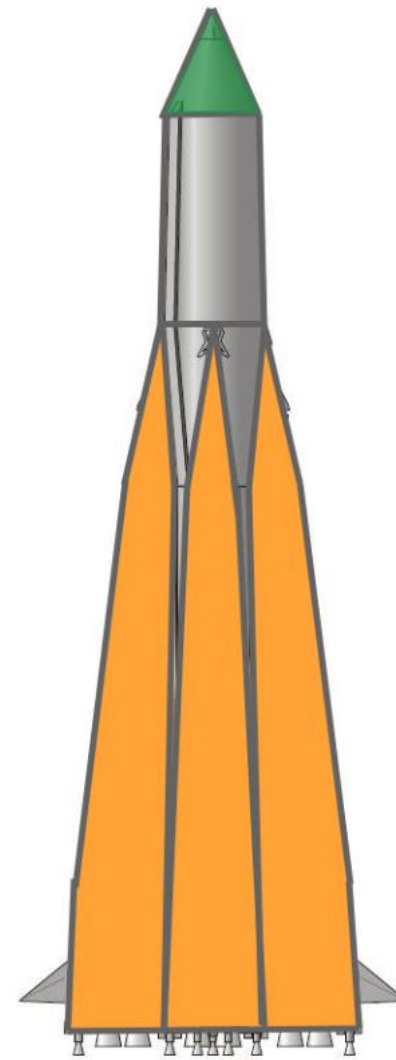
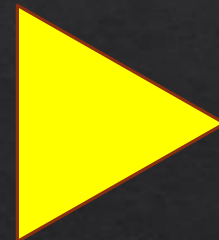
**Масса
топлива**



**Масса
каркаса**



**Масса
Полезного груза**



**Масса
начальная**

Скорость истечения продуктов сгорания из сопла ракетного двигателя и удельный импульс не то чтобы взаимозаменяемы, но примерно равны в наших условиях.

Горючее	Окислитель	$\alpha_{ок}$	K_m	$T_{кс}$ К	$I_{у.п.ид}$, м/с	$\rho_{г}$, г/см ³
Керосин	HNO ₃	0,70	3,757	2914	2870	1,285
Керосин	AK-20	1,00	5,370	3200	3029	1,384
Керосин	O _{2ж}	0,80	2,726	3799	3475	1,036
НДМГ	AK-20	1,00	3,368	3204	3123	1,283
НДМГ	N ₂ O ₄	0,95	2,919	3516	3291	1,189
НДМГ	O _{2ж}	0,90	1,923	3799	3586	0,988
H _{2ж}	O _{2ж}	0,70	5,556	3483	4378	0,345
H _{2ж}	F _{2ж}	0,80	15,08	4971	4616	0,670
B ₅ H ₉	O _{2ж}	0,70	2,128	4215	3751	0,898

Таблица на предыдущем слайде содержит нужные нам удельные импульсы, но:

- они выражены в других единицах измерения (м/с)**
- они даны для идеальных условий (пустоты)**

В «Дано» же предоставили величины в секундах; Связано с тем, что они связаны с весом, тогда как в таблице значения связаны с «массой». Их коэффициент пропорциональности – значение нормального ускорения свободного падения = 9.80665 м/с².

$$u_1 = 326 * 9.80665 = 3\,196,9679 \approx 3197 \text{ (м/с)}$$

$$u_2 = 470 * 9.80665 = 4\,609,1255 \approx 4609 \text{ (м/с)}$$

«Гептил» + «Амил»

$$M / M_0 = e^{-v/u}$$

$$M / M_0 \approx 0,0818926571$$

Значит, при общей массе в 100 т, масса без топлива будет равна примерно 8,19 т, что меньше требуемой массы полезного груза.

С таким топливом достичь требуемых результатов нельзя!



$$M / M_0 = e^{-v/u}$$

$$M / M_0 \approx 0,1762706938$$

Значит, при общей массе в 100 т, масса без топлива будет равна примерно 17,63 т. Масса полезного груза сюда входит, на каркас остаётся примерно 7,6 т.

Результаты не противоречат!