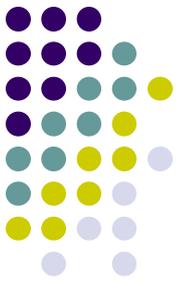


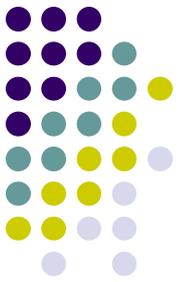
2. КЛАССИФИКАЦИЯ НАГРУЗОК

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ



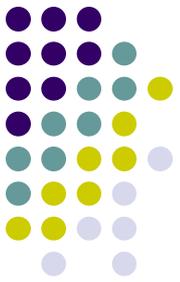
1. чертеж или эскиз конструкции;
2. данные о нагрузках;
3. данные о нагреве конструкции

ПО МОМЕНТУ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ



1. нагрузки в полете;
2. стартовые;
3. при наземной эксплуатации

ПО ХАРАКТЕРУ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ



- Объемные или массовые;
- Поверхностные;
- Сосредоточенные силы

ПО ХАРАКТЕРУ ИЗМЕНЕНИЯ ВО ВРЕМЕНИ

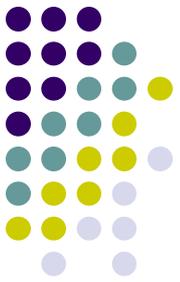


- статические;
- динамические

ПО ЗАКОНУ ИЗМЕНЕНИЯ ПО КООРДИНАТЕ И ВРЕМЕНИ

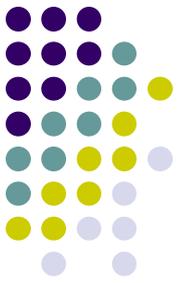


- программные;
- возмущающие



3. Статические нагрузки в полете

3.1. Тяга двигательной установки



- Тяга - равнодействующая давления по внутренней поверхности двигателя и невозмущенного давления в среде - по наружной



Тяга двигателя:

$$T = \dot{m}U_a + F_a(p_a - p_\infty)$$

или

$$T = (kM_a^2 + 1)F_a p_a - F_a p_\infty$$

С учетом поправок:

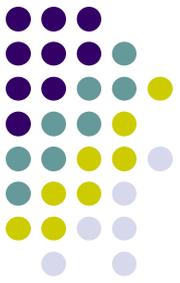
$$T = (\varphi_1 \varphi_2 k M_a^2 + 1) F_a p_a - F_a p_\infty$$

Через коэффициент тяги:

$$T = K_T F_{KR} P$$

$$K_T = \frac{1}{\sqrt{k^2 - 1}} \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{1}{k-1}} \sqrt{1 - \left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{k-1}{k}}} \left\{ 2k + \left(\frac{P_a}{P} - \frac{P_\infty}{P} \right) \frac{k-1}{\left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{1}{k}} \left[1 - \left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]} \right\}$$

Изменение давления в камере



Выход на режим :

$$\frac{p}{p_0} = \left\{ 1 - \left[1 - \left(\frac{p_1}{p_0} \right)^{1-\nu} \right] e^{\frac{-(1-\nu)a(k)\sqrt{f_0}F_{KP}t}{W\Delta}} \right\}^{\frac{1}{1-\nu}},$$

где
$$a(k) = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

После вскрытия отсечных сопл :

$$\frac{p}{p_0} = \left[\frac{F_{KP}}{F_{\Sigma}} + \left(1 - \frac{F_{KP}}{F_{\Sigma}} \right) e^{\frac{-(1-\nu)a(k)\sqrt{f_0}F_{\Sigma}t}{W\Delta}} \right]^{\frac{1}{1-\nu}}$$

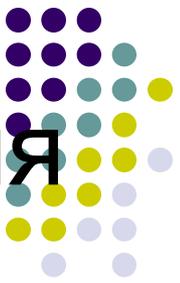
Адиабатическое опорожнение :

$$\frac{p}{p_0} = \left[1 + \frac{a(k)\sqrt{f_0}F_{KP}}{W\Delta} \frac{(k-1)}{2} t \right]^{-\frac{2k}{k-1}}$$

Изотермическое опорожнение :

$$\frac{p}{p_0} = 1 - \frac{a(k)F_{KP}\sqrt{f_0}}{W\Delta} t$$

Составляющие тяги двигателя



На переднее днище действует:

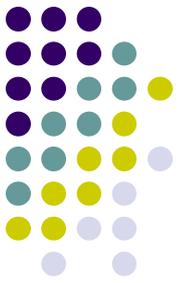
$$N_{\partial n'} = (p_0 - p_\infty) S_m$$

На заднее с сопловым блоком:

$$N_{з\partial} = N_{\partial n'} - T$$

Тяга двигателя:

$$T = \dot{m} U_a + F_a (p_a - p_\infty)$$



3.2. ДАВЛЕНИЕ В ПЕРЕХОДНОМ ОТСЕКЕ ПРИ ГОРЯЧЕМ РАЗДЕЛЕНИИ СТУПЕНЕЙ

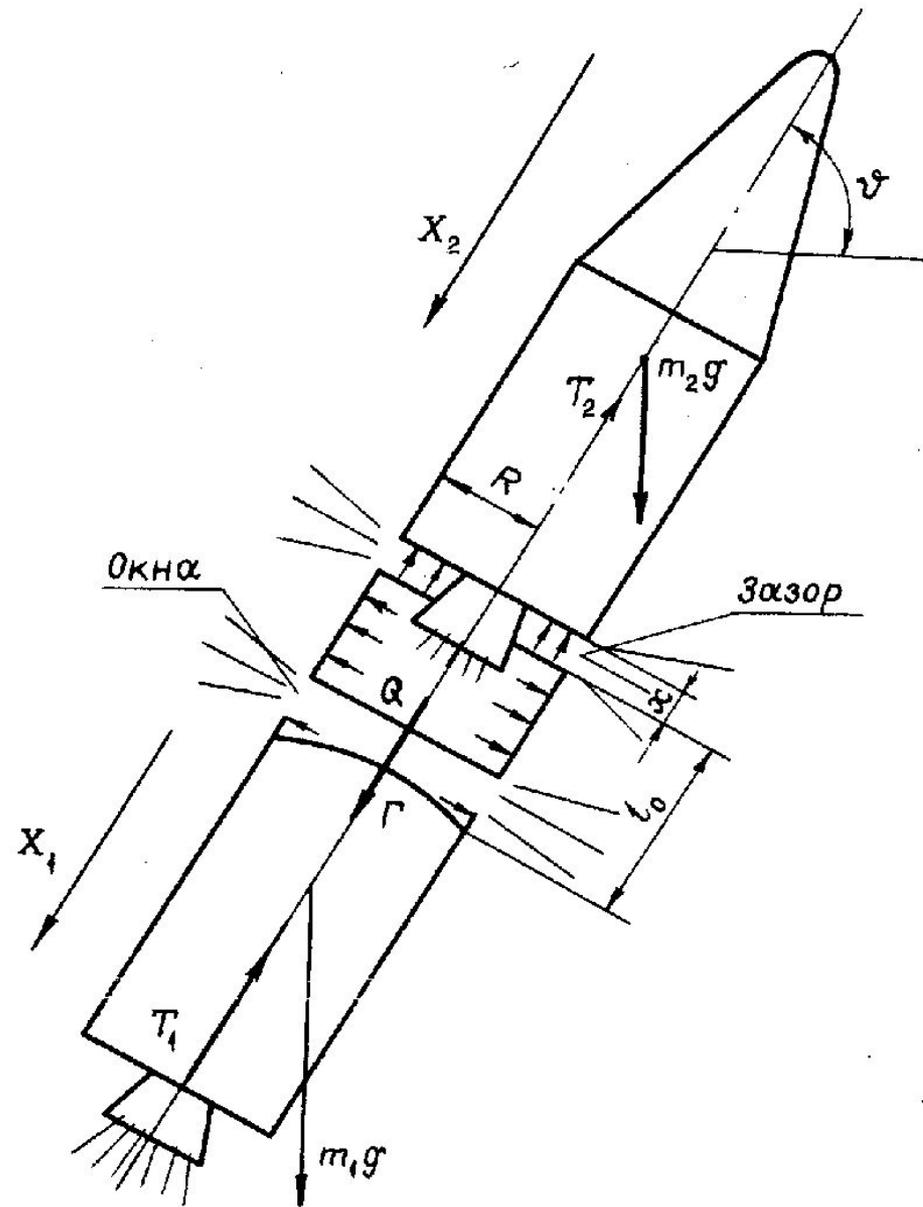
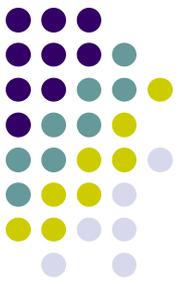


Рис. 29



Изменение МАССЫ В ПЕРЕХОДНОМ ОТСЕКЕ



$$\frac{dm_n}{dt} = m_2 - m_0$$

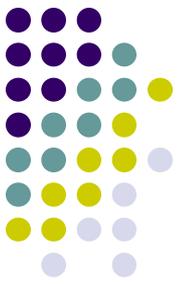
$$\frac{dQ}{dt} = \frac{Ap_{02} - [(x_0 + x)B + S_m v]Q}{W_0 + S_m x},$$

где

$$x_0 = \frac{F_0}{2\pi R}, \quad A = \varphi_2 a(K) F_{kpp} \sqrt{RT_0} \chi_2$$

$$B = 2\pi R \varphi_0 a(K) \sqrt{\chi_2 RT_0}.$$

Уравнение сохранения МАССЫ В ДВИГАТЕЛЕ ВТОРОЙ СТУПЕНИ



$$\frac{d}{dt} \left(\frac{p_{02} W_{\Delta}}{RT_0} \right) = Su_1 p_{02}^v \rho_m - \dot{m}_2,$$

или принимая объем W_{Δ} постоянным :

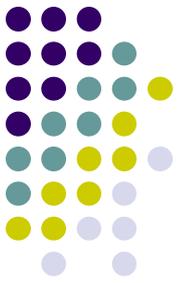
$$\frac{dp_{02}}{dt} = a_1 p_{02}^v - b_1 p_{02},$$

где $a_1 = \chi RT_0 S U_1 \frac{\rho_m}{W_{\Delta}}$

$$b_1 = \varphi_2 a(K) F_{kp_2} \sqrt{\chi RT_0} / W_{\Delta}$$

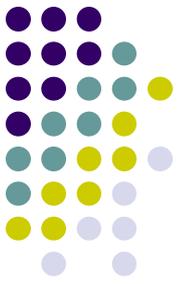
$$a(K) = \sqrt{k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

Уравнение ДВИЖЕНИЯ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ



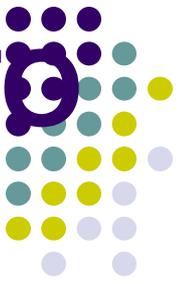
$$\frac{dv_1}{dt} = \frac{T_1 - \Gamma - X_1 - m_1 g \sin v}{m_1}$$

Уравнение ДВИЖЕНИЯ ВТОРОЙ СТУПЕНИ



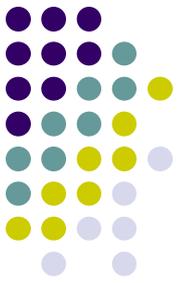
$$\frac{dv_2}{dt} = \frac{T_2 - X_2 + (Q - p_\infty)(S_m - F_{a2}) - m_2 g \sin \nu}{m_2}$$

Уравнение ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ СТУПЕНЕЙ



$$\frac{dv}{dt} = \frac{T_2 - X_2 + (Q - p_\infty)(S_m - F_{a2})}{m_2} + \frac{\Gamma + X_1 - T_1}{m_1}$$

Расстояние МЕЖДУ СТУПЕНЯМИ



$$\frac{dx}{dt} = v = (v_2 - v_1)$$

Параметры газа В СЕЧЕНИИ ОТРЫВА



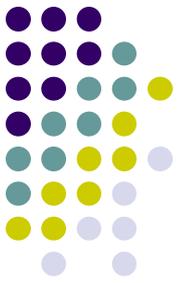
Давление: $p_1 / p_{02} = Q / p_{02} - 0,357(Q / p_{02})^{0,83}$

Число Маха: $M_1 = \sqrt{\frac{2}{k-1} \left[\left(\frac{p_{02}}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]}$

Площадь сечения сопла: $F_1 = \frac{F_{kpp}}{q(M_1)}$

$$q(M_1) = \left(\frac{k+1}{2} \right)^{\frac{k+1}{2(k-1)}} M_1 \left(1 + \frac{k-1}{2} M_1^2 \right)^{-\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

Коэффициент ГАЗОДИНАМИЧЕСКОЙ СИЛЫ



1. При малых расстояниях между ступенями :

$$\xi = 1$$

2. Сопло в отсеке, газ истекает из зазора и окон со звуковой скоростью когда

$$x > x_* = \frac{R}{2} \left[1 - \left(\frac{r_{a2}}{R} \right)^2 \right]$$

3. Сопло вышло на срез отсека :

$$x_0 = l_0 - \varepsilon_0$$

$$\xi_c = 1 + \left(1 - \frac{F_0}{S_m} \right) C_3$$

$$C_3 = C_2 \frac{kM_{a2}^2}{(1 + kM_{a2}^2)}$$

$$C_2 = \frac{K}{K - 2} \sqrt{\frac{2}{k + 1} \left[\frac{2}{M_{a2}^2} + \frac{k - 1}{2} + \frac{2}{(k - 1)M_{a2}^4} \right]}$$

$$K = k(k - 1)M_{a2}^2$$

4. Сопло удаляется от отсека ($x > x_0$):

$$\xi = (1 - Y^{l1}) + \left(1 - \frac{F_0}{S_m} \right) C_3 (1 - Y^{l2}); Y = \left[1 + \left(\frac{R}{z} \right)^2 \right]^{-1};$$

$$z = (x - x_c); \quad l_1 = \frac{k + 2}{2}; \quad l_2 = l_1 - 2$$

