

СИЛОВ АНАЛИЗ НА ЛОСТОВИ МЕХАНИЗМИ

1. ЗАДАЧИ НА СИЛОВИЯ АНАЛИЗ.
ВИДОВЕ СИЛИ В МАШИНИТЕ
2. ИНЕРЦИОННИ СИЛИ
3. СТАТИЧЕСКА ОПРЕДЕЛИМОСТ НА
КИНЕМАТИЧНИ ВЕРИГИ
4. ИДЕАЛНИ РЕАКЦИИ В
МЕХАНИЗМИТЕ ОТ II КЛАС
5. РЕАКЦИИ В РЕАЛНИТЕ
КИНЕМАТИЧНИ ДВОИЦИ

ЗАДАЧИ НА СИЛОВИЯ АНАЛИЗ. ВИДОВЕ СИЛИ В МАШИНИТЕ

- ПРИЧИНИ

- Якостно оразмеряване .
- Изчисляване на механичния к.п.д.
- Избор на двигател или работна машина в машинен агрегат.
- Изчисляване на фундамента.

- ВИДОВЕ СИЛИ

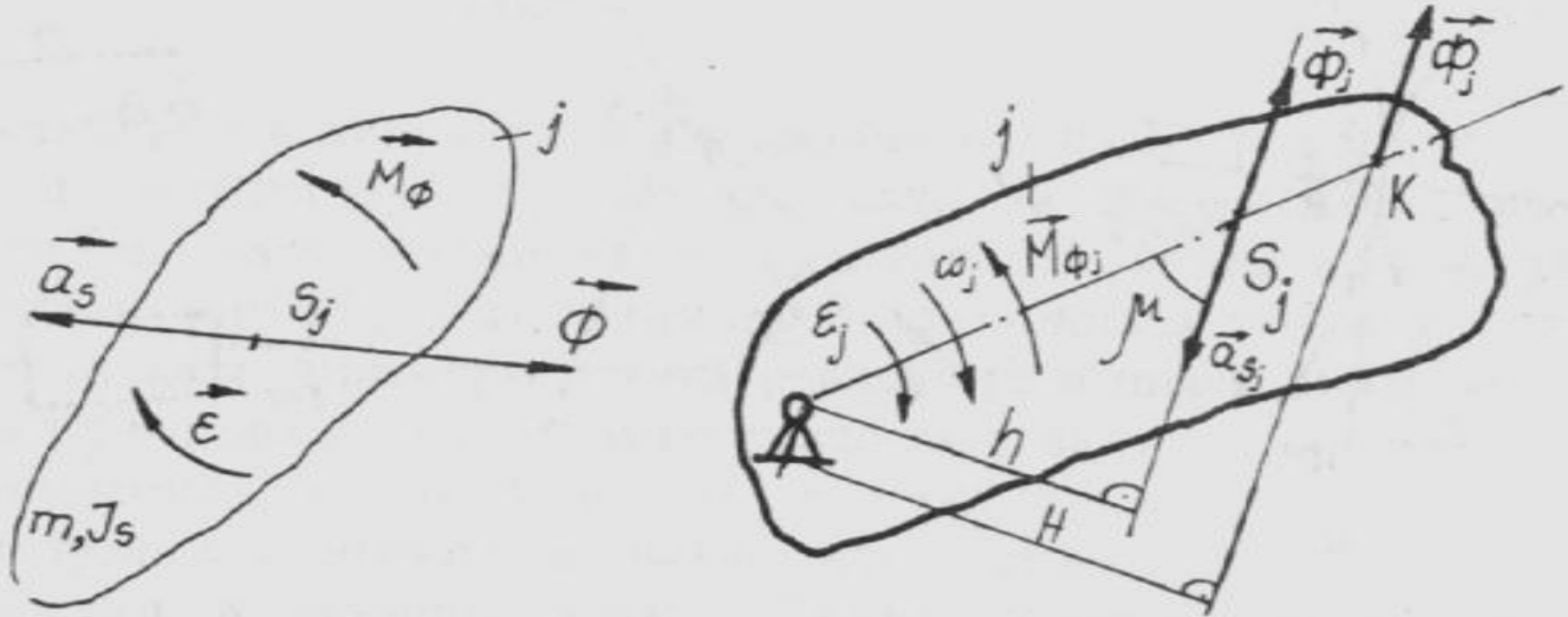
- Двигателни сили или моменти, приложени върху задвижващите звена.
- Сили на полезно (технологично; съпротивление, действащи на изпълнителните звена.
- Тегловии сили, концентрирани обикновено в масовите центри на звената .
- Инерционии сили.
- Реакции в кинематичиите двойки.
- Вредни съпротивления - сухо, течно, полусухо-полутечно триене, както и хидро и аеродинамични съпротивления.
- Еластични сили и моменти

- външни сили,

- вътрешни сили за механизмите.

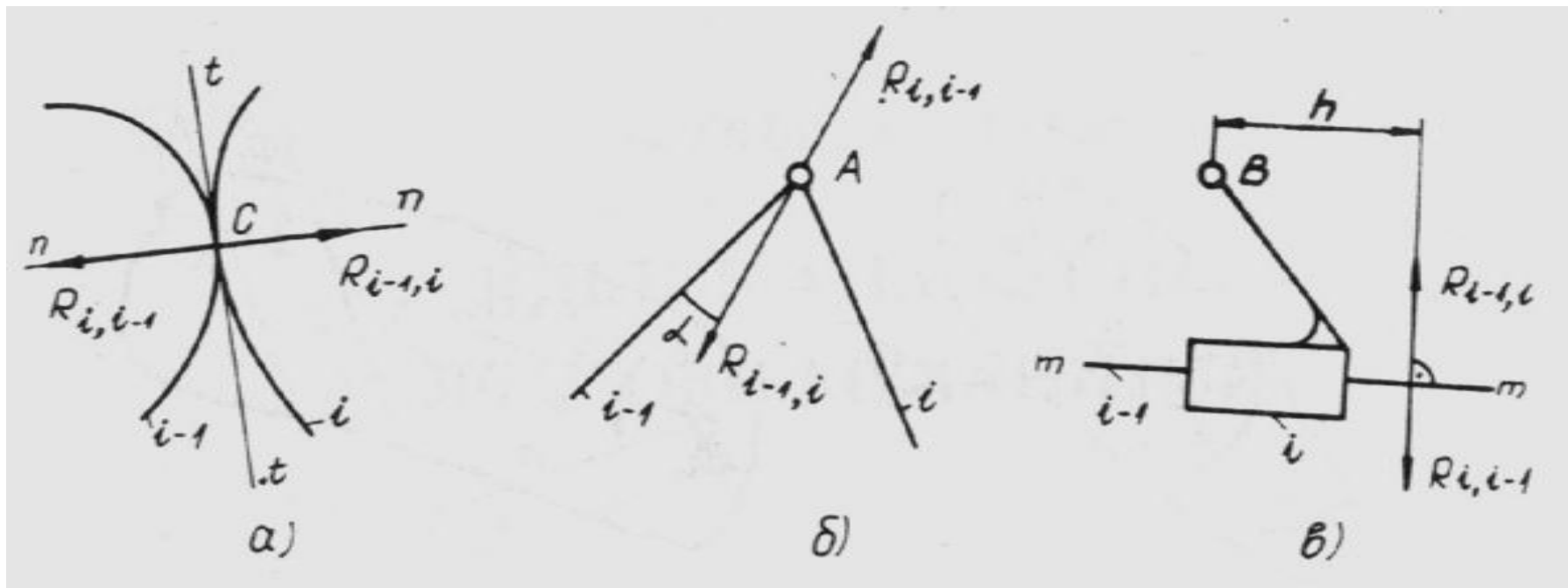
- Определянето на инерционите сили и моментите на инерционните сили, реакциите в кинематичните двоици и силите и моментите от триене, възникващи в елементите на двоиците, е задачата на силовия анализ на механизмите.

ИНЕРЦИОННИ СИЛИ



$$\vec{\Phi}_j = -m_j \cdot \vec{a}_{S_j}, \quad \vec{M}_{\Phi_j} = -J_{S_j} \vec{\epsilon}_j,$$

СТАТИЧЕСКА ОПРЕДЕЛИМОСТ НА КИНЕМАТИЧНИ ВЕРИГИ



$$m_i a_{S_i x} = \sum_{l=1}^p F_{lx}, \quad K = 3n.$$

$$3n = 2p_5 + p_4$$

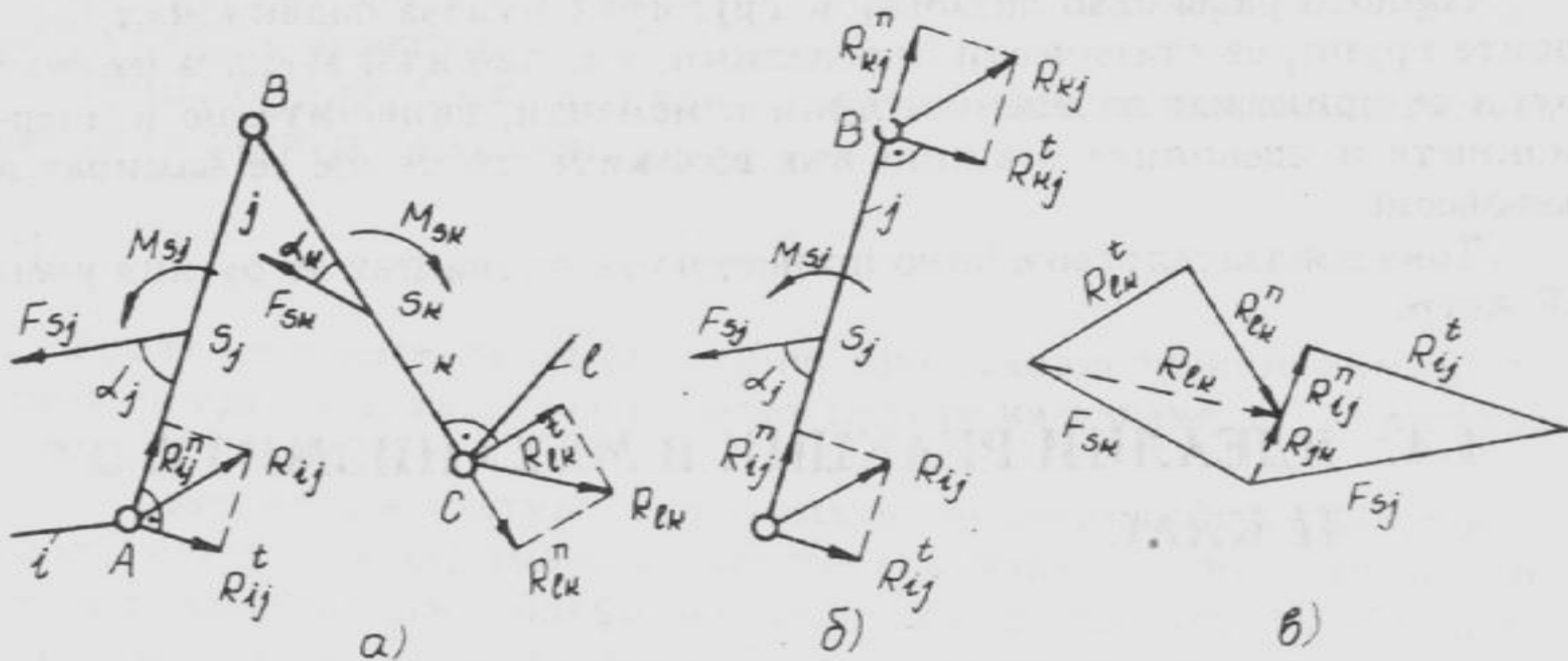
$$m_i a_{S_i y} = \sum_{l=1}^p F_{ly},$$

$$3n - 2p_5 - p_4 = 0.$$

$$J_{S_i} \cdot \varepsilon_i = \sum_{i=1}^q M_i,$$

ИДЕАЛНИ РЕАКЦИИ В МЕХАНИЗМИТЕ ОТ II КЛАС

графоаналитичен метод



$$M_B^j \equiv R_{ij}^t \cdot l_{AC} - F_{S_j} \cdot b_j + M_{S_j} = 0,$$

$$M_c \equiv R_{ij}^n \cdot n_c - R_{ij}^t \cdot t_c - F_{S_j} \cdot c_j - M_{S_j} - F_{S_k} \cdot c_k + M_{S_k} = 0,$$

$$M_B^k \equiv R_{lk}^t \cdot l_{BC} - F_{S_k} \cdot b_k - M_{S_k} = 0,$$

$$M_A \equiv R_{lk}^n \cdot n_A - R_{lk}^t \cdot t_A + M_{S_k} - F_{S_k} \cdot a_k - M_{S_j} - F_{S_j} \cdot a_j = 0,$$

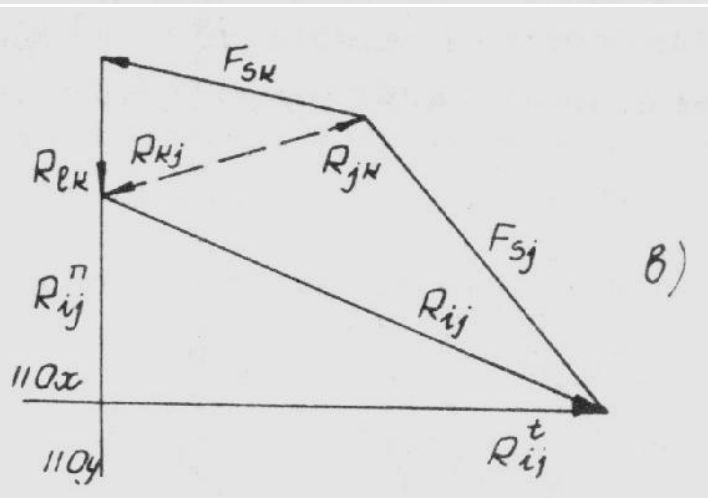
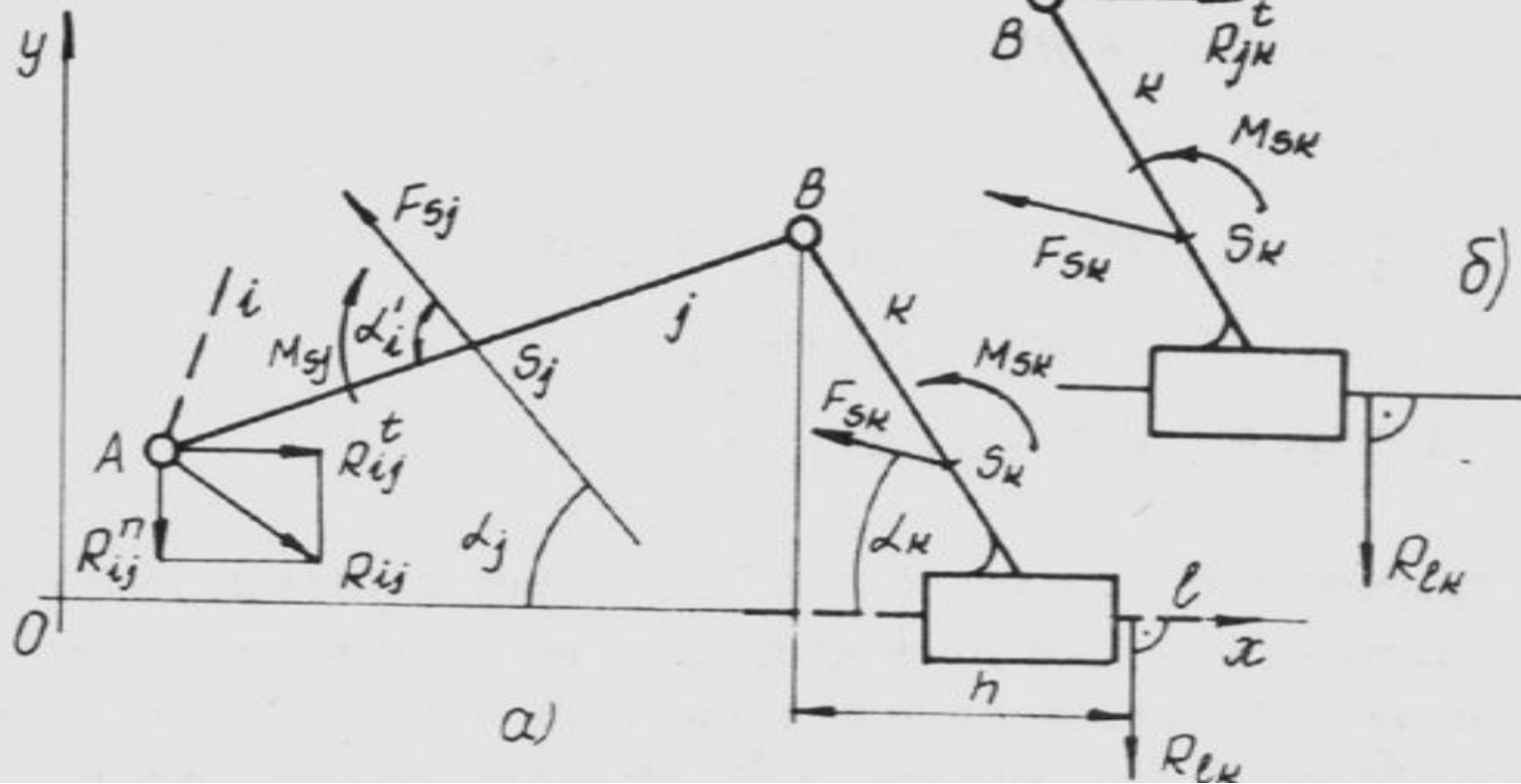
$$M_A^j \equiv R_{kj}^t \cdot l_{AB} - F_{S_j} \cdot a_j - M_{S_j} = 0,$$

$$F_{AC}^j \equiv R_{kj}^n + R_{ij}^n - F_{S_j} \cos \alpha_j = 0,$$

$$\vec{R}_{ij}^n + \vec{R}_{ij}^t + \vec{R}_{lk}^n + \vec{R}_{lk}^t + \vec{F}_{S_i} + \vec{F}_{S_k} = 0$$

$$\vec{R}_{kj} + \underline{\underline{\vec{F}_{S_j}}} + \underline{\underline{\vec{F}_{ij}}} = 0$$

$$\vec{R}_{ij} + \underline{\underline{\vec{F}_{S_k}}} + \underline{\underline{\vec{F}_{lk}}} = 0$$



$$F_{Ox} \equiv R_{ij}^t - F_{S_j} \cos \alpha_j - F_{S_k} \cos \alpha_k = 0,$$

$$M_B^j \equiv R_{ij}^n \cdot n_B + R_{ij}^t \cdot t_B - F_{S_j} \cdot b_j - M_{S_j} = 0,$$

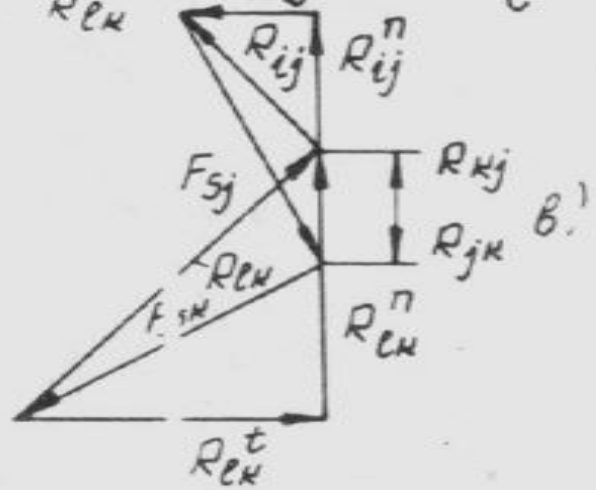
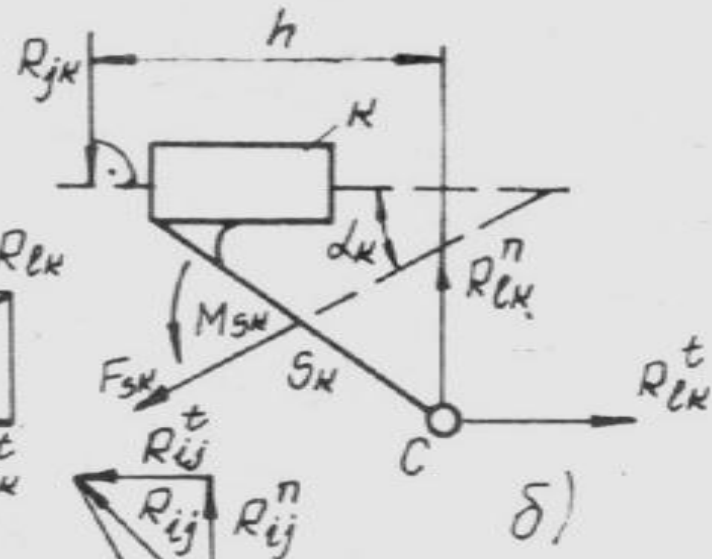
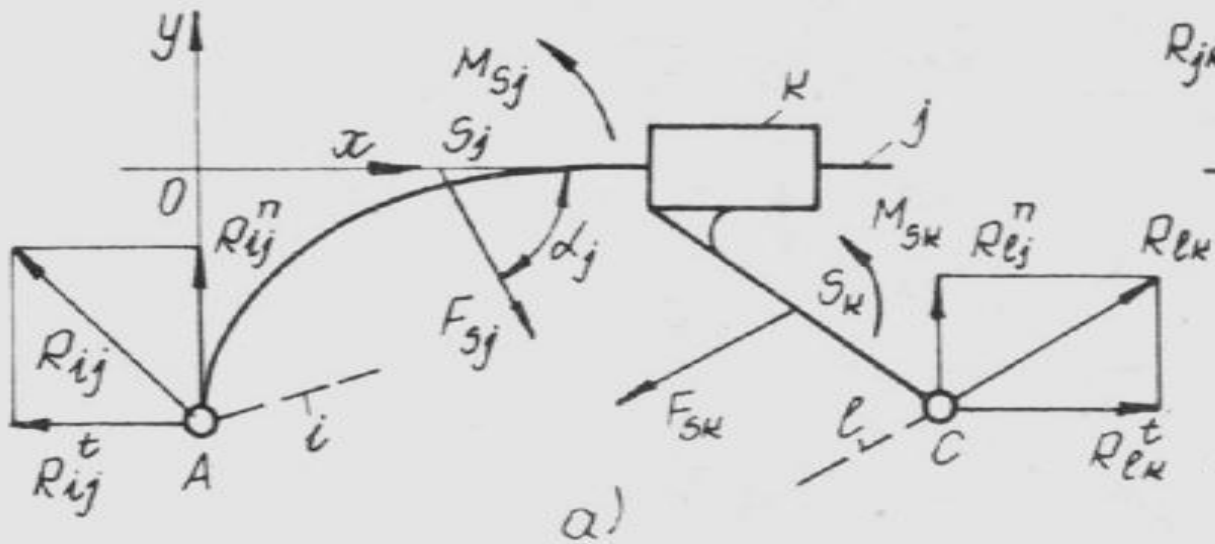
$$F_{Oy} \equiv -R_{lk} - R_{ij}^n + F_{S_j} \sin \alpha_j + F_{S_k} \sin \alpha_k = 0,$$

$$M_B^k \equiv h \cdot R_{lk} + F_{S_k} \cdot b_k - M_{S_k} = 0,$$

$$F_{Ox}^k \equiv R_{jk}^t - F_{S_k} \cos \alpha_k = 0,$$

$$F_{Oy}^k \equiv R_{jk}^n - R_{lk} + F_{S_k} \sin \alpha_k = 0.$$

$$\vec{R}_{ij}^n + \vec{R}_{ij}^t + \vec{F}_{S_j} + \vec{F}_{S_k} + \vec{R}_{lk} = 0,$$



$$F_{Ox}^i \equiv -R_{ij}^t + F_{S_j} \cos \alpha_j = 0,$$

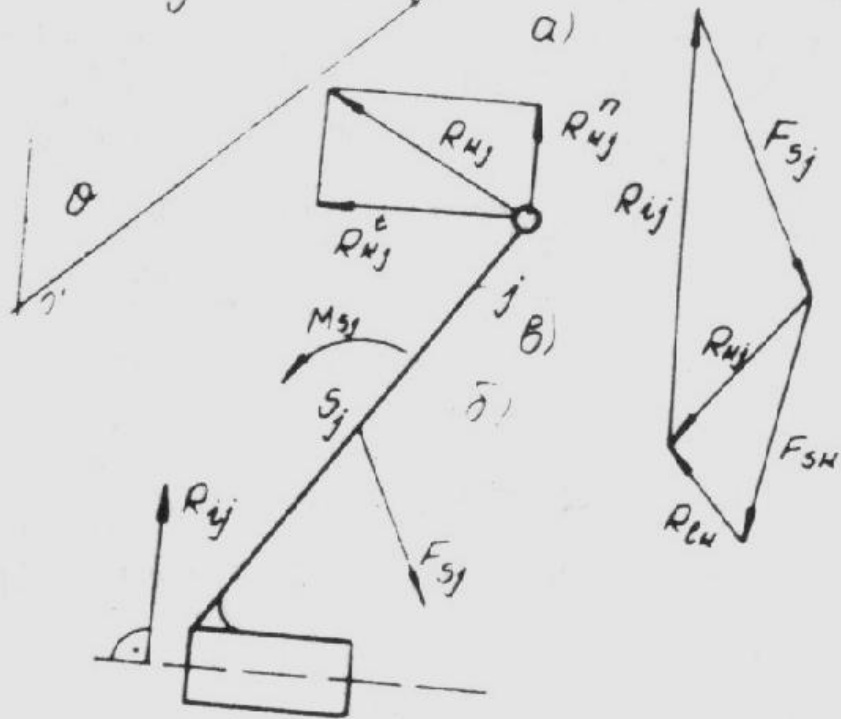
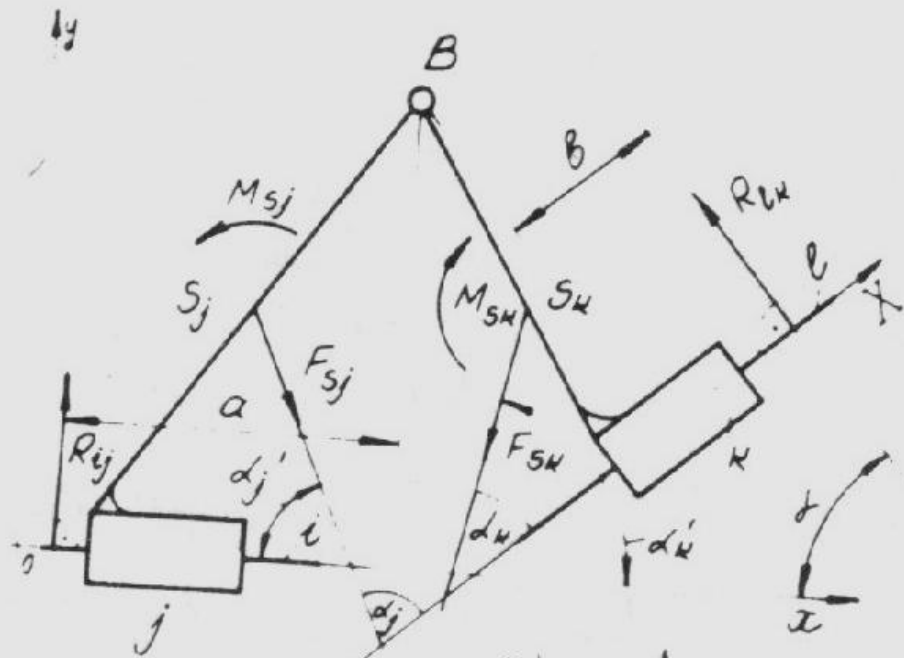
$$M_C \equiv R_{ij}^n \cdot n_c + R_{ij}^t \cdot t_c - F_{S_j} c_j - F_{S_k} \cdot c_k - M_{S_j} - M_{S_k} = 0,$$

$$F_{Ox} \equiv F_{lk}^t - F_{S_k} \cos \alpha_k = 0,$$

$$F_{Oy} \equiv R_{lk}^n + R_{ij}^n - F_{S_j} \sin \alpha_j - F_{S_k} \sin \alpha_k = 0,$$

$$F_{Oy} \equiv -R_{jk} + R_{lk}^n - F_{S_k} \sin \alpha_k = 0,$$

$$M_C^k \equiv h R_{jk} + F_{S_k} c_k + M_{S_k} = 0.$$



$$F_{O'X} \equiv R_{ij} \cos \theta - F_{S_j} \cos \alpha_j - F_{S_k} \cos \alpha_k = 0,$$

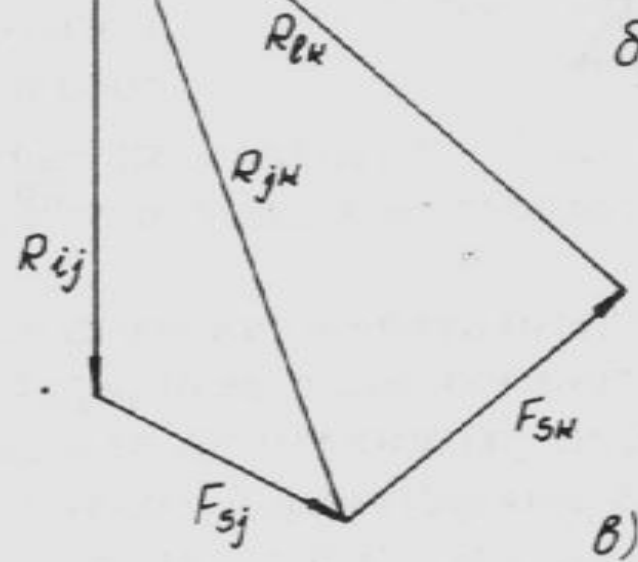
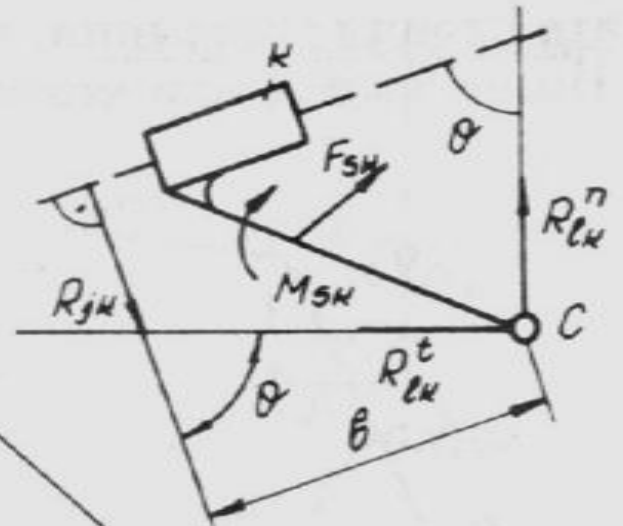
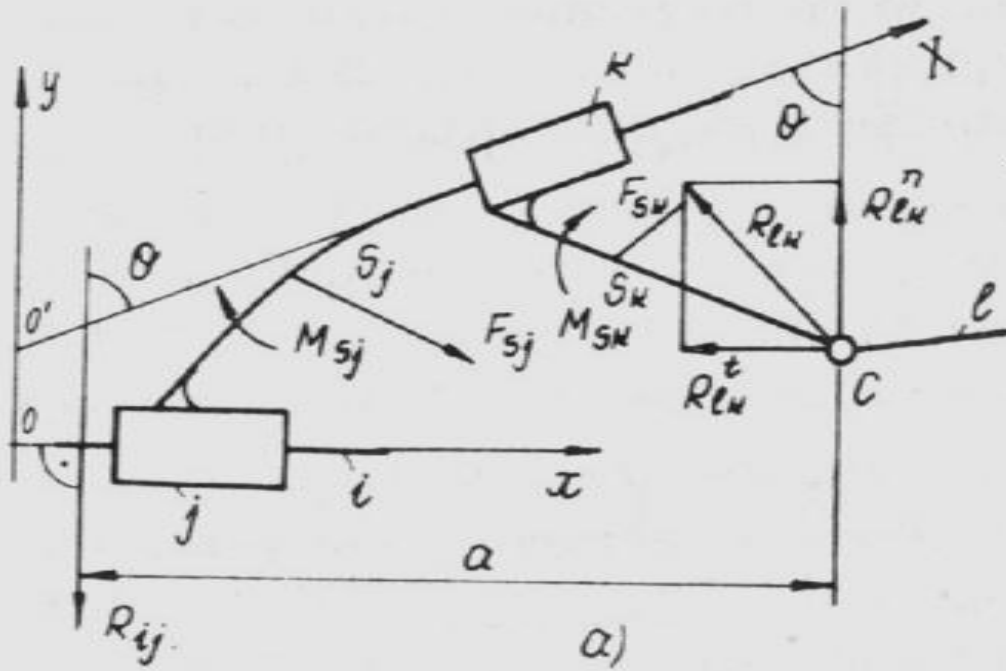
$$F_{Ox} \equiv -R_{lk} \cos \alpha + F_{S_j} \cos \alpha'_j + F_{S_k} \cos \alpha'_k = 0,$$

$$M_B^j \equiv a \cdot R_{ij} - M_{S_j} - F_{S_j} b_j = 0,$$

$$M_B^k \equiv b \cdot R_{lk} - M_{S_k} - F_{S_k} b_k = 0,$$

$$F_{Ox}^j \equiv -R_{kj}^t + F_{S_j} \cos \alpha'_j = 0,$$

$$F_{Oy}^j \equiv R_{kj}^n + R_{ij} - F_{ij} \sin \alpha'_j = 0.$$



$$F_{O'X}^j \equiv -R_{ij} \cos \theta + F_{S_j} \cos \alpha_j = 0,$$

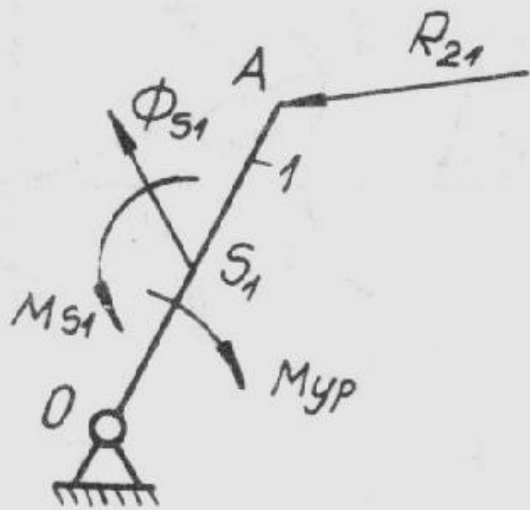
$$M_C \equiv a \cdot R_{ij} + F_{S_j} c_j - F_{S_k} \cdot c_k - M_{S_j} - M_{S_k} = 0,$$

$$F_{Ox}^j \equiv -r_{kj} \cos \theta + F_{S_j} \cos \alpha'_j = 0,$$

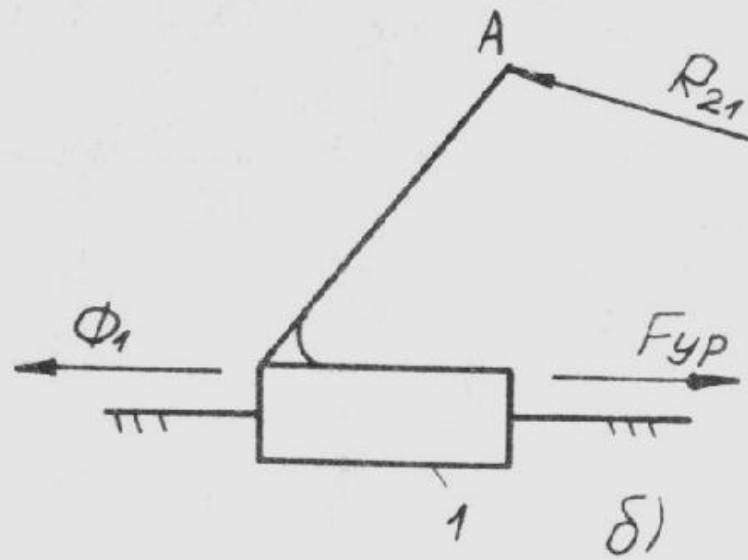
$$M_C^k \equiv b \cdot R_{jk} - F_{S_k} \cdot c_k - M_{S_k} = 0,$$

$$F_{Ox} \equiv -T_{lk}^t + F_{S_j} \cos \alpha'_j + F_{S_k} \cos \alpha'_k = 0,$$

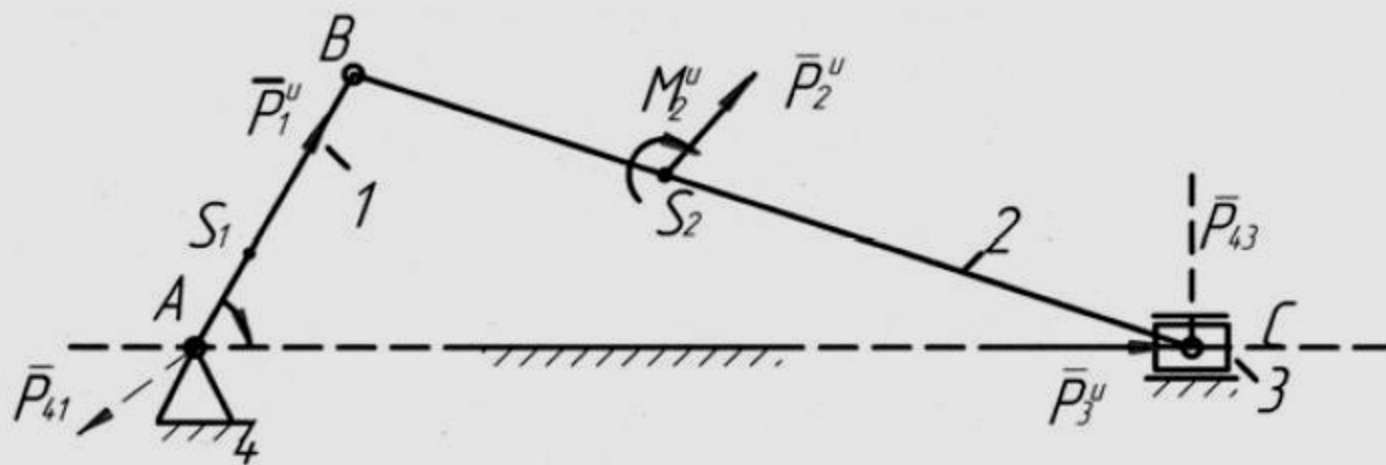
$$F_{OX}^k \equiv R_{lk}^n \cos \theta + R_{lk}^t \sin \theta - F_{S_k} \cos \alpha_k = 0.$$



a)

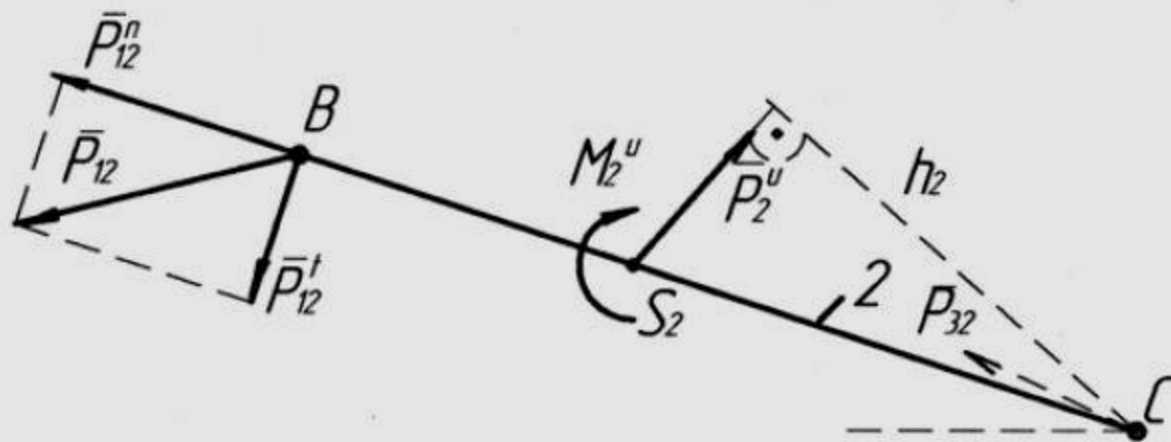


Пример:



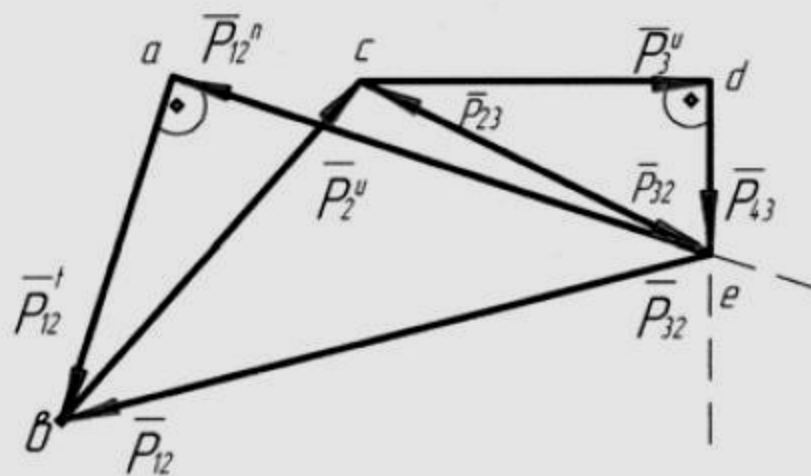
$$\mu_1 = 0,0005 \frac{m}{mm}$$

Фигура 1. План на положението на коляно-мотовилковия механизъм



$$\mu_1 = 0,0005 \frac{m}{mm}$$

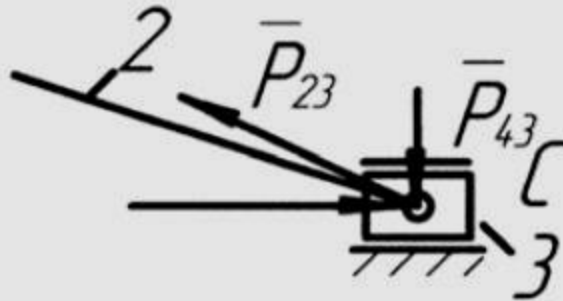
Фигура 2. Сили действащи на звеното 2 – мотовилката



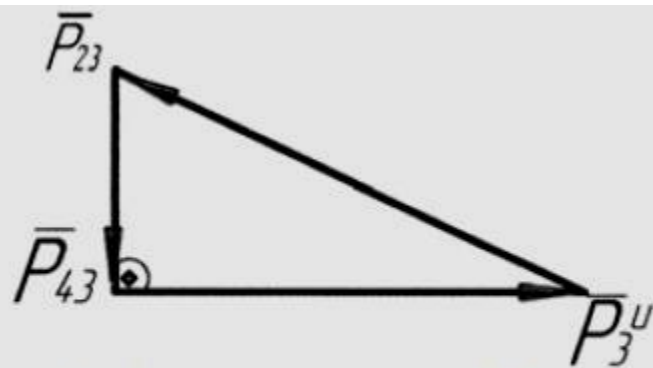
$$\mu_p = 2 \frac{N}{mm}$$

Фигура 3. План на силите на Асуровата група (2,3) от втори клас, втори вид

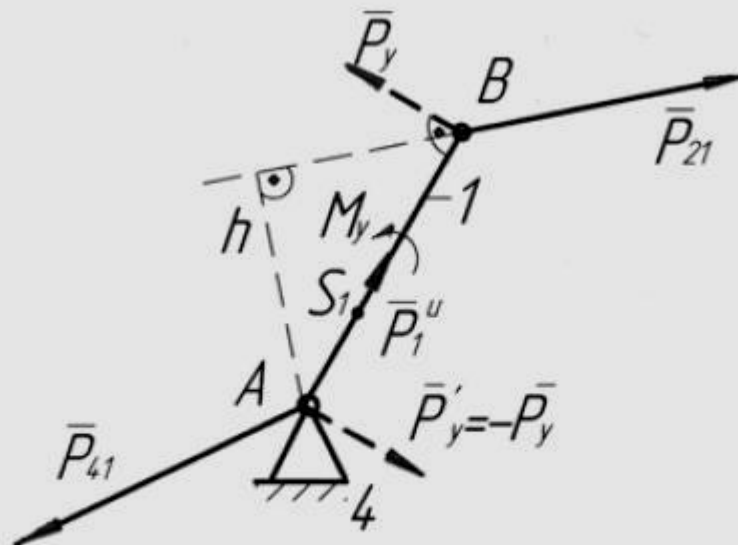
$$\bar{P}_3^u + \bar{P}_{23} + \bar{P}_{43} = 0$$



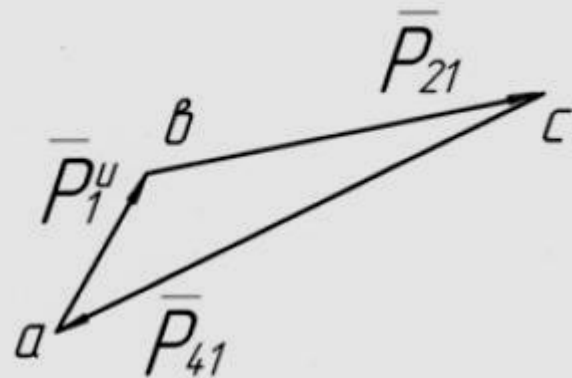
Фигура 4. Сили действащи върху звеното 3,
плъзгача



Фигура 5. План на силите на Асуровата група (3,4)

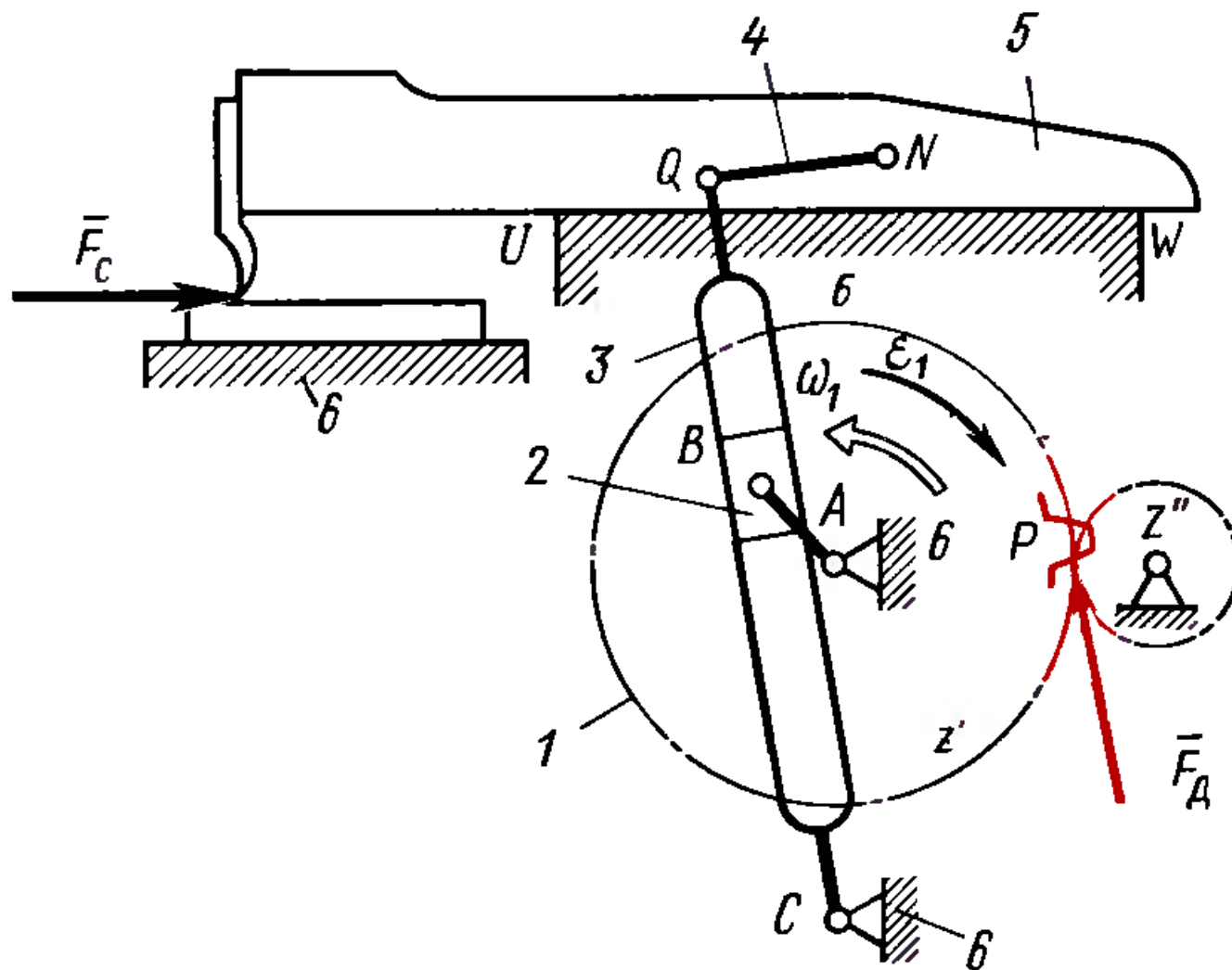


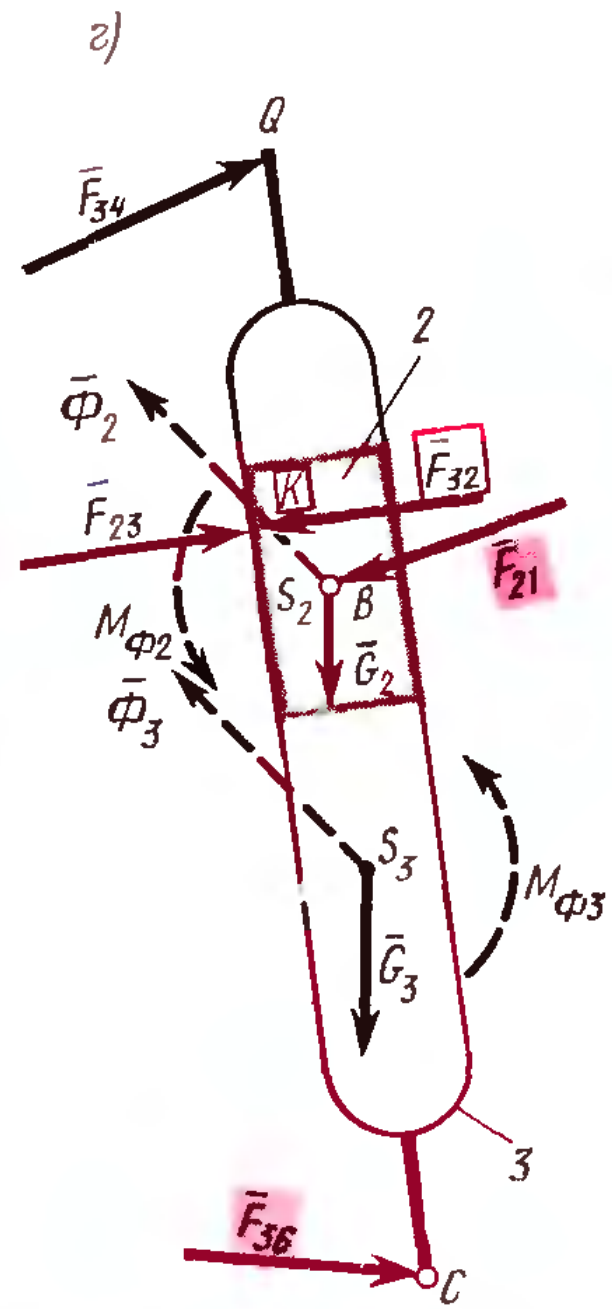
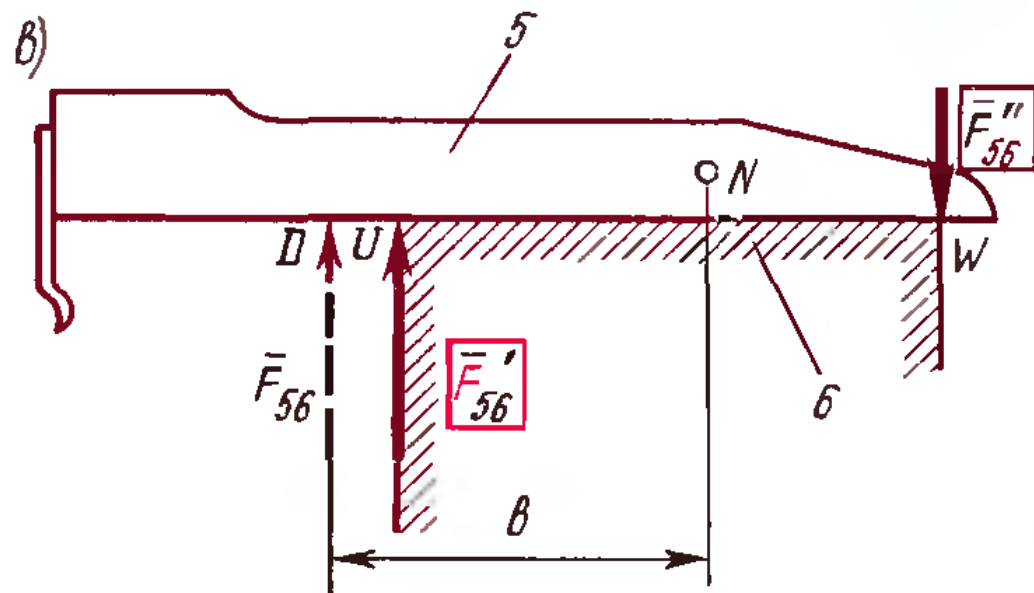
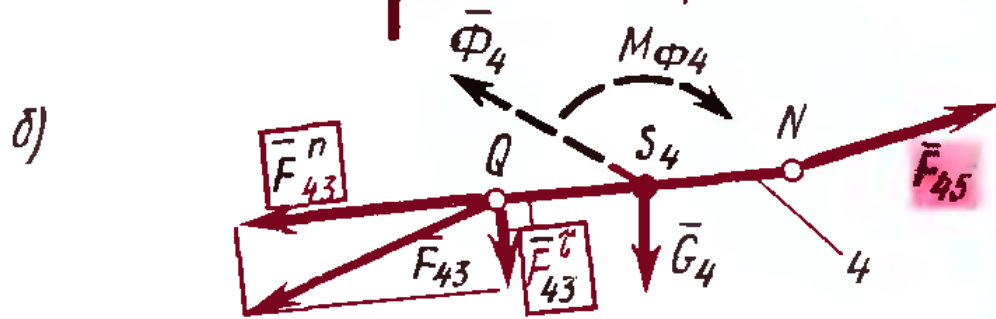
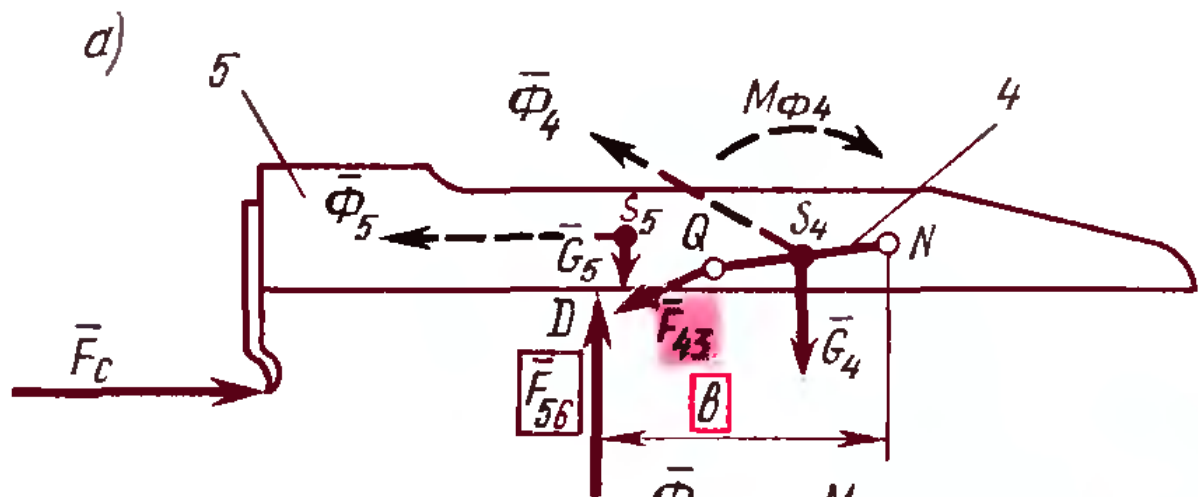
Фигура 6.. Сили, действащи върху звеното 1

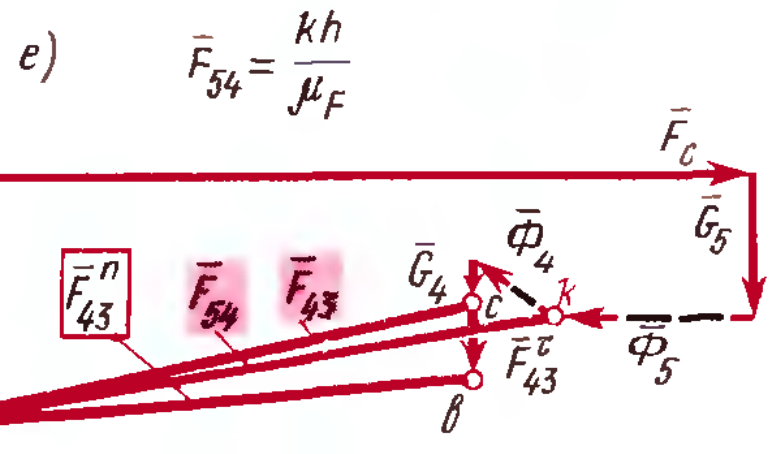
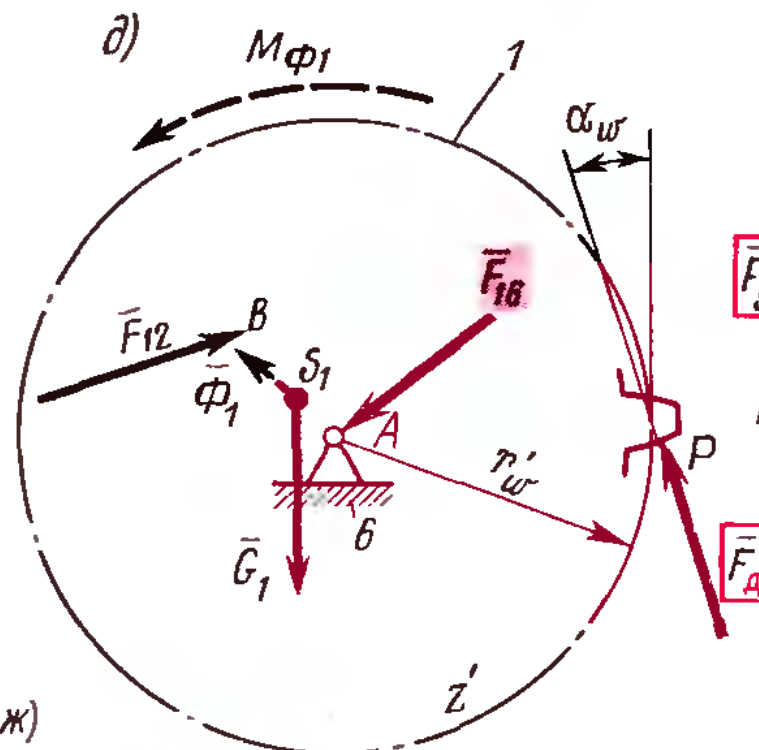


Фигура 7. План на силите, действащи върху звеното 1

Графичен метод

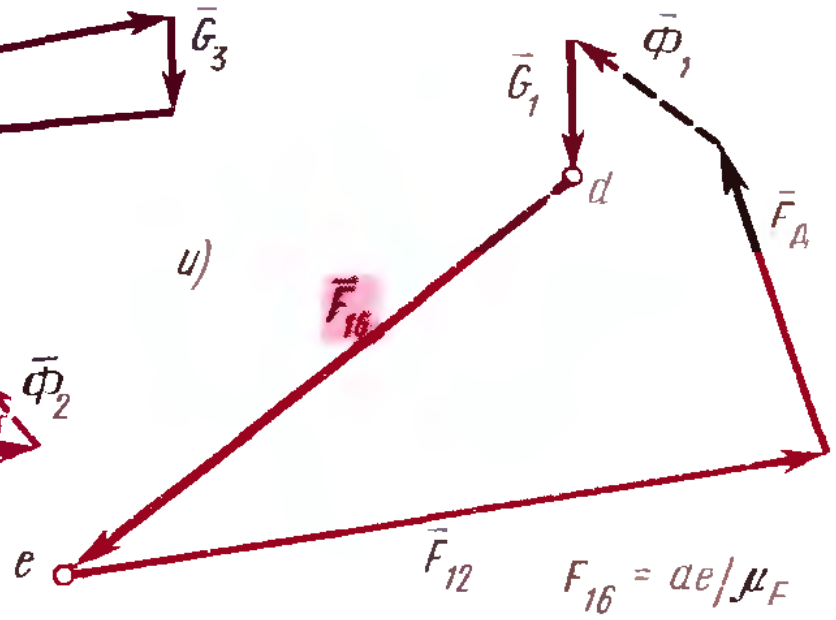
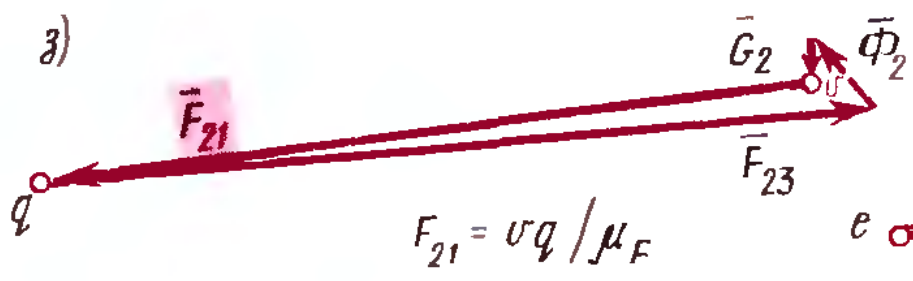
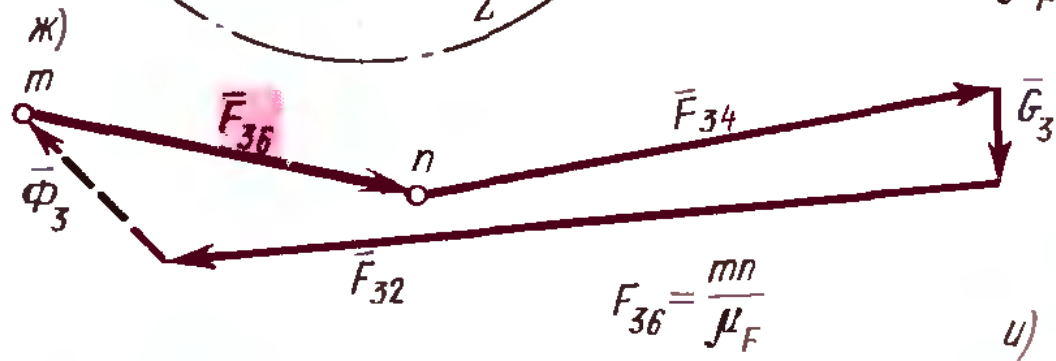




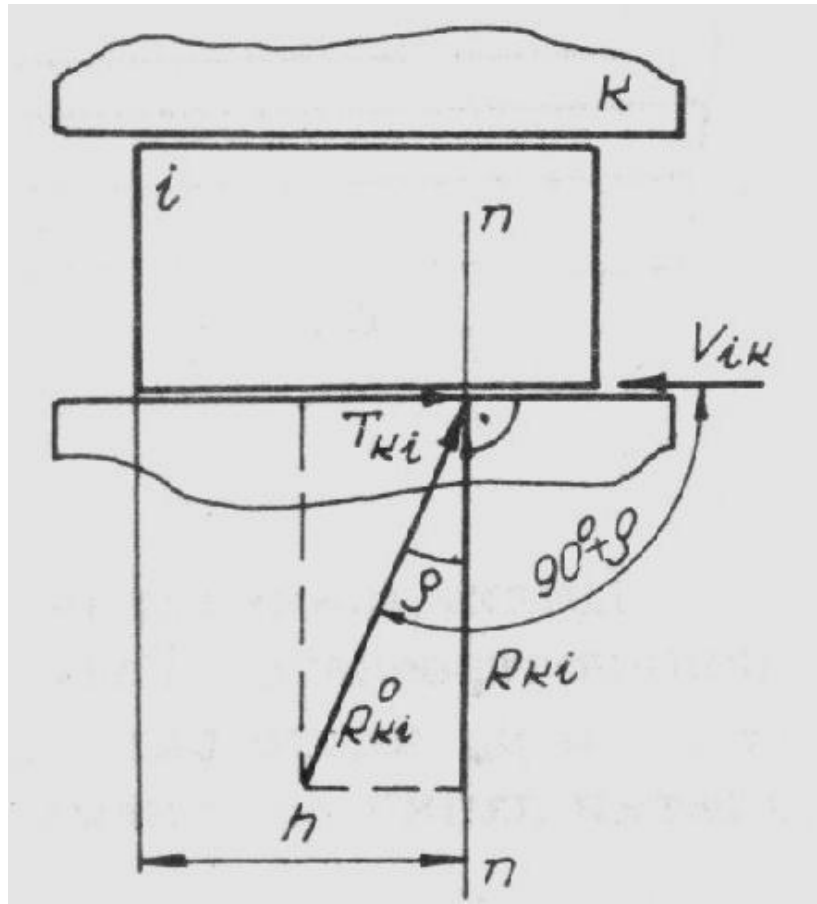


$$F_{56} = \frac{ha}{\mu_F}, \quad F_{43}^n = \frac{bh}{\mu_F}, \quad F_{43}^v = \frac{ch}{\mu_F}$$

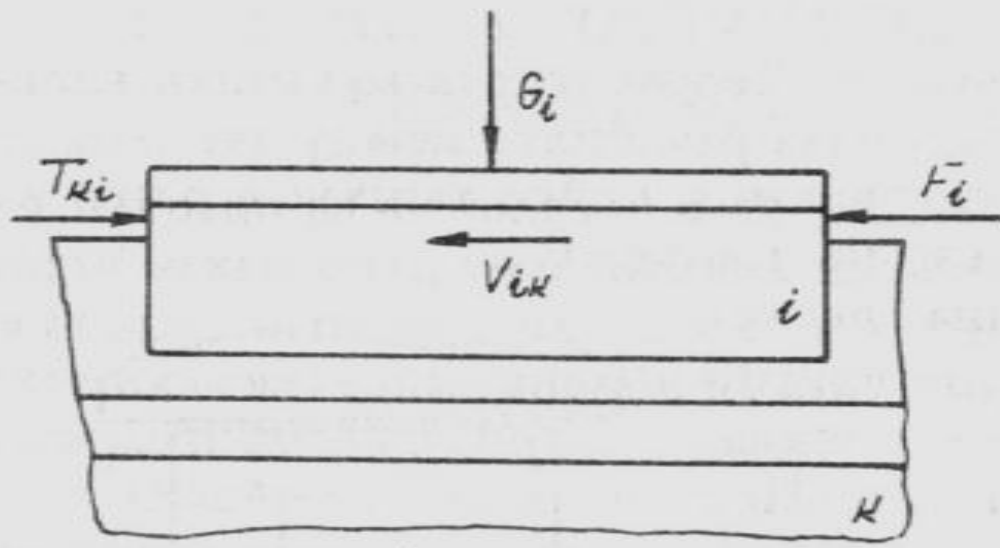
$$\mu_F = \dots \text{MM/H}$$



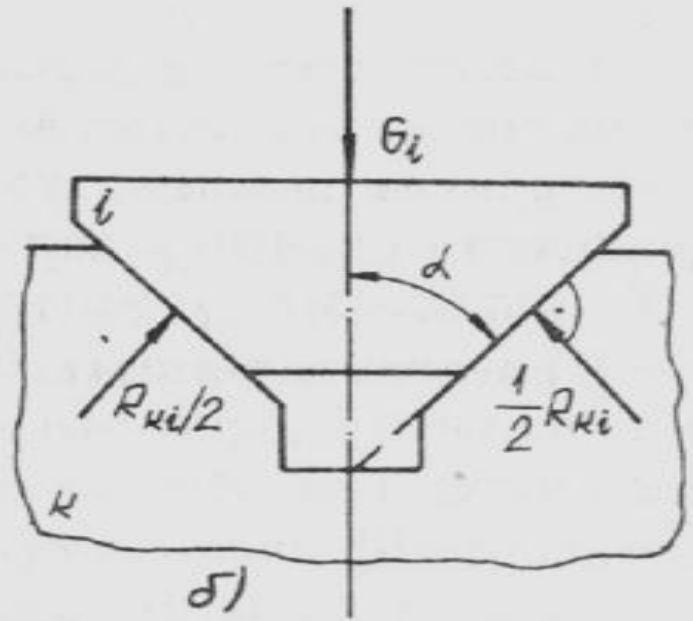
РЕАКЦІЇ В РЕАЛНІТЕ КИНЕМАТИЧНІ ДВОИЦІ



$$T_{ki} \leq \mu R_{ki}$$



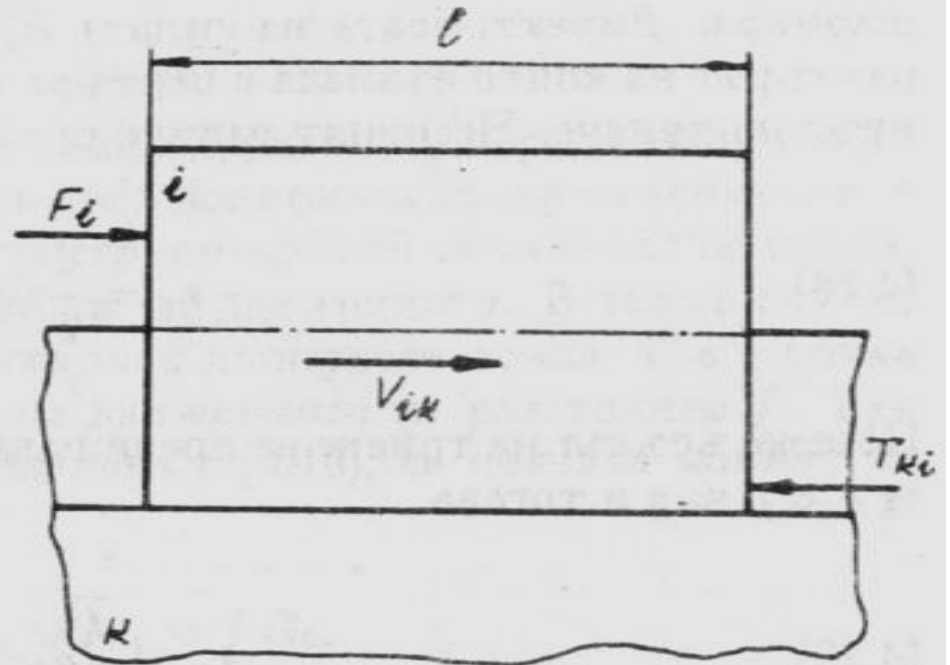
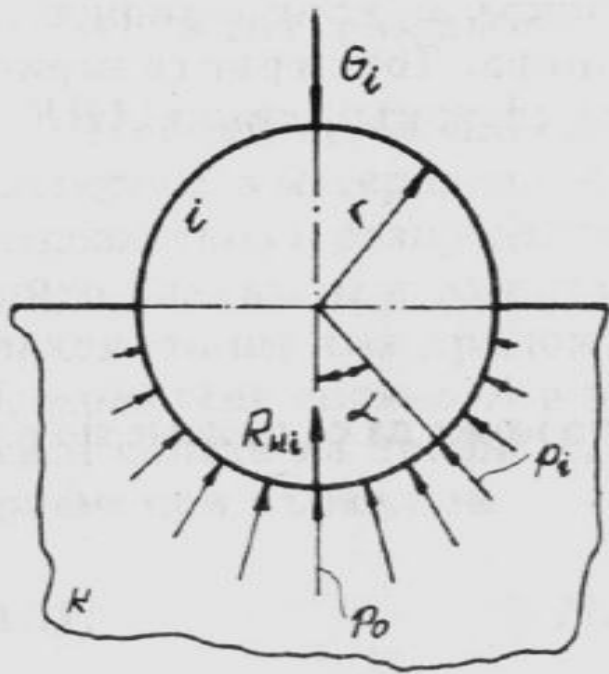
a)



б)

$$T_{ki} = \mu R_{ki} = \frac{\mu}{\sin \alpha} G_i = \mu' G_i.$$

$$\mu' = \mu / \sin \alpha$$

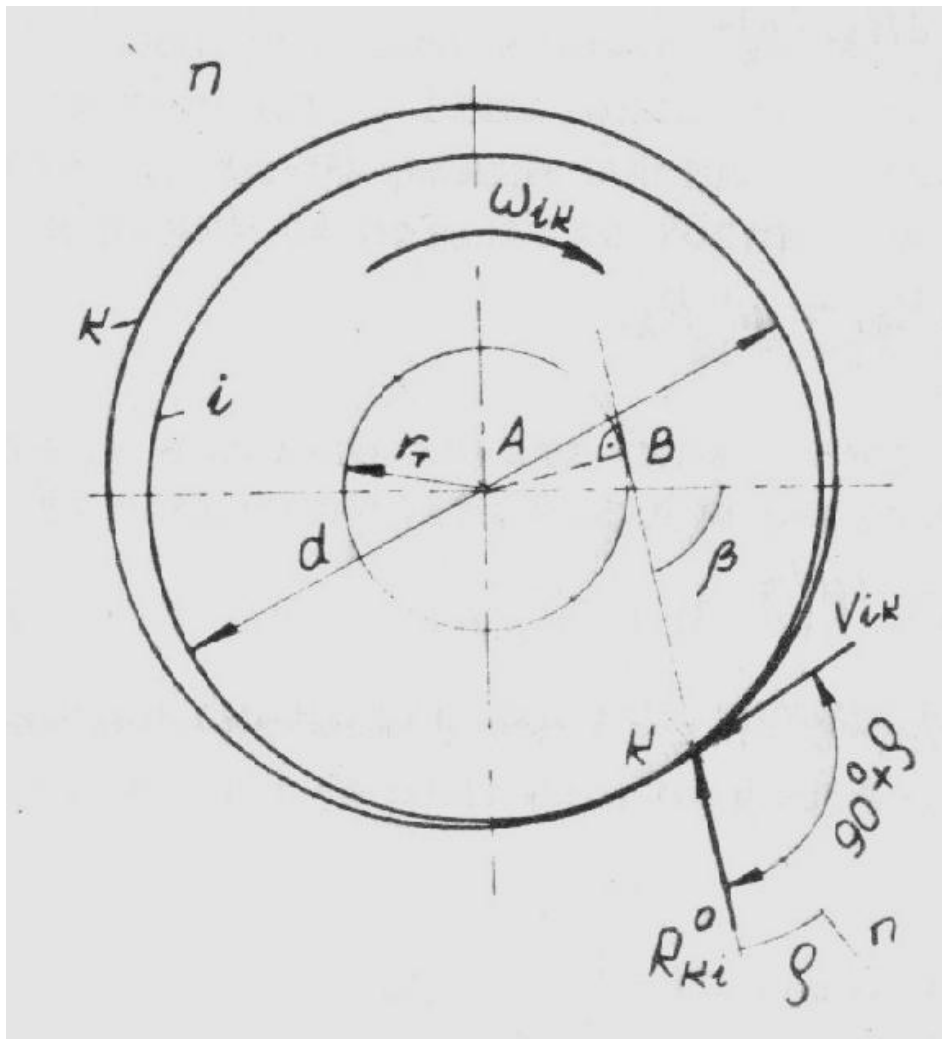


$$T_{ki} = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \mu p_0 l r \cos \alpha \cdot d\alpha = 2\mu p_0 l r.$$

$$p_0 = 2R_{ki} / \pi l r$$

$$T_{ki} = \frac{4}{\pi} \mu R_{ki} = \mu'' R_{ki}$$

$$\mu'' = 4\mu / \pi$$



$$r_T = \frac{d}{2} \sin \varrho.$$

$$r_T \approx \frac{d}{2} \varrho \approx \frac{d}{2} \mu.$$

$$M_T = R_{ki}^0 \cdot r_T \approx R_{ki}^0 \frac{d}{2} \mu,$$

РЕАЛНИ РЕАКЦИИ В ЛОСТОВИ МЕХАНИЗМИ

За решаване на инженерни задачи се препоръчва следният алгоритъм:

а) Като първо приближение се приема, че кинематичните двоици са идеални (липсва триене) и по описаните в т.4 начини се определят консервативните (идеалните) реакции.

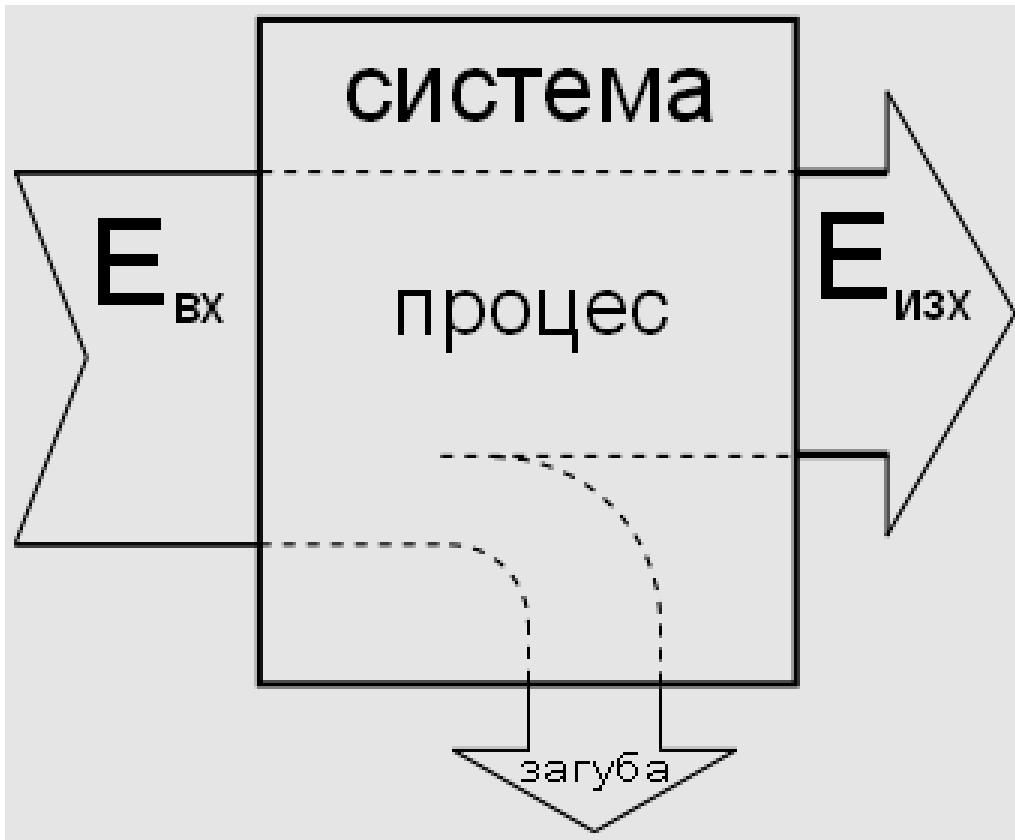
б) Изчисляват се началните приближения на силите и моментите на триене във връзките на изследвания механизъм по формулите (4.33), (4.45), (4.47).

в) Получените сили и моменти от триене се приемат за зададени, т.е. прилагат се заедно с другите външни сили и наново се намират нормалните компоненти на реакциите, т.нар. уточнени стойности.

г) Уточнените реакции дават възможност да се прецизират на второ приближение силите и моментите от триене. Втори приближения на реакциите се приемат за зададени и от тяхното действие заедно с това на външните сили и моменти наново се търсят реакциите в кинематичните двоици.

Операциите се повтарят до постигане на желаната точност, като за критерии служи бързината на сходимостта на процеса.

МЕХАНИЧЕН К.П.Д.



$$\eta = \frac{E_{изх.}}{E_{вход.}} = \frac{P_{изх.}}{P_{вход.}}$$

МЕХАНИЧЕН К.П.Д. НА ТИПОВИ МЕХАНИЗМИ

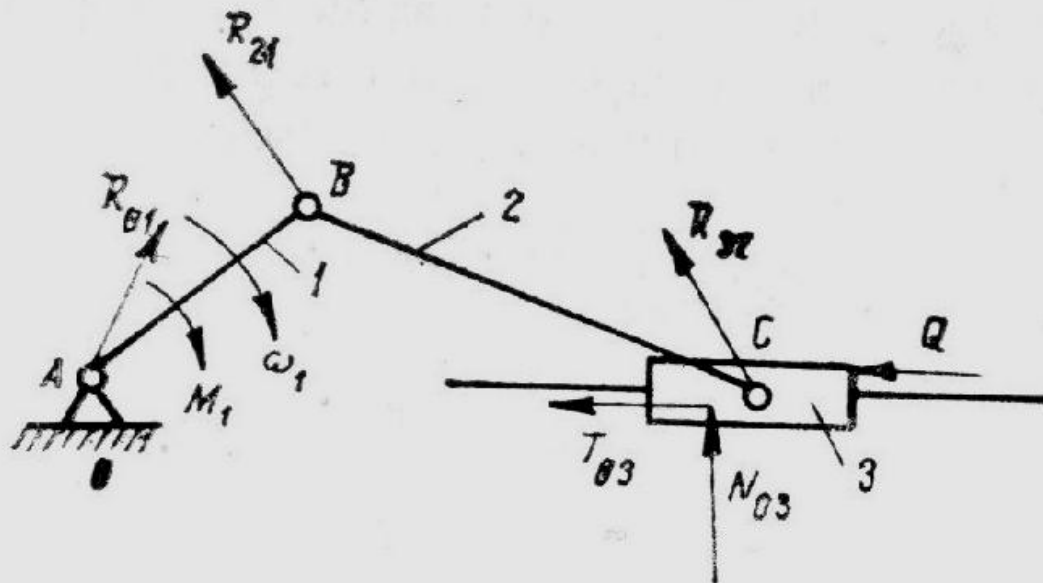
$$\eta = \frac{P_Q}{P_Q + P_{\text{тр}}},$$

$$P_Q = Q \cdot v_C;$$

$$P_{\text{тр}} = P_{\text{тр}}^A + P_{\text{тр}}^B + P_{\text{тр}}^C + P_{\text{тр}}^{\text{пл}},$$

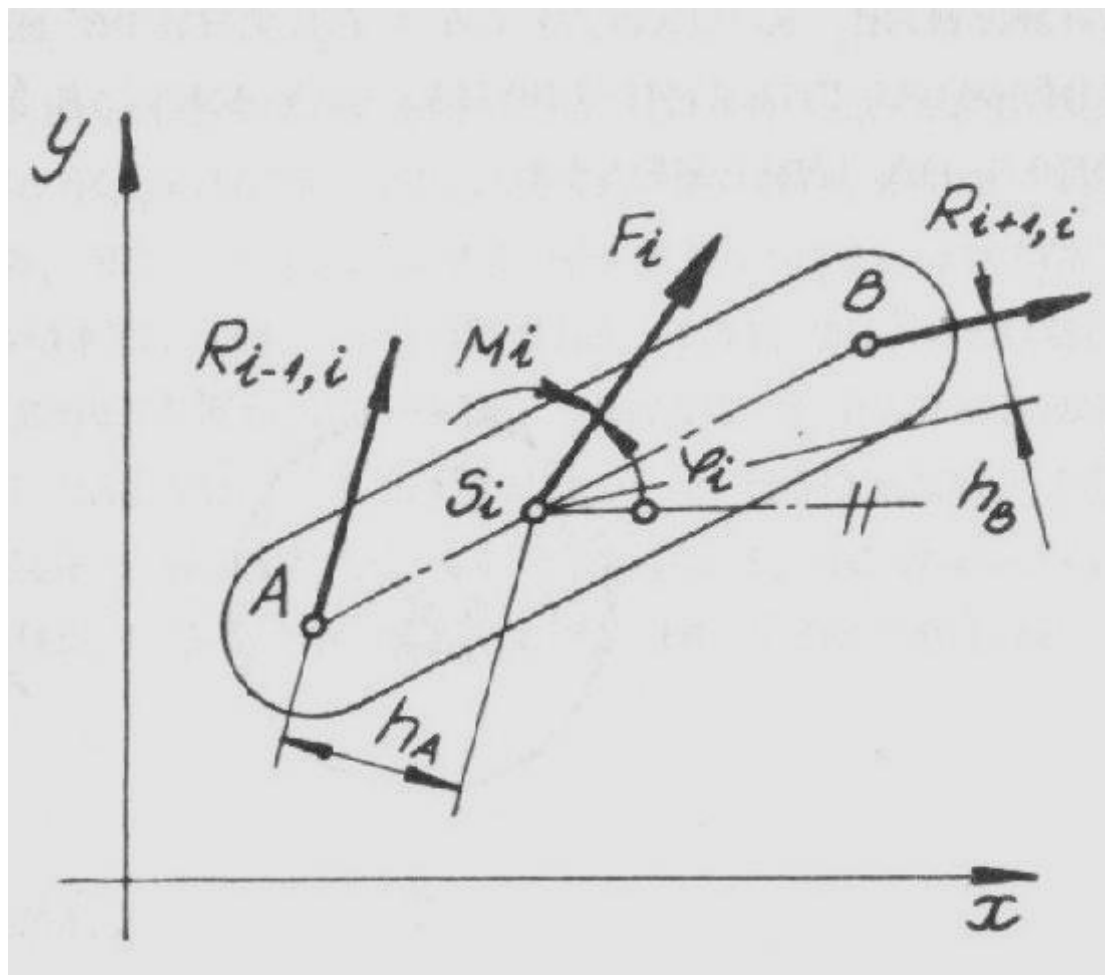
$$P_{\text{тр}}^A = \mu_{01} R_{01} r_A |\omega_1|; \quad P_{\text{тр}}^C = \mu_{23} R_{23} r_C |\omega_2|;$$

$$P_{\text{тр}}^B = \mu_{12} R_{12} r_B [|\omega_1| + |\omega_2|]; \quad P_{\text{тр}}^{\text{пл}} = \mu_{03} N_{03} |v_C|.$$



ДИНАМИЧНИ МОДЕЛИ НА МЕХАНИЗМИ И МАШИНИ

- ЗАДАДЕНИ ПАРАМЕТРИ И ДИНАМИЧНИ МОДЕЛИ.



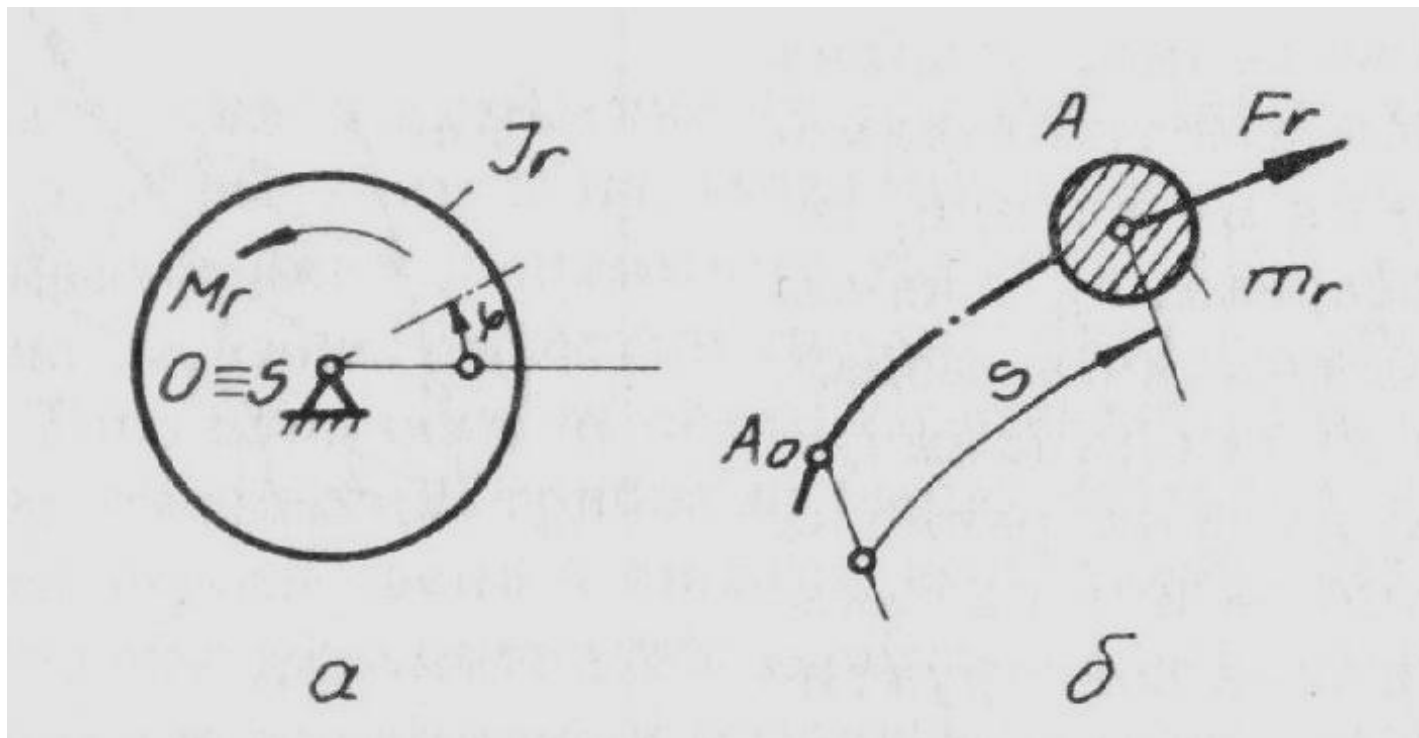
$$m_i \ddot{x}_i = F_i^x + R_{i-1,i}^x + R_{i+1,i}^x$$

$$m_i \ddot{y}_i = F_i^y + R_{i-1,i}^y + R_{i+1,i}^y$$

$$J_{s_i} \ddot{\varphi}_i = M_i + R_{i-1,i} h_A + R_{i-1,i} h_B$$

Уравнения оставащи за изучаване
на движението:

$$h = 3n - (2p_5 + p_4)$$



Главен вал

Главна точка

ЕДНОМАСОВ ДИНАМІЧЕН МОДЕЛ

$$dA = dE_k.$$

$$dA = \left(\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \vec{v}_i + \sum_{i=1}^n \vec{M}_i \vec{\omega}_i \right) dt.$$

$$E_k = \sum_{i=1}^n m_i \frac{v_{S_i}^2}{2} + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \frac{\omega_i^2}{2}.$$

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \vec{v}_i + \sum_{i=1}^n \vec{M}_i \vec{\omega}_i = \frac{d}{dt} \left(\sum_{i=1}^n m_i \frac{V_{S_i}^2}{2} + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \frac{\omega_i^2}{2} \right).$$

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i \frac{\vec{v}_i}{\omega} + \sum_{i=1}^n \vec{M}_i \frac{\vec{\omega}_i}{\omega} = \frac{d}{d\varphi} \left[\sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{v_{S_i}}{\omega} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{\omega} \right)^2 \right] \frac{\omega^2}{2}.$$

$$J_r(\varphi) = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{v_{S_i}}{\omega} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{\omega} \right)^2$$

$$M_r(\varphi, \omega) = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \frac{\vec{v}_i}{\omega} + \sum_{i=1}^n \vec{M}_i \frac{\vec{\omega}_i}{\omega}$$

$$M_r(\varphi, \omega) = \frac{d}{d\varphi} \left[J_r(\varphi) \frac{\omega^2}{2} \right],$$

$$J_r(\varphi) \frac{\omega^2}{2} = \sum_{i=1}^n m_i \frac{v_{S_i}^2}{2} + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \frac{\omega_i^2}{2},$$

$$M_r(\varphi, \omega) \cdot \omega = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i \vec{v}_i + \sum_{i=1}^n \vec{M}_i \vec{\omega}_i,$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{\vec{F}_i \vec{v}_i}{v} + \sum_{i=1}^n \frac{\vec{M}_i \vec{\omega}_i}{v} = \frac{d}{ds} \left[\sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{v_{S_i}}{v} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{v} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{v} \right)^2 \right] \frac{v^2}{2}$$

$$m_r(s) = \sum_{i=1}^n m_i \left(\frac{v_{S_i}}{v} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{v} \right)^2 + \sum_{i=1}^n J_{S_i} \left(\frac{\omega_i}{v} \right)^2$$

$$F_r(s, v) = \sum_{i=1}^n \frac{\vec{F}_i \vec{v}_i}{v} + \sum_{i=1}^n \frac{\vec{M}_i \vec{\omega}_i}{v}$$

$$F_r(s, v) = \frac{d}{ds} \left[m_r(s) \frac{v^2}{2} \right],$$