



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Кинематическое исследование механизма методом планов

2020



Кинематический анализ механизмов

- **Задачи :**
 1. Определение положений механизма и траектории движения его отдельных точек;
 2. Определение линейных скоростей и ускорений точек и угловых скоростей и ускорений звеньев.
- **Методы:**
 1. Аналитические
 2. Графо-аналитические
 3. Графические



Сущность метода (основная идея):

Графическое решение системы векторных уравнений.

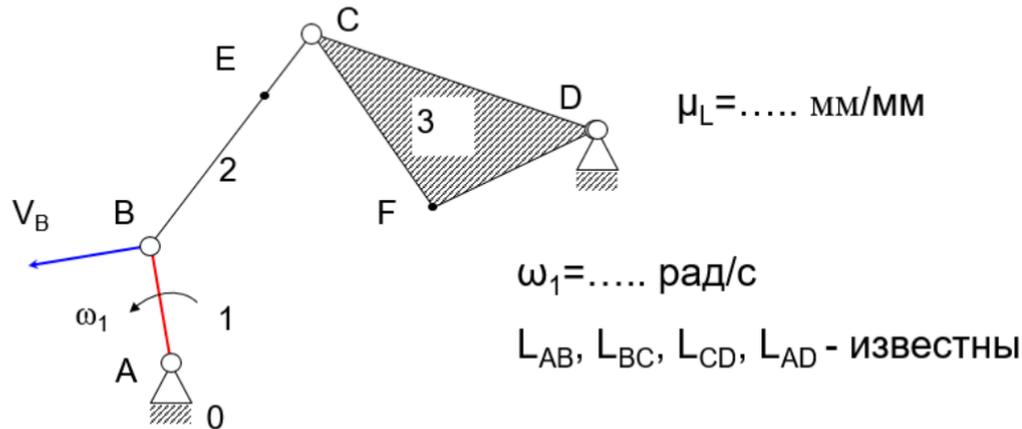
Реализация:

Последовательно по группам Ассура, начиная с начального механизма

1. Вычертить механизм (группу Ассура) в масштабе в заданном положении.
2. Построить план скоростей.
3. Построить план ускорений.

Построение механизма в масштабе

Схема механизма вычерчивается в масштабе по ГОСТ 2.302-68 и Ст. СЭВ 1180-78: (1:1; 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15 и т.д. или 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1 и т.д.).





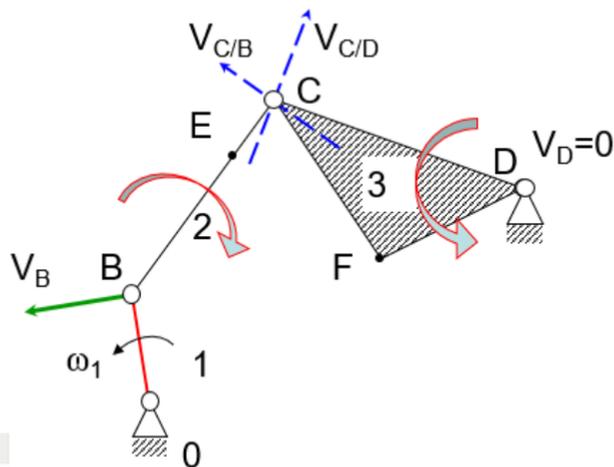
Построение плана скоростей.

$$V_B = \omega_1 L_{AB}$$

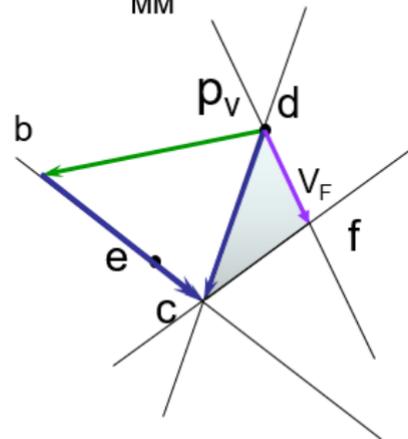
$$\bar{V}_C = \bar{V}_B + \bar{V}_{C/B} = \bar{V}_D + \bar{V}_{C/D}$$

$$V_{C/B} \perp BC$$

$$V_{C/D} \perp DC$$



$$\mu_V = \dots \frac{\text{м/с}}{\text{мм}}$$



Построение плана скоростей 2.

$$V_{C/B} = l_{bc} \mu_V = \omega_2 L_{BC}$$

$$V_{C/D} = l_{cd} \mu_V = \omega_3 L_{CD}$$

$$\omega_2 = \frac{V_{C/B}}{L_{BC}} = \frac{l_{bc} \mu_V}{L_{BC}}$$

$$\omega_3 = \frac{V_{C/D}}{L_{CD}} = \frac{l_{cd} \mu_V}{L_{CD}}$$

$$be = bc \frac{L_{BE}}{L_{BC}}$$

$$\begin{cases} \bar{V}_F = \bar{V}_D + \bar{V}_{F/D}, \\ \bar{V}_F = \bar{V}_C + \bar{V}_{F/C}, \end{cases}$$

$$\bar{V}_D + \bar{V}_{F/D} = \bar{V}_C + \bar{V}_{F/C}$$

$$\bar{V}_{F/C} \perp FC, \quad \bar{V}_{F/D} \perp DF$$

$$V_F = \mu_V \cdot p_v f$$

Построение плана ускорений

Условие: План скоростей построен, линейные скорости характерных точек и угловые скорости всех звеньев определены

$$\begin{aligned}
 a_B &= \omega_1^2 L_{AB} \\
 a_{C/B}^n &= \frac{V_{C/B}^2}{L_{BC}} = \omega_2^2 L_{BC}, \\
 a_{C/D}^n &= \frac{V_{C/D}^2}{L_{CD}} = \omega_3^2 L_{CD}.
 \end{aligned}
 \quad
 \begin{cases}
 \bar{a}_C = \bar{a}_B + \bar{a}_{C/B} = \bar{a}_B + \bar{a}_{C/B}^n + \bar{a}_{C/B}^t, \\
 \bar{a}_C = \bar{a}_D + \bar{a}_{C/D} = \bar{a}_D + \bar{a}_{C/D}^n + \bar{a}_{C/D}^t,
 \end{cases}$$

$$|\varepsilon_2| = \frac{a_{C/B}^t}{L_{BC}}, \quad |\varepsilon_3| = \frac{a_{C/D}^t}{L_{CD}}.$$

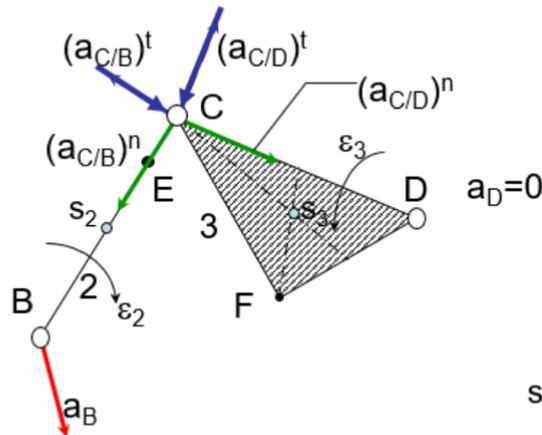
$$\begin{aligned}
 a_{C/B}^n &\parallel CB \quad C \rightarrow B \\
 a_{C/D}^n &\parallel CD \quad C \rightarrow D
 \end{aligned}$$



Построение плана ускорений (2)

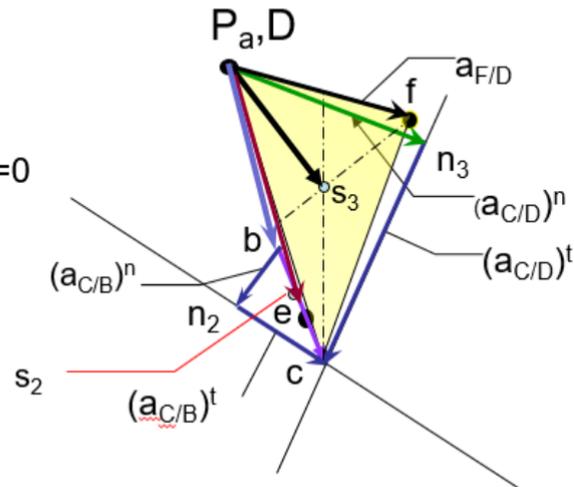
План положений

$$\mu_L = \dots \frac{\text{MM}}{\text{MM}}$$



План ускорений

$$\mu_a = \dots \frac{m/c^2}{\text{MM}}$$





Построение плана ускорений (3)

$$a_{C/B}^t = n_2 c \cdot \mu_a = \varepsilon_2 L_{BC} \qquad \varepsilon_2 = \frac{a_{C/B}^t}{L_{BC}} = \frac{\mu_a \cdot n_2 c}{L_{BC}}$$
$$a_{C/D}^t = n_3 c \cdot \mu_a = \varepsilon_3 L_{CD} \qquad \varepsilon_3 = \frac{a_{C/D}^t}{L_{CD}} = \frac{\mu_a \cdot n_3 c}{L_{CD}}$$

Пропорциональности

$$\frac{BC}{BE} = \frac{bc}{be}$$

$$\frac{cf}{CF} = \frac{cd}{CD} = \frac{df}{DF}$$

$$a_{s3} = P_a s_3 \cdot \mu_a$$

– Абсолютное ускорение центра
масс звена 3



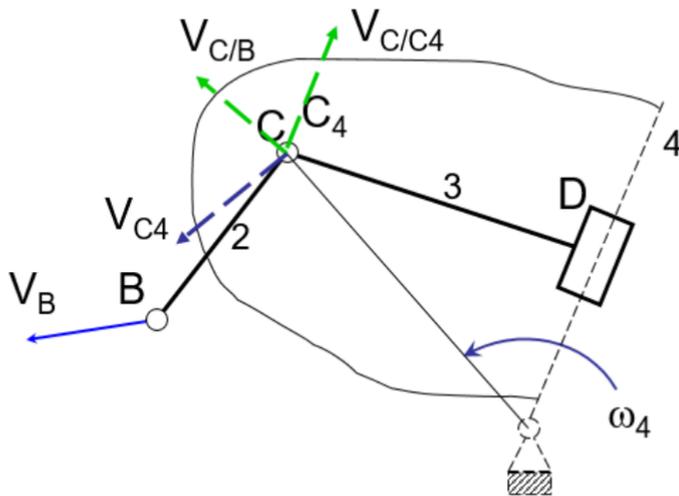
Свойства планов скоростей и планов ускорений

1. Все неподвижные точки механизма имеют соответствующие точки в полюсе.
2. Векторы, исходящие из полюса, дают абсолютные скорости и ускорения точек звеньев.
3. Векторы, соединяющие концы векторов, исходящих из полюса, дают относительные скорости и ускорения.
4. На планах скоростей и ускорений получаются фигуры, геометрически подобные и сходственно расположенные жестким звеньям механизма.



Кинематический анализ групп Ассура II класса с поступательной парой

$\mu_L = \dots \text{ мм/мм}$



$$\bar{V}_C = \bar{V}_B + \bar{V}_{C/B}$$

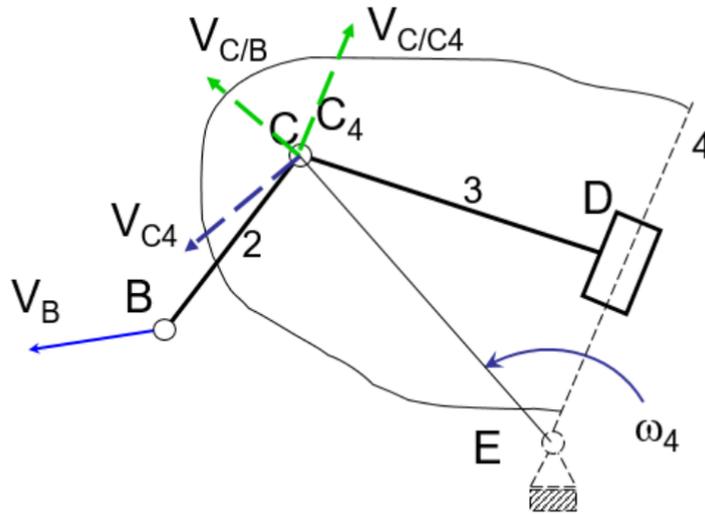
$$V_{C/B} \perp BC$$

$$\bar{V}_C = \bar{V}_{C4} + \bar{V}_{C/C4}$$

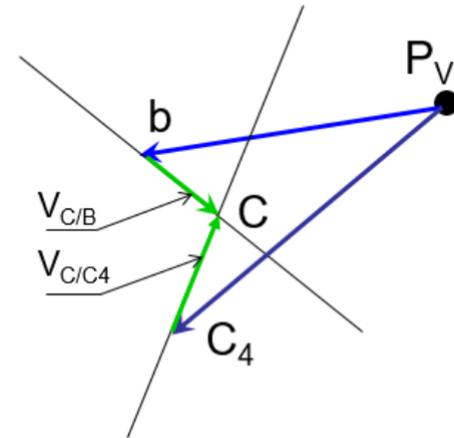
$$V_{C/C4} \parallel L_4$$



Построение плана скоростей группы ВВП

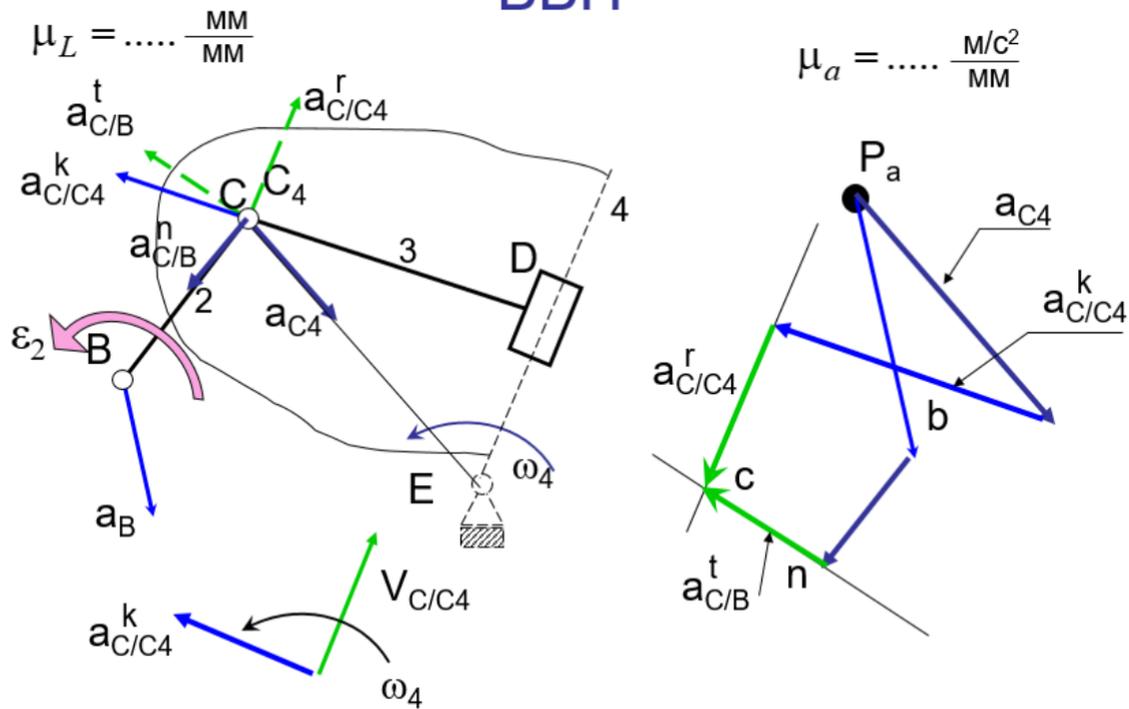


$$\mu_V = \dots \frac{\text{M/C}}{\text{MM}}$$





Построение плана ускорений группы ВВП



Построение плана ускорений группы
ВВП

$$a_{C/B}^n = \omega_2^2 L_{BC} \quad a_{C4} = \omega_4^2 L_{CE}$$

$$\begin{cases} \vec{a}_C = \vec{a}_B + \vec{a}_{C/B} = \vec{a}_B + \vec{a}_{C/B}^n + \vec{a}_{C/B}^t \\ \vec{a}_C = \vec{a}_{C4} + \vec{a}_{C/C4} = \vec{a}_{C4} + \vec{a}_{C/C4}^k + \vec{a}_{C/C4}^r \end{cases}$$

$$\vec{a}_{C/B}^t \perp BC \quad \vec{a}_{C/C4}^k = 2\vec{\omega}_4 \times \vec{V}_{C/C4}$$

$$\vec{a}_{C/C4}^k \perp \vec{V}_{C/C4} \quad \vec{a}_{C/C4}^r \parallel ED$$