

# *Кинематический анализ*

Презентация по Теории Механизмов и  
Машин

**Кинематический анализ** — это изучение движения звеньев механизма без учета действующих сил

**Характеристики:**

**перемещения,  
скорости и ускорения точек,  
угловые скорости и угловые ускорения звеньев.**

## Исходные данные

- 1) структурная схема механизма с указанием ее размеров  
(т. Е. кинематическая схема);
- 2) закон движения ведущего звена

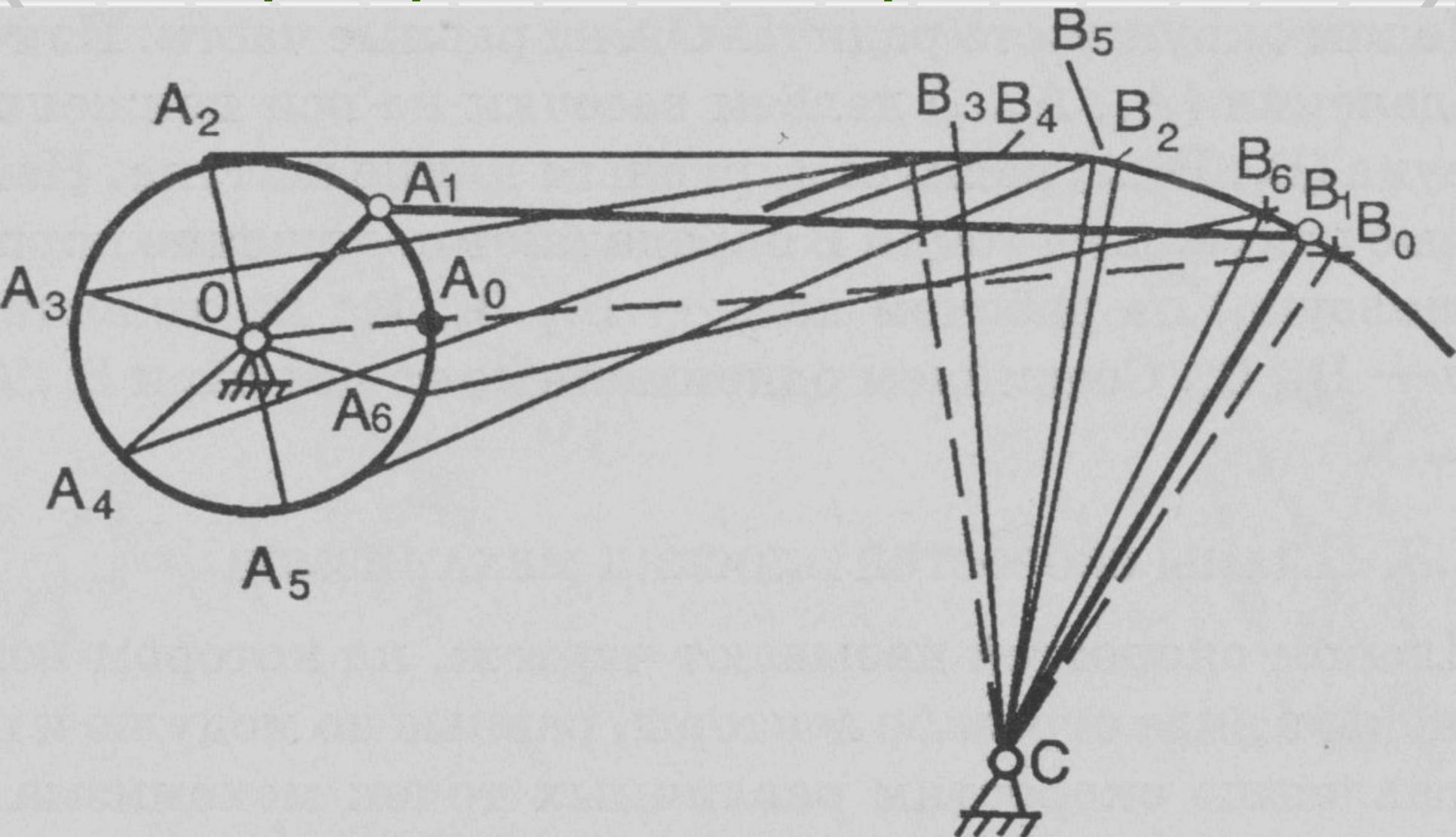
# Построение планов положений исследуемого механизма

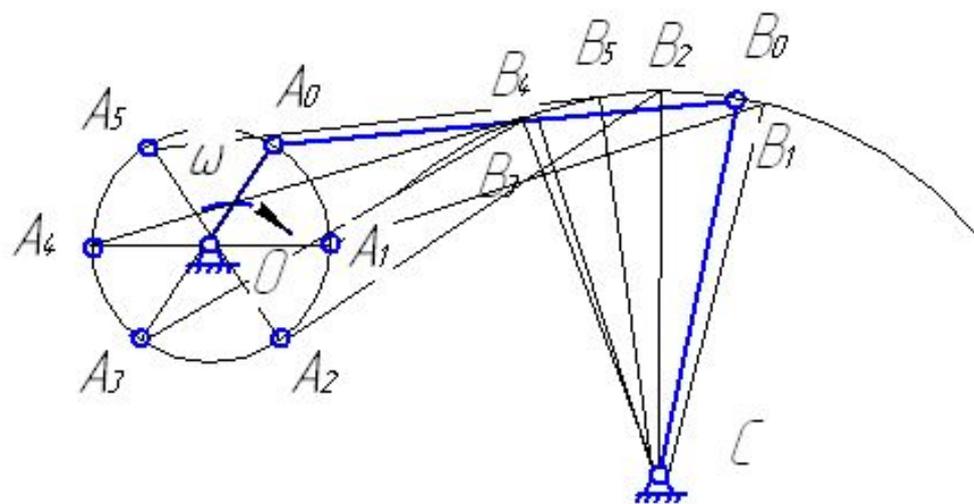
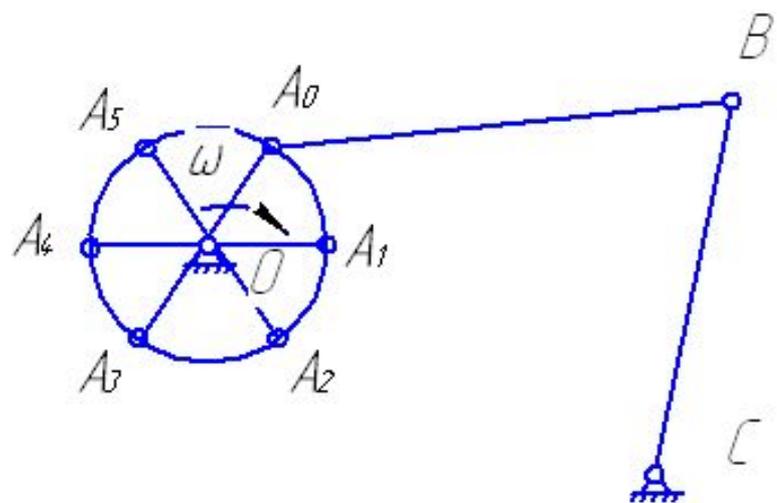
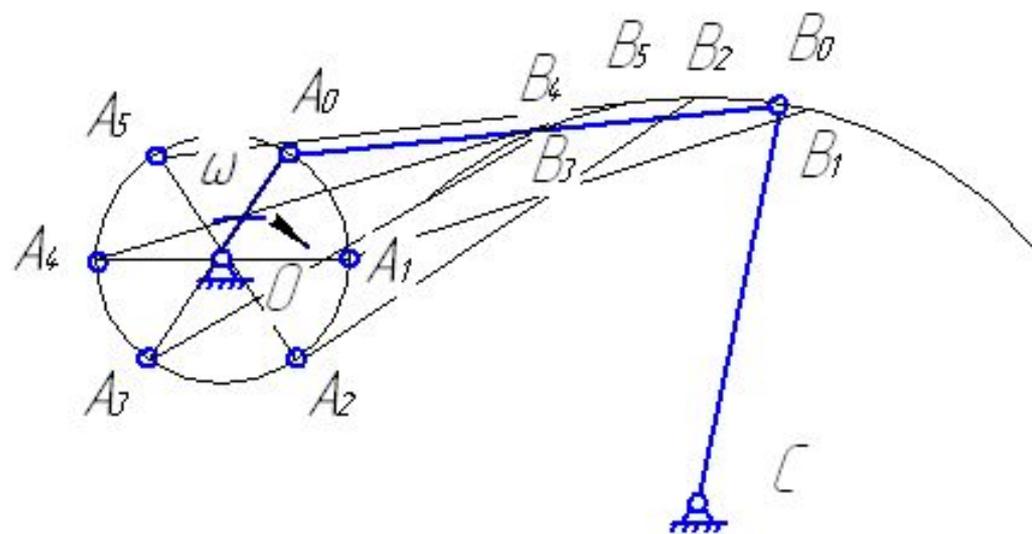
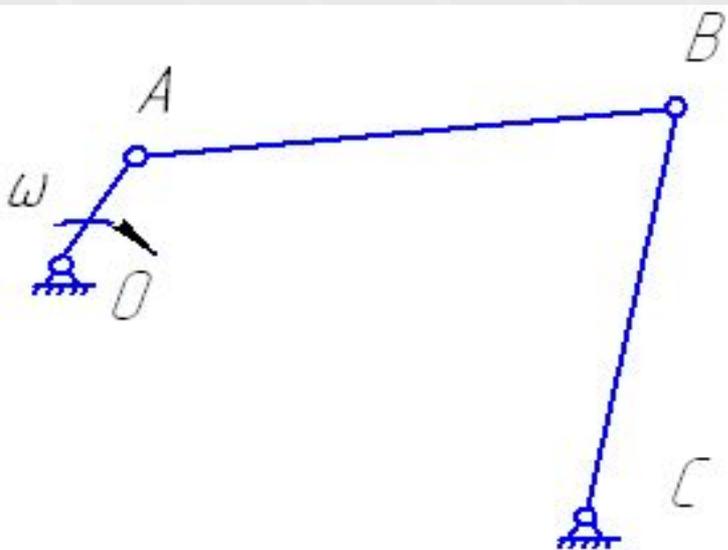
Выбираем масштаб длин для построения  
схемы механизма

$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA} = \frac{\text{длина по заданию}}{\text{произвольная длина на схеме}} \text{ м/мм}$$

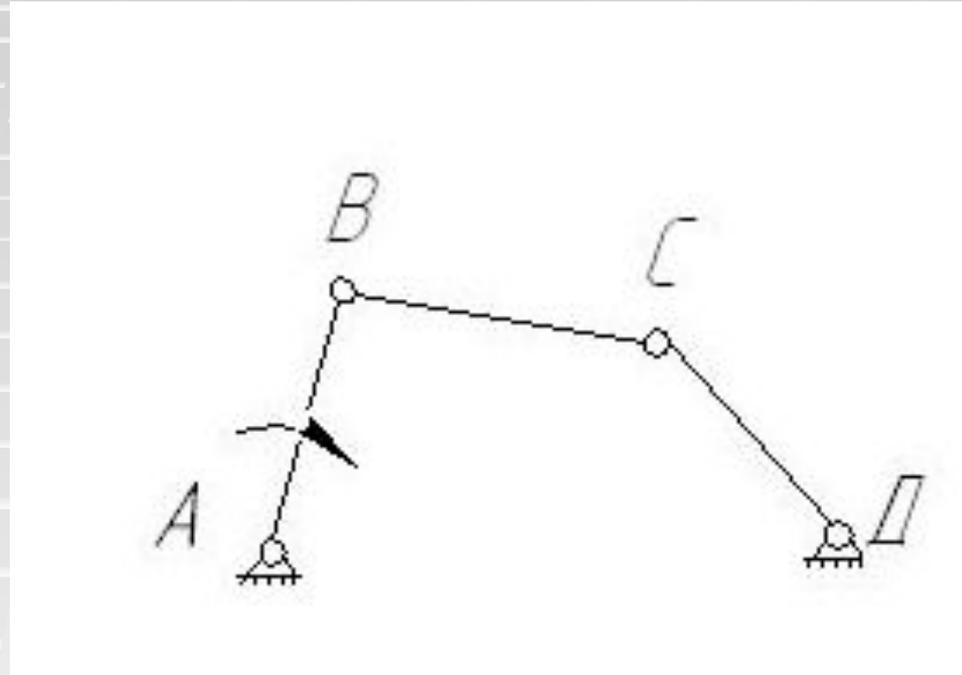
Длину звена OA на схеме выбираем произвольно.

# Шарнирный четырехзвеночник



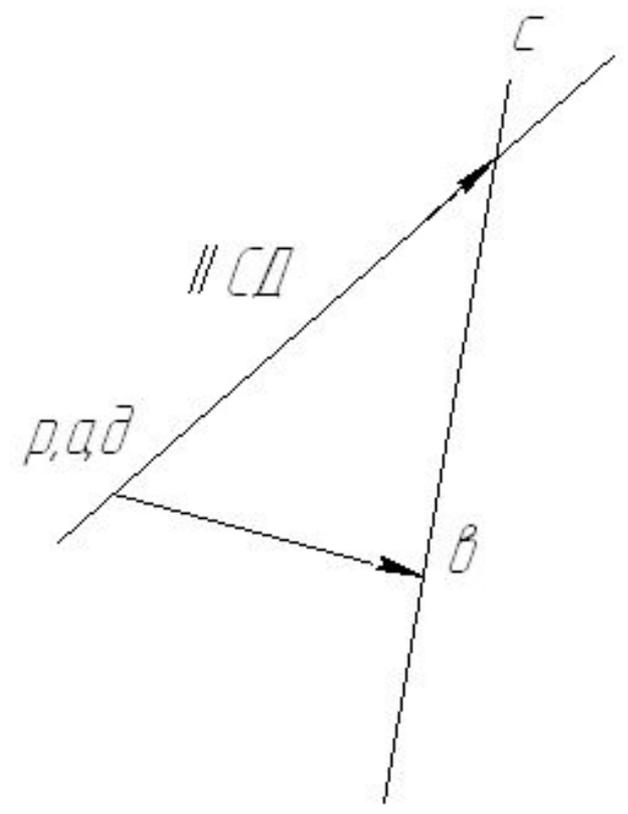
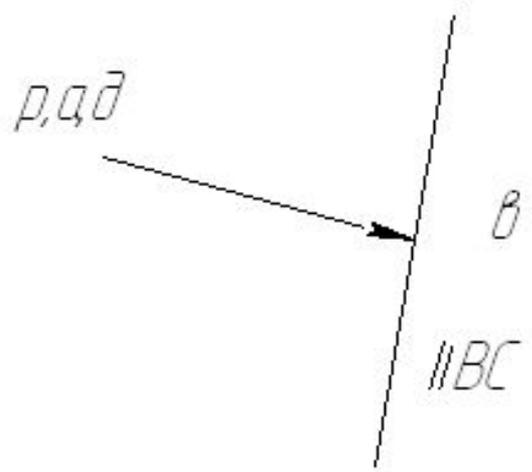
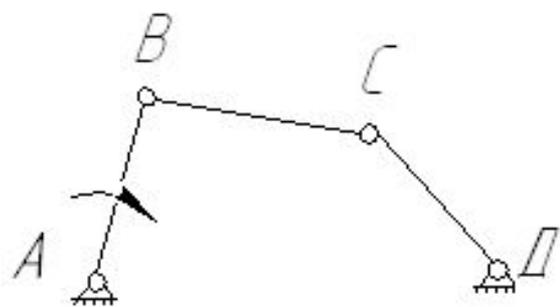


# Построение плана скоростей

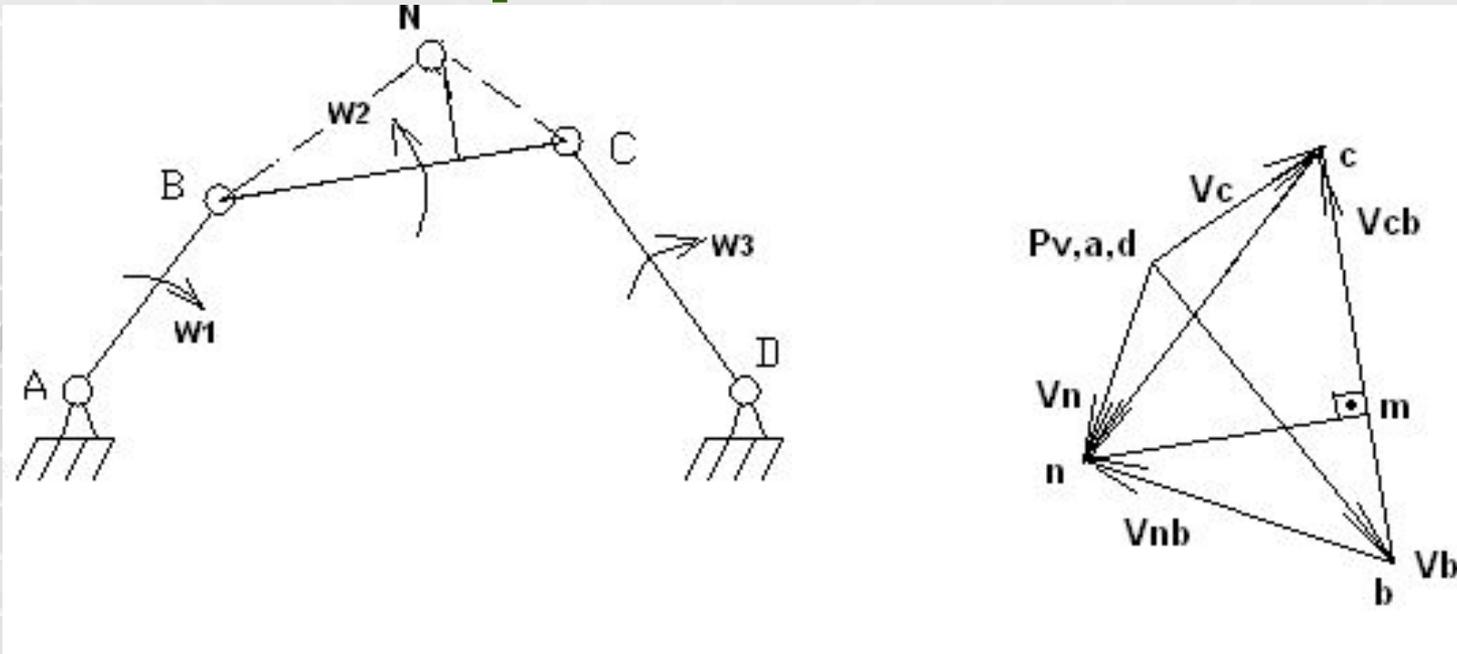


$$\mu_v = \frac{V_b}{P_v \cdot b}$$

$$\mu_v = \omega_1 \cdot \mu_1$$



# Теорема подобия



$$\begin{cases} \overline{V_M} = \overline{V_B} + \overline{V_{NB}} & (\overline{V_{NB}} \perp NB) \\ \overline{V_N} = \overline{V_C} + \overline{V_{NC}} & (\overline{V_{NC}} \perp NC) \end{cases}$$

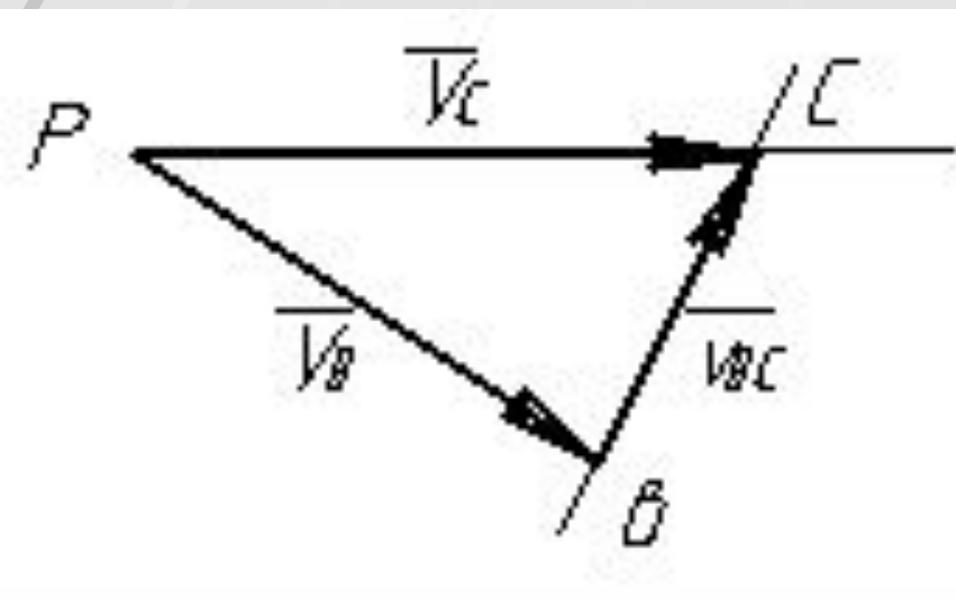
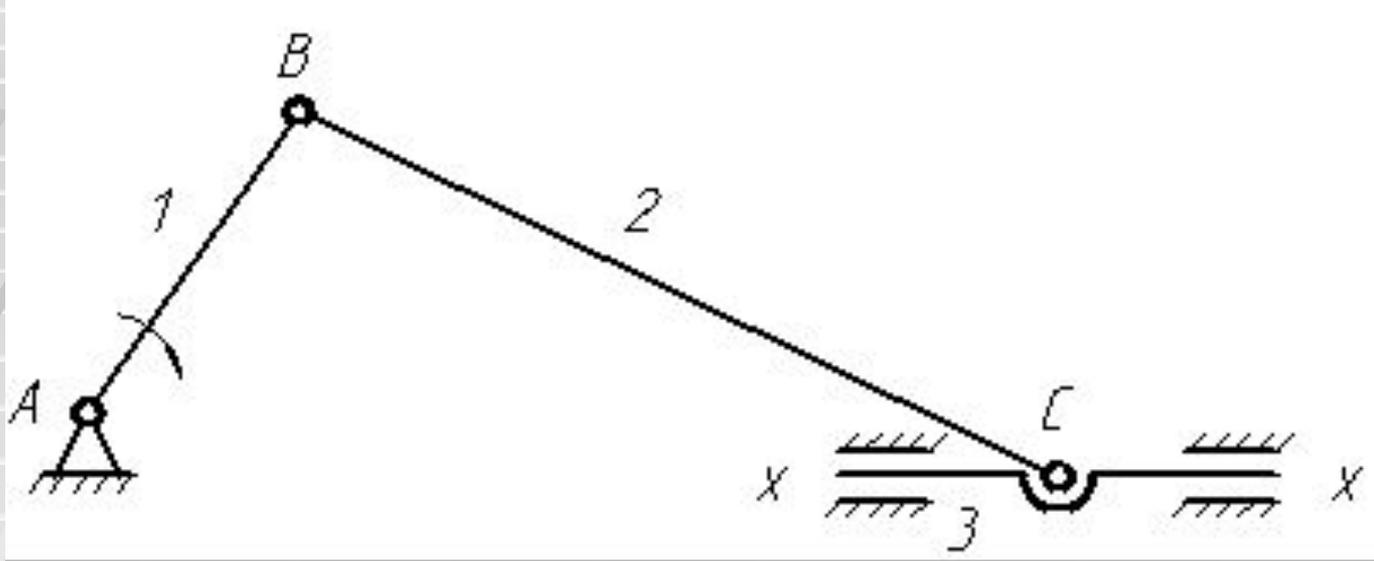
$$\frac{MB}{MC} = \frac{mb}{mc}, \quad \Delta BCN \sim \Delta bcn$$

Точка  $m$  находится на  $bc$ .

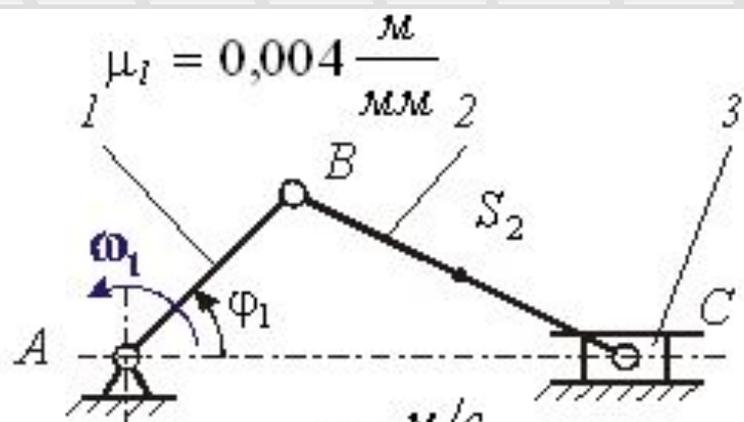
Все отрезки на плане скоростей

соответственно подобны отрезкам на схеме.

Для нахождения скорости точки С напишем векторные уравнения.



$$\begin{cases} \vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB} \\ \vec{V}_C \parallel X - X \end{cases}$$

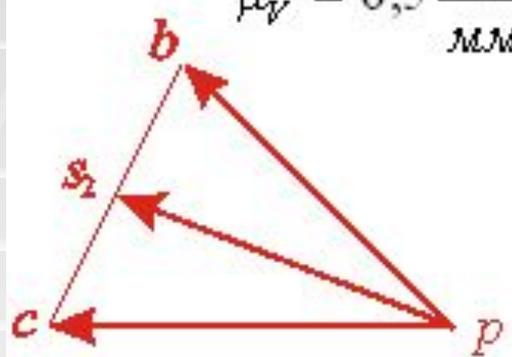


$$l_{AB} = 0,08M$$

$$l_{BC} = 0,128M$$

$$l_{BS_2} = l_{CS_2}$$

$$\mu_v = 0,5 \frac{M/c}{mm}$$



$$pb = 32mm$$

$$ps_2 = 30mm$$

$$pc = 35mm$$

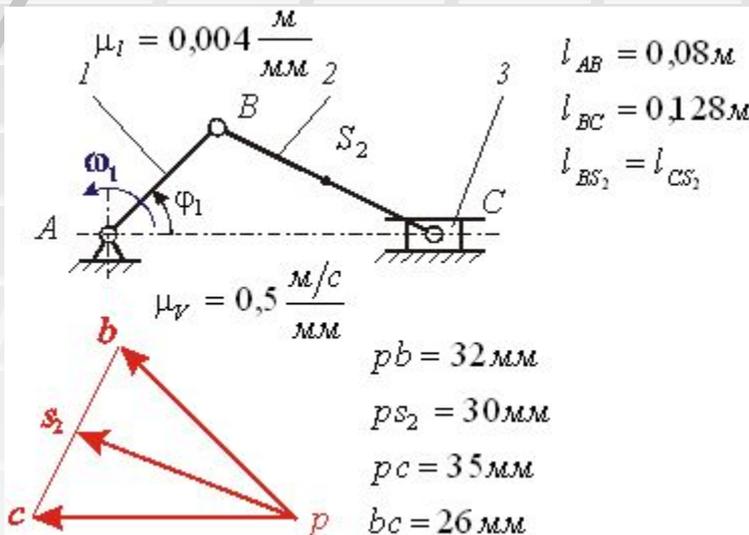
$$bc = 26mm$$

# Определение скорости центра шарниров :A,B,C, D

$$V_A = 0, V_{C1} = 0$$

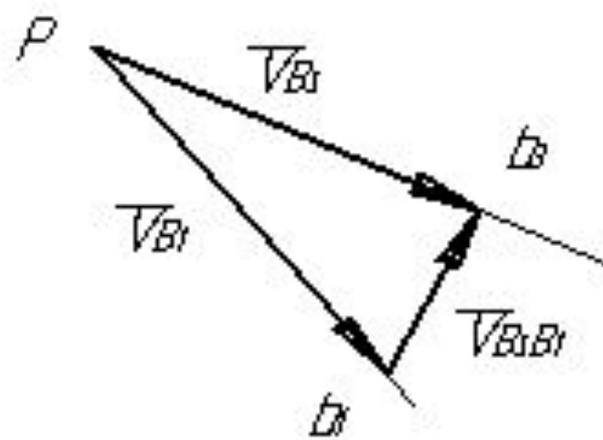
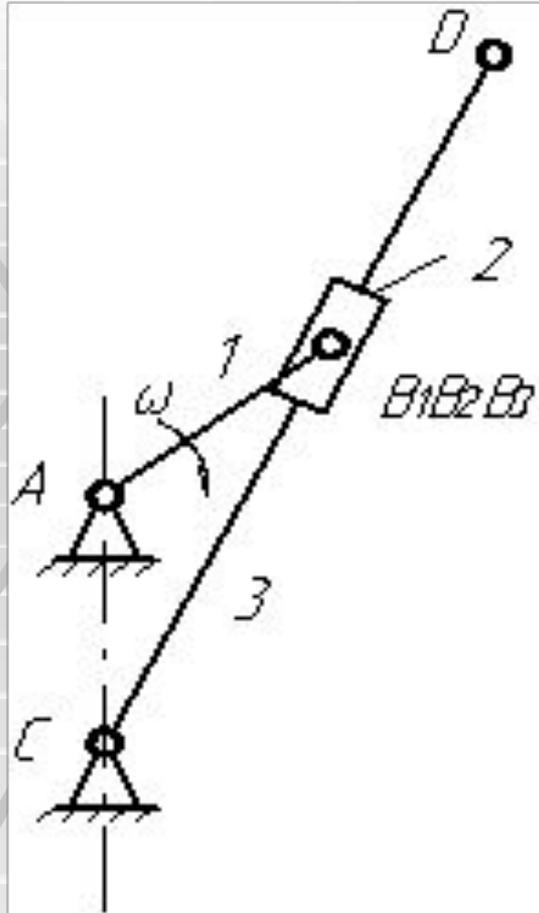
$$V_B = \omega \times l_{AB}$$

$$V_C = \rho_c \times \mu_v$$

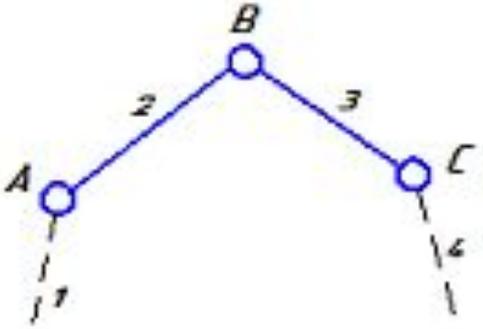
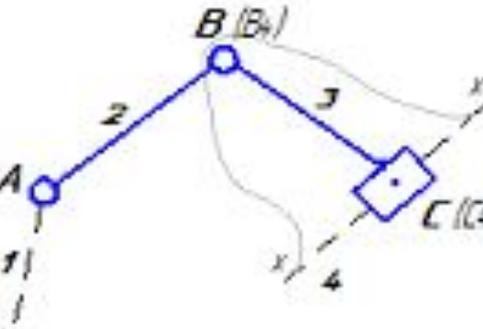


$$V_C = 35 \times 0.5 = 17.5M/c$$

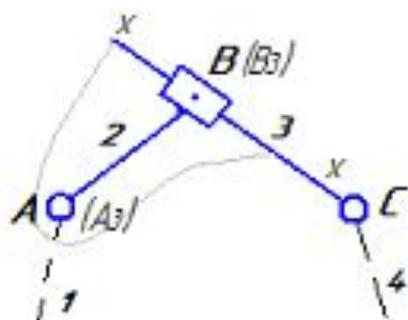
$$V_s = 30 \times 0.5 = 16M/c$$



# Кинематический анализ групп Ассура II класса методом планов

Вид группы	конфигурация группы	уравнения для построения планов скоростей и для определения угловых скоростей	уравнения для построения планов ускорений и для определения угловых ускорений
1		$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}; & \vec{V}_{BA} \perp AB \\ \vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{BC}; & \vec{V}_{BC} \perp BC \end{cases}$ $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{AB}; \quad \omega_3 = \frac{V_{BC}}{BC}$	$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t & \vec{a}_{BA}^t \perp AB \\ \vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^t & \vec{a}_{BC}^t \perp BC \end{cases}$ $\begin{aligned} a_{BA}^n &= \omega_2^2 \cdot AB; & a_{BC}^n &= \omega_3^2 \cdot BC \\ \epsilon_2 &= \frac{a_{BA}^t}{AB}; & \epsilon_3 &= \frac{a_{BC}^t}{BC} \end{aligned}$
2		$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}; & \vec{V}_{BA} \perp AB \\ \vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{BC}; & \vec{V}_{BC} \parallel x-x \\ \vec{V}_C = \vec{V}_x + \vec{V}_{Cx}; & \vec{V}_{Cx} = \vec{V}_{BC} \end{cases}$ $\omega_2 = \frac{V_{BA}}{AB}; \quad \omega_3 = \omega_4$	$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{BA}^n + \vec{a}_{BA}^t; & \vec{a}_{BA}^t \perp AB \\ \vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC}^n + \vec{a}_{BC}^t; & \vec{a}_{BC}^t \parallel x-x \end{cases}$ $\begin{aligned} a_{BA}^n &= \omega_2^2 \cdot AB; & a_{BC}^t &= 2 \cdot \omega_3 \cdot V_{BC} \\ \vec{a}_C &= \vec{a}_x + \vec{a}_{Cx}^n + \vec{a}_{Cx}^t; & \vec{a}_{Cx}^t &= \vec{a}_{BC}^t \\ \epsilon_2 &= \frac{a_{BA}^t}{AB}; & \epsilon_3 &= \epsilon_4; & \vec{a}_{Cx}^n &= \vec{a}_{BC}^n \end{aligned}$

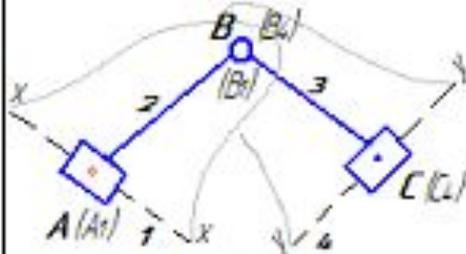
3



$$\begin{cases} \vec{V}_A = \vec{V}_A + \vec{V}_{A2A}; & \vec{V}_{A2A} \parallel X-X \\ \vec{V}_B = \vec{V}_C + \vec{V}_{BC3}; & \vec{V}_{BC3} \perp AC \\ \vec{V}_B = \vec{V}_B + \vec{V}_{BB2}; & \vec{V}_{BB2} = \vec{V}_{AA2} \\ \omega_2 = \omega_3 = \frac{V_{AC}}{AC}; & \vec{V}_{AA2} = -\vec{V}_{A2A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \vec{a}_A = \vec{a}_A + \vec{a}_{A2A}^t + \vec{a}_{A2A}^n; & \vec{a}_{A2A}^n \parallel AB \\ \vec{a}_B = \vec{a}_C + \vec{a}_{BC3}^t + \vec{a}_{BC3}^n; & \vec{a}_{BC3}^n \perp AC \\ a_{A2A}^t = 2 \cdot \omega_2 \cdot V_{A2A}; & a_{A2A}^n = \omega_2^2 \cdot AC \\ \vec{a}_B = \vec{a}_B + \vec{a}_{BB2}^t + \vec{a}_{BB2}^n \\ \vec{a}_{BB2}^t = \vec{a}_{AA2}^t = -\vec{a}_{A2A}^t; & \vec{a}_{BB2}^n = \vec{a}_{AA2}^n = -\vec{a}_{A2A}^n \\ \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \frac{a_{AC}}{AC} \end{cases}$$

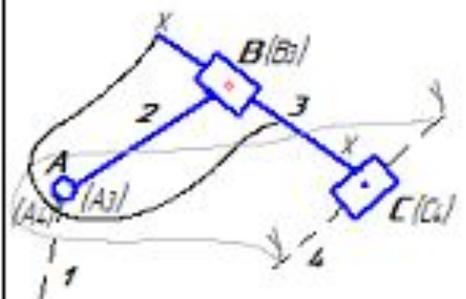
4



$$\begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_B + \vec{V}_{BB2}; & \vec{V}_{BB2} \parallel X-X \\ \vec{V}_B = \vec{V}_B + \vec{V}_{BB3}; & \vec{V}_{BB3} \parallel Y-Y \\ \vec{V}_A = \vec{V}_A + \vec{V}_{AA1}; & \vec{V}_{AA1} = \vec{V}_{BB1} \\ \vec{V}_C = \vec{V}_C + \vec{V}_{CC1}; & \vec{V}_{CC1} = \vec{V}_{BB1} \\ \omega_2 = \omega_1; & \omega_3 = \omega_1 \end{cases}$$

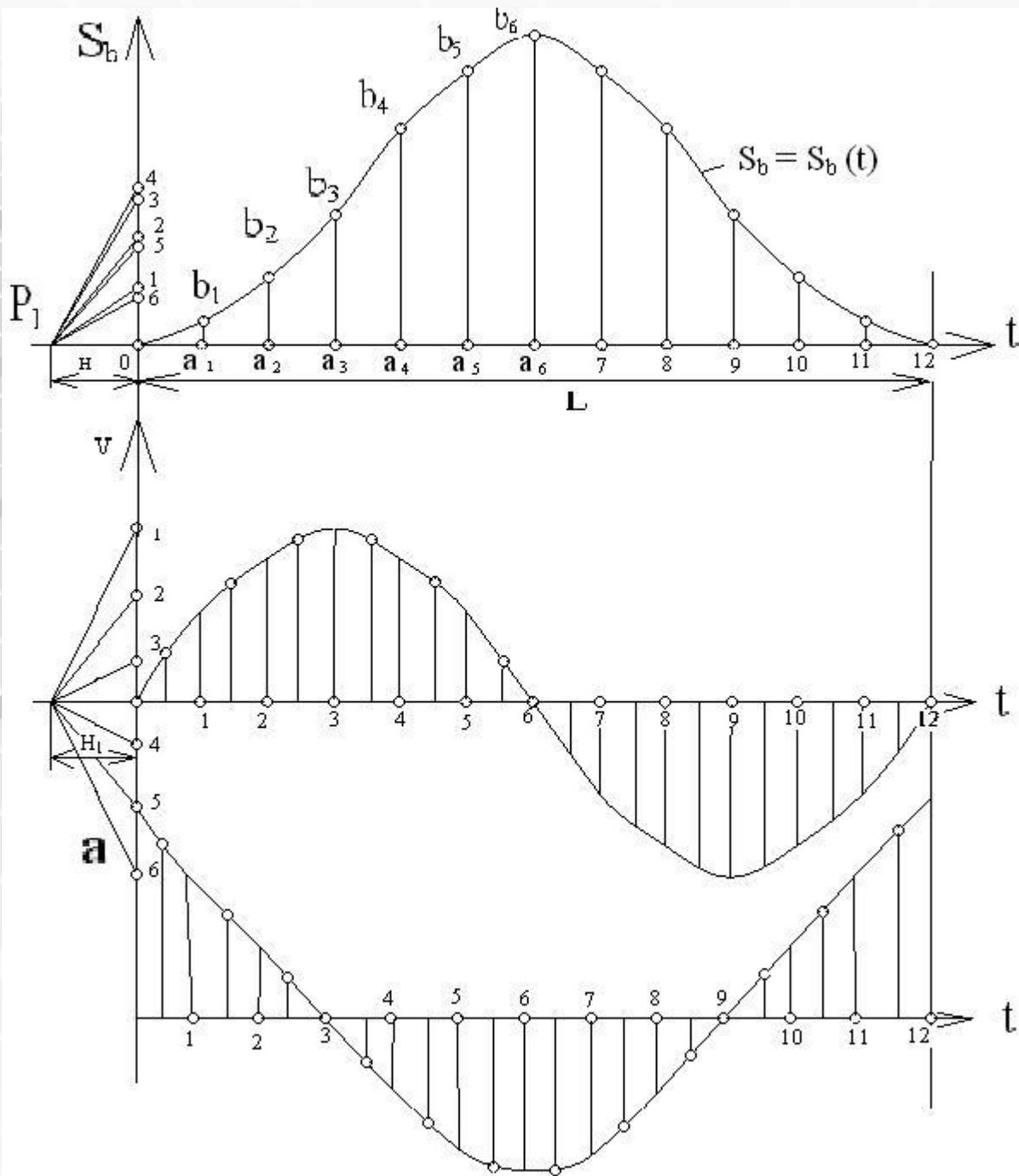
$$\begin{cases} \vec{a}_B = \vec{a}_B + \vec{a}_{BB2}^t + \vec{a}_{BB2}^n; & \vec{a}_{BB2}^n \parallel X-X \\ \vec{a}_B = \vec{a}_B + \vec{a}_{BB3}^t + \vec{a}_{BB3}^n; & \vec{a}_{BB3}^n \parallel Y-Y \\ a_{BB2}^t = 2 \cdot \omega_1 \cdot V_{BB1}; & a_{BB3}^t = 2 \cdot \omega_1 \cdot V_{BB1} \\ \vec{a}_A = \vec{a}_A + \vec{a}_{AA1}^t + \vec{a}_{AA1}^n; & \vec{a}_{AA1}^n = \vec{a}_{BB1}^n \\ \varepsilon_2 = \varepsilon_1; & \vec{a}_{AA1}^t = \vec{a}_{BB1}^t \\ \vec{a}_C = \vec{a}_C + \vec{a}_{CC1}^t + \vec{a}_{CC1}^n; & \vec{a}_{CC1}^n = \vec{a}_{BB1}^n \\ \varepsilon_3 = \varepsilon_1; & \vec{a}_{CC1}^t = \vec{a}_{BB1}^t \end{cases}$$

5



$$\begin{cases} \vec{V}_A = \vec{V}_A + \vec{V}_{A2A}; & \vec{V}_{A2A} \parallel X-X \\ \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{A2B}; & \vec{V}_{A2B} \parallel Y-Y \\ \vec{V}_B = \vec{V}_B + \vec{V}_{BB2}; & \vec{V}_{BB2} = \vec{V}_{AA2} \\ \vec{V}_C = \vec{V}_C + \vec{V}_{CC3}; & \vec{V}_{CC3} = \vec{V}_{AA3} \\ \omega_2 = \omega_3 = \omega_1; & \vec{V}_{AA3} = -\vec{V}_{A2A} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \vec{a}_A = \vec{a}_A + \vec{a}_{A2A}^t + \vec{a}_{A2A}^n; & \vec{a}_{A2A}^n \parallel X-X \\ \vec{a}_B = \vec{a}_A + \vec{a}_{A2B}^t + \vec{a}_{A2B}^n; & \vec{a}_{A2B}^n \parallel Y-Y \\ a_{A2A}^t = 2 \cdot \omega_1 \cdot V_{A2A}; & a_{A2B}^t = 2 \cdot \omega_1 \cdot V_{A2B} \\ \vec{a}_C = \vec{a}_C + \vec{a}_{CC3}^t + \vec{a}_{CC3}^n; & \vec{a}_{CC3}^n = \vec{a}_{AA3}^n \\ \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \varepsilon_1; & \vec{a}_{CC3}^t = \vec{a}_{AA3}^t \\ \vec{a}_B = \vec{a}_B + \vec{a}_{BB2}^t + \vec{a}_{BB2}^n \\ \vec{a}_{BB2}^t = \vec{a}_{AA2}^t = -\vec{a}_{A2A}^t; & \vec{a}_{BB2}^n = \vec{a}_{AA2}^n = -\vec{a}_{A2A}^n \end{cases}$$



изма и  
 перемещений

$$Y_1 = k B_0 B_1$$

$$Y_2 = k B_0 B_2$$

Масштаб времени,  
 откладываемого по  
 оси абсцисс:

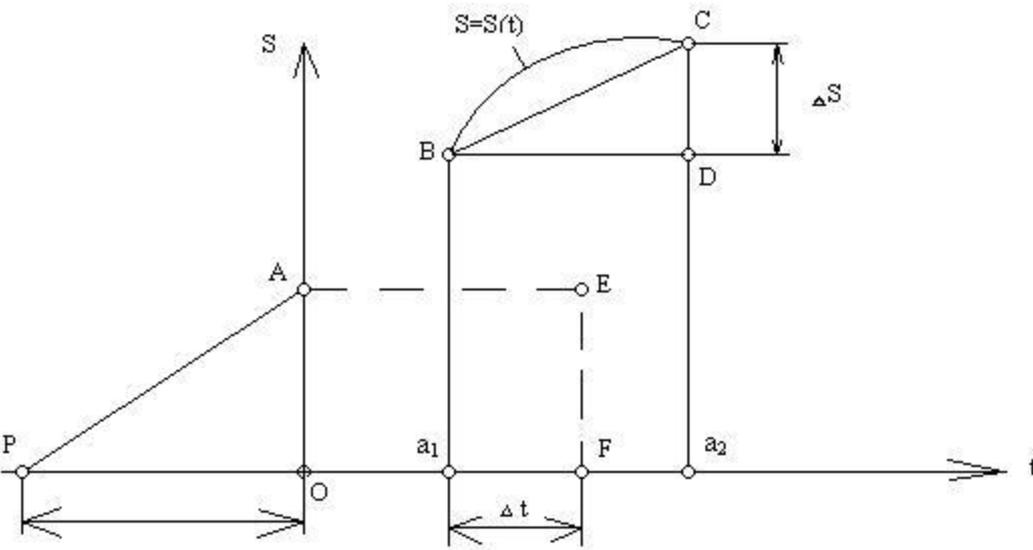
$$\mu_t = \frac{T}{L} \left( \frac{\text{сек}}{\text{МИН}} \right)$$

Между масштабом  
 плана механизма и  
 масштабом ординат  
 диаграммы  
 перемещений  
 существует  
 зависимость

$$\mu_s = \frac{1}{k} \cdot \mu_1$$

# Построение графиков скорости и ускорения по графику перемещения

- Построение графиков  $v(t)$  и  $a(t)$  по графику  $s(t)$  осуществляется методом графического дифференцирования, сущность которого заключается в следующем.
- Пусть есть перемещение некоторой точки за малый промежуток времени. Проведем секущую BC, а из полюса P, выбранного произвольно на расстоянии H от начала координат луч, параллельный BC. Из подобия PAO и BOD следует:
- Действительное значение перемещения за время отображается отрезком:
- Отрезок оси абсцисс  $\Delta t$  - отображает длительность интервала времени в масштабе.
- Подставив эти значения в равенство найдем:
- (4)
- отношение представляет среднее значение скорости движения точки на пути длиной  $\Delta s$ , то следует:



и движения точки.  
 скорости соответствует среднему мгновенному промежутку  $t$ ,  
 также замена дуги соответствующим отрезком  
 графика V. При этом новое полюсное расстояние  
 место  
 читься со значительными искажениями.