



*Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

Т 1.3. Кінематичні дослідження механізмів

Рачкевич Руслан

Тематичний план лекції

- ▶ Задачі та методи кінематичного дослідження механізмів.
- ▶ Побудова положень ланок механізму і траєкторії окремих точок.
- ▶ Масштабні коефіцієнти.
- ▶ Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів.

► Задачі та методи кінематичного дослідження механізмів

Мета кінематичного дослідження механізмів – визначення руху ланок механізмів без врахування сил, які на них діють.

Основні задачі кінематичного дослідження механізмів:

- 1) визначення траєкторій точок і положень ланок механізму;
- 2) визначення кутових і лінійних швидкостей ланок механізму та їх точок;
- 3) визначення кутових і лінійних прискорень ланок механізму та їх точок.

Методи кінематичного аналізу механізмів: а) графічний; б) аналітичний; в) експериментальний

- ▶ Побудова положень ланок механізму і траєкторії окремих точок
- ▶ Масштабні коефіцієнти

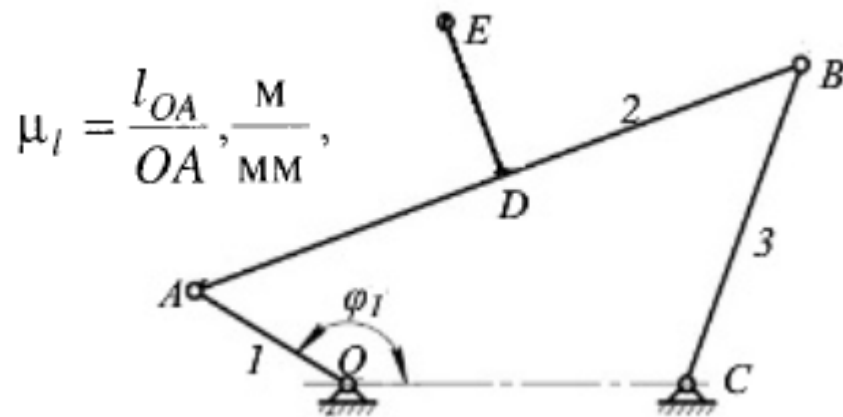
Кінематична схема механізму – це схема, на якій за допомогою умовних позначень зображують ланки механізму та кінематичні пари з позначенням розмірів, що необхідні для кінематичного аналізу

План механізму – зображення кінематичної схеми механізму в вибраному масштабі, що відповідає визначеному положенню вхідної ланки

Масштабний коефіцієнт фізичної величини – це відношення числового значення фізичної величини у прийнятих одиницях вимірювання до довжини відрізка у міліметрах, що зображає цю величину

План швидкостей (прискорень) – це плоский пучок векторів, які зображають абсолютні швидкості (прискорення) точок ланок механізму, а відрізки, що з'єднують кінці вказаних векторів, відображають відносні швидкості (прискорення) відповідних точок для даного положення механізму.

► Побудова положень ланок механізму і траєкторії окремих точок
[Кривошипно-коромисловий механізм]



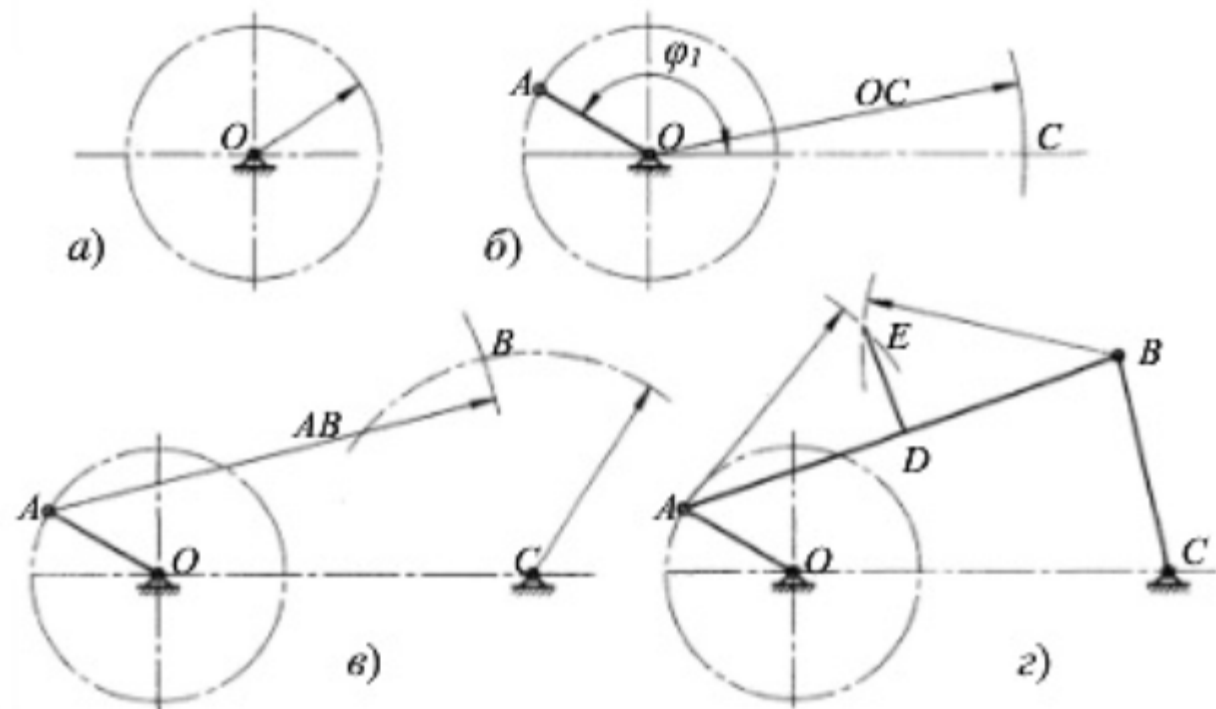
$$OA = l_{OA} / \mu_l, AB = l_{AB} / \mu_l,$$

$$BC = l_{BC} / \mu_l, AD = l_{AD} / \mu_l,$$

$$OC = l_{OC} / \mu_l, DE = l_{DE} / \mu_l,$$

$$AE = BE = \sqrt{AD^2 + DE^2}$$

Метод засічок



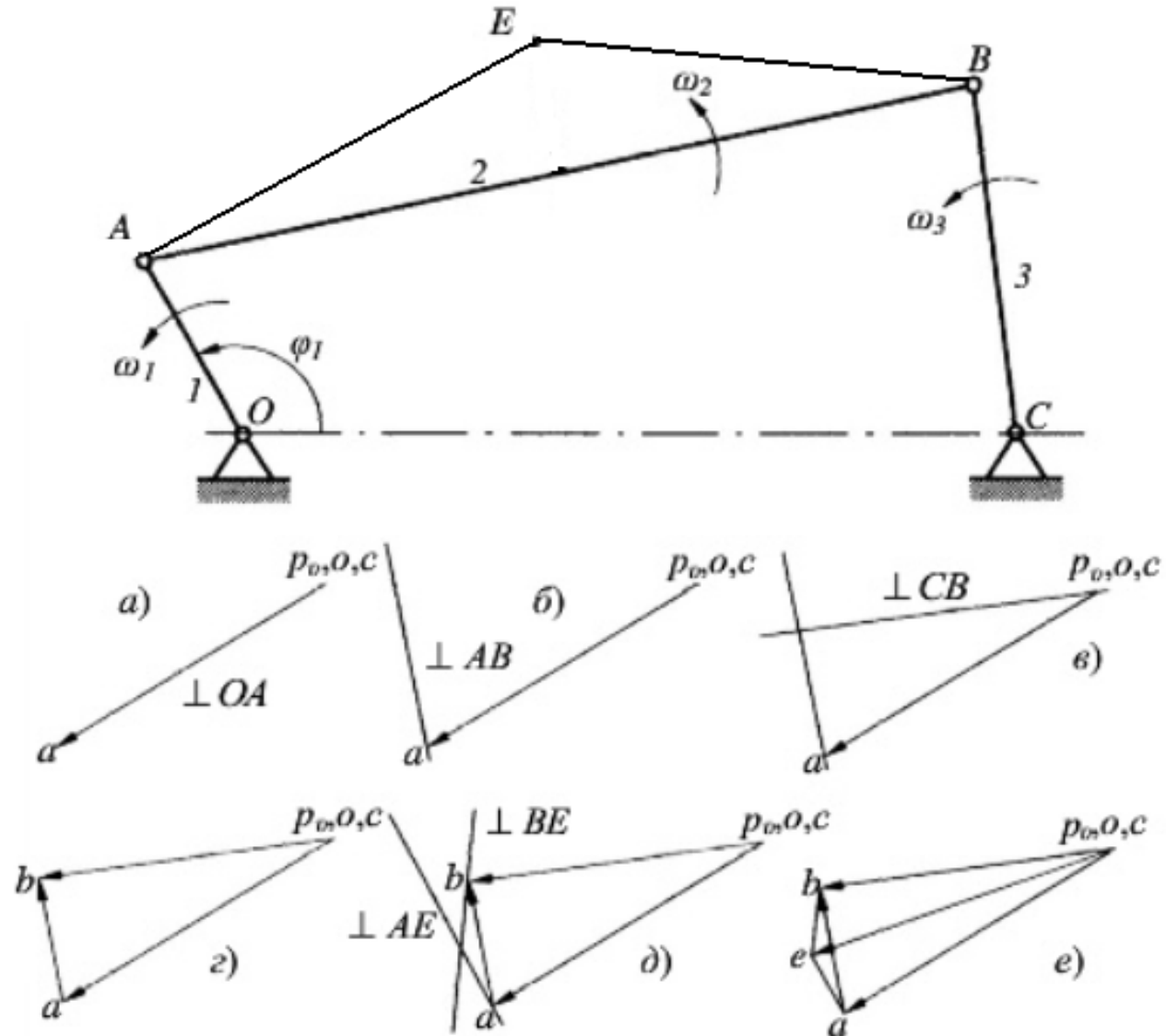
► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кривошипно-коромисловий механізм]

7

1) $v_A = \omega_1 l_{OA}$
 $\mu_v = v_A / p_v a \text{ (м/с·мм)}$

2) $\bar{v}_B = \bar{v}_A + \bar{v}_{BA}$
 $\bar{v}_B = \bar{v}_C + \bar{v}_{BC}$
 $v_B = (p_v b) \mu_v,$
 $v_{BA} = (ab) \mu_v,$

3) $v_E = (p_v e) \mu_v,$



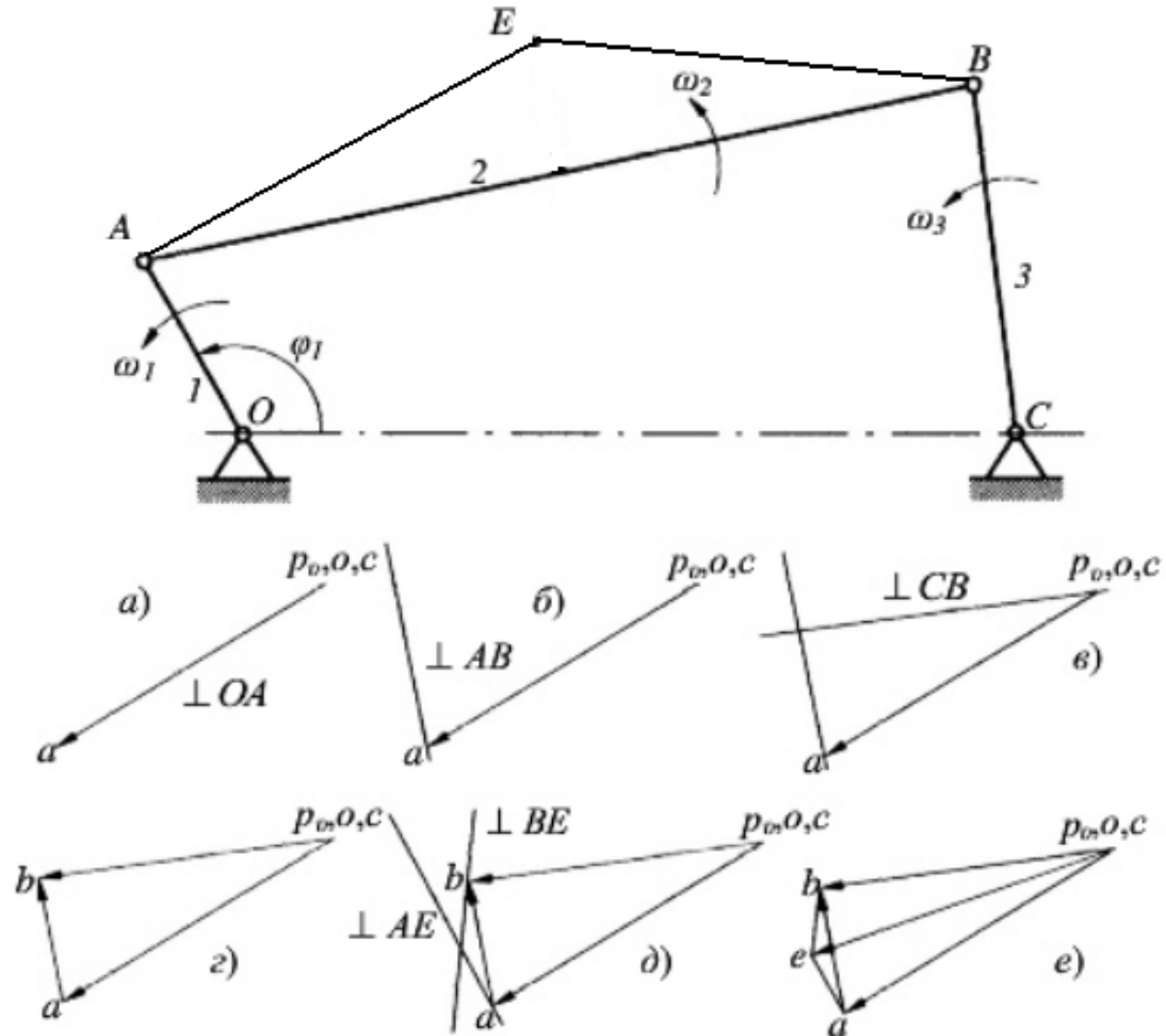
► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кривошипно-коромисловий механізм]

8

4)

$$\omega_3 = \frac{v_{BC}}{l_{CB}} = \frac{cb\mu_v}{l_{CB}}.$$

$$\omega_2 = \frac{v_{BA}}{l_{AB}} = \frac{ab\mu_v}{l_{AB}},$$



► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кривошипно-коромисловий механізм]

9

$$1) \quad \bar{a}_A = \bar{a}_A^n + \bar{a}_A^r$$

$$a_A^n = \frac{v_A^2}{l_{OA}} \text{ або } a_A^n = \omega_1^2 l_{OA}$$

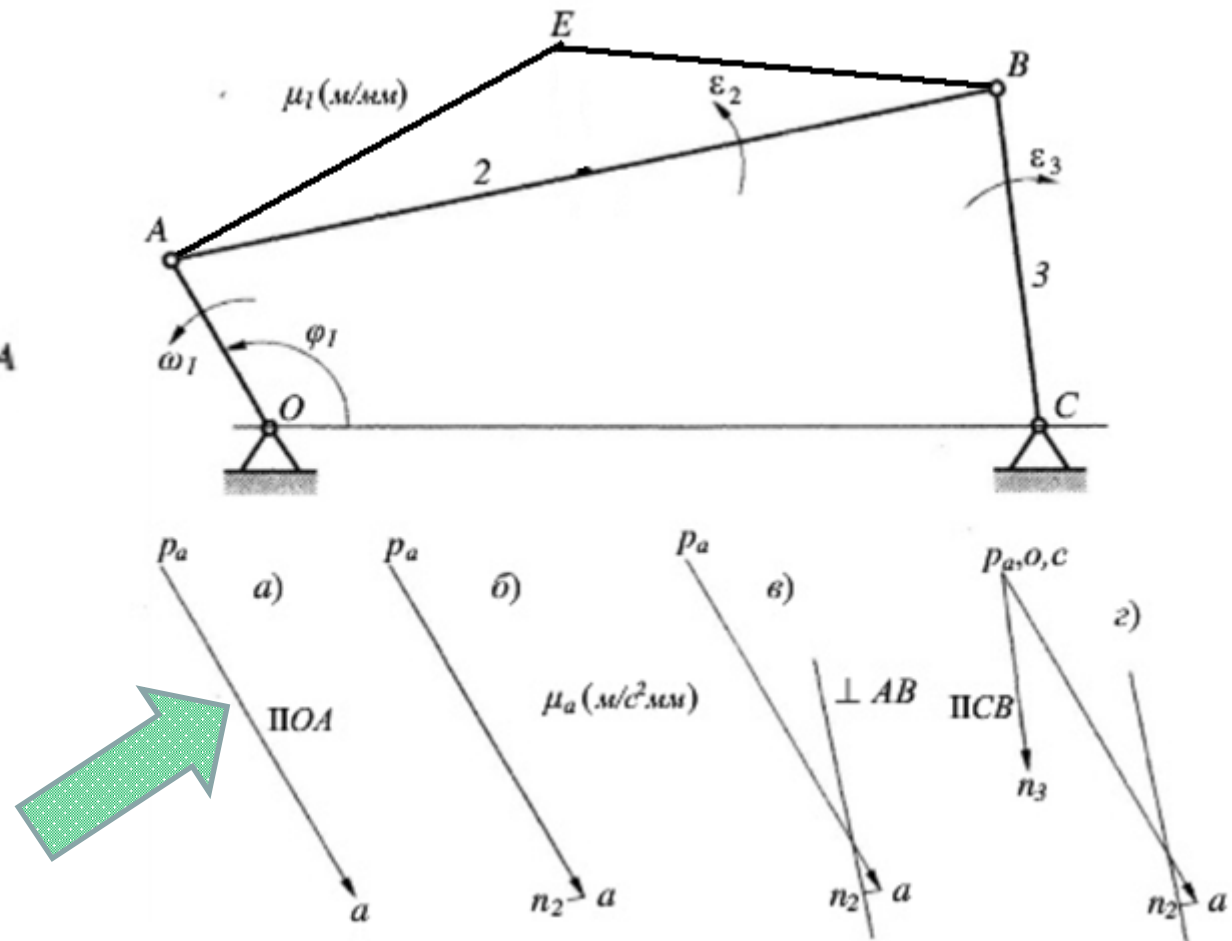
$$a_A^r = \varepsilon_1 l_{OA}$$

$$\varepsilon_1 = 0$$

$$a_A^r = 0$$

$$\bar{a}_A = \bar{a}_A^n$$

$$\mu_a = a_A / p_a a (\text{м/с}^2 \cdot \text{мм})$$



► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кривошипно-коромисловий механізм]

10

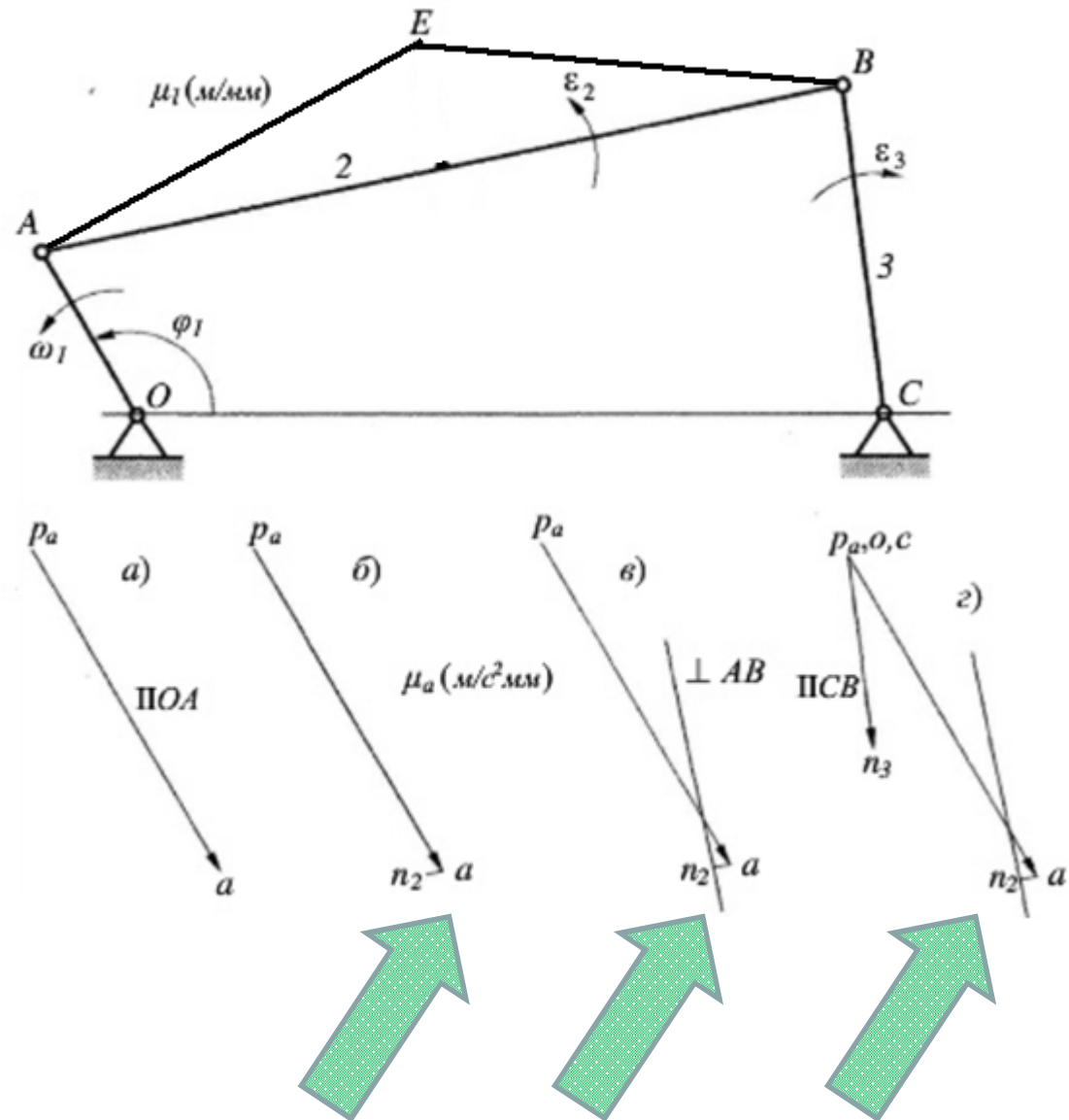
$$2) \quad \bar{a}_B = \bar{a}_A + \bar{a}_{BA}^n + \bar{a}_{BA}^\tau, \\ \bar{a}_B = \bar{a}_C + \bar{a}_{BC}^n + \bar{a}_{BC}^\tau.$$

$$a_{BA}^n = \omega_2^2 l_{AB}, \quad a_{BC}^n = \omega_3^2 l_{CB}$$

$$an_2 = a_{BA}^n / \mu_a$$

$$cn_3 = a_{BC}^n / \mu_a$$

$$a_B = (p_a b) \mu_a, \text{ м/с}^2$$



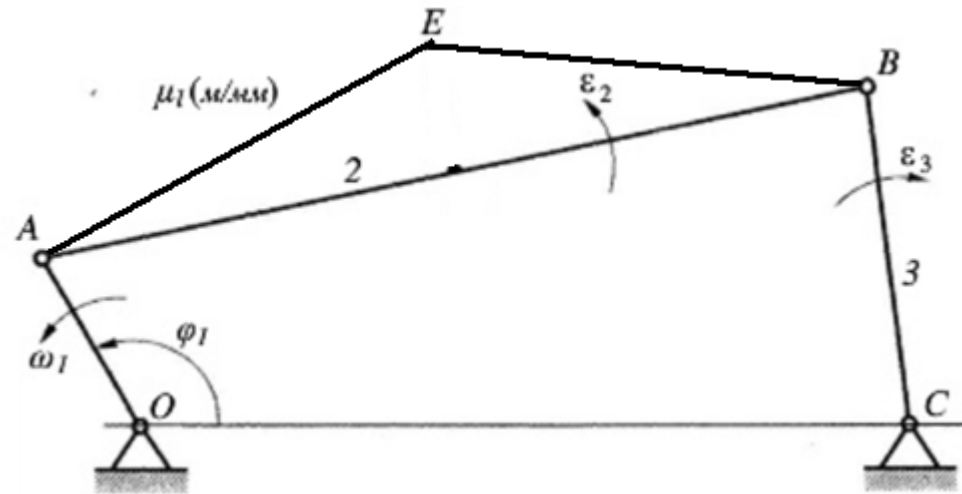
► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кривошипно-коромисловий механізм]

11

$$a_B = (p_a b) \mu_a, \text{ м/с}^2$$

$$a_{BA}^\tau = (n_2 b) \mu_a$$

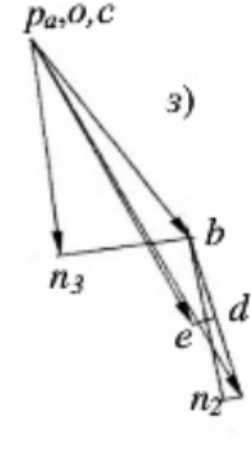
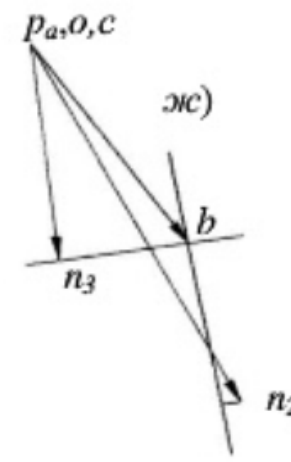
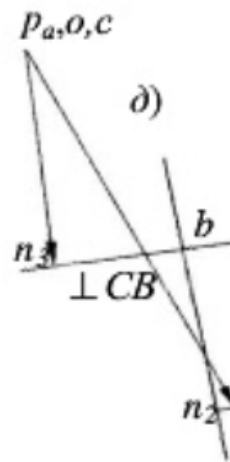
$$a_{BC}^\tau = (n_3 b) \mu_a$$



3) $a_E = (p_a e) \mu_a, \text{ м/с}^2$

4) $\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{AB}} = \frac{(n_2 b) \mu_a}{l_{AB}}, \text{ с}^{-2}$

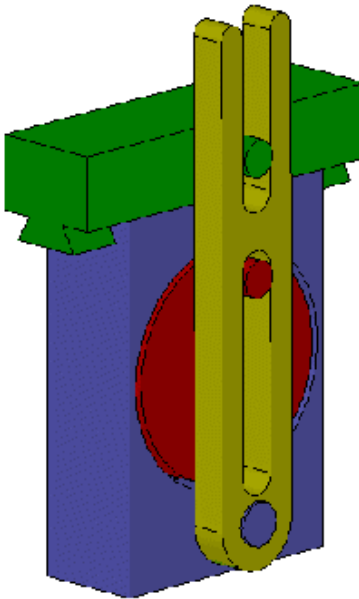
$$\varepsilon_3 = \frac{a_{BC}^\tau}{l_{CB}} = \frac{(n_3 b) \mu_a}{l_{CB}}, \text{ с}^{-2}$$



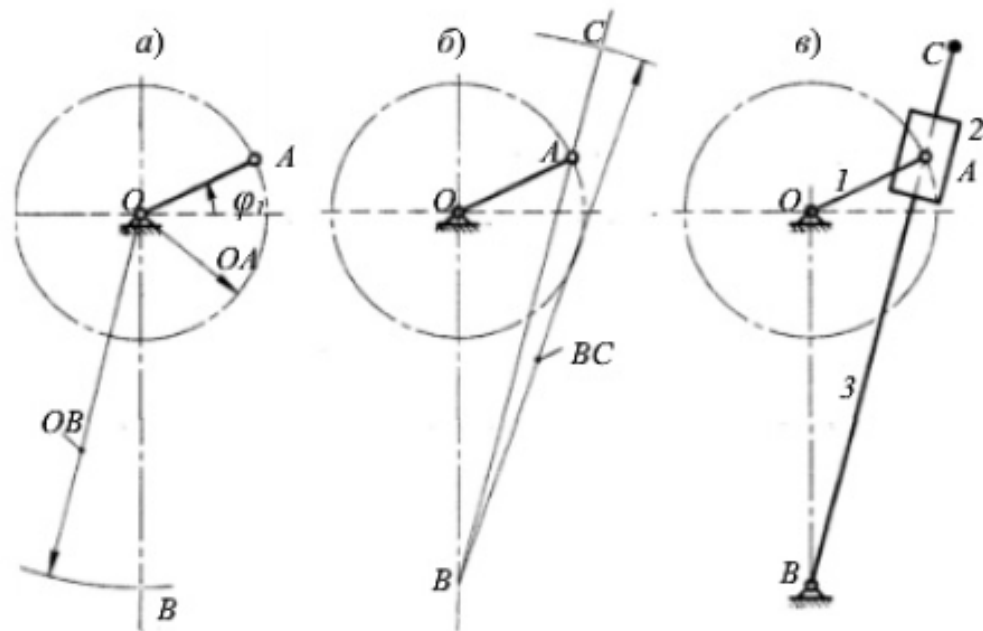
► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кулісний механізм]

12

Приклад кулісного механізму



$$\mu_l = \frac{l_{OA}}{OA}, \frac{m}{mm}; OB = \frac{l_{OB}}{\mu_l}, mm; BC = \frac{l_{BC}}{\mu_l}, mm.$$



► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кулісний механізм]

13

1) Швидкість т. А, А1, А2

$$v_{A1,2} = \omega_1 l_{OA} = \omega_1 OA \mu_l, \frac{m}{c}.$$

2) Швидкість т. А3

$$\begin{cases} \vec{v}_{A3} = \vec{v}_{A2} + \vec{v}_{A3 A2}, \\ \vec{v}_{A3} = \vec{v}_B + \vec{v}_{A3 B}. \end{cases}$$

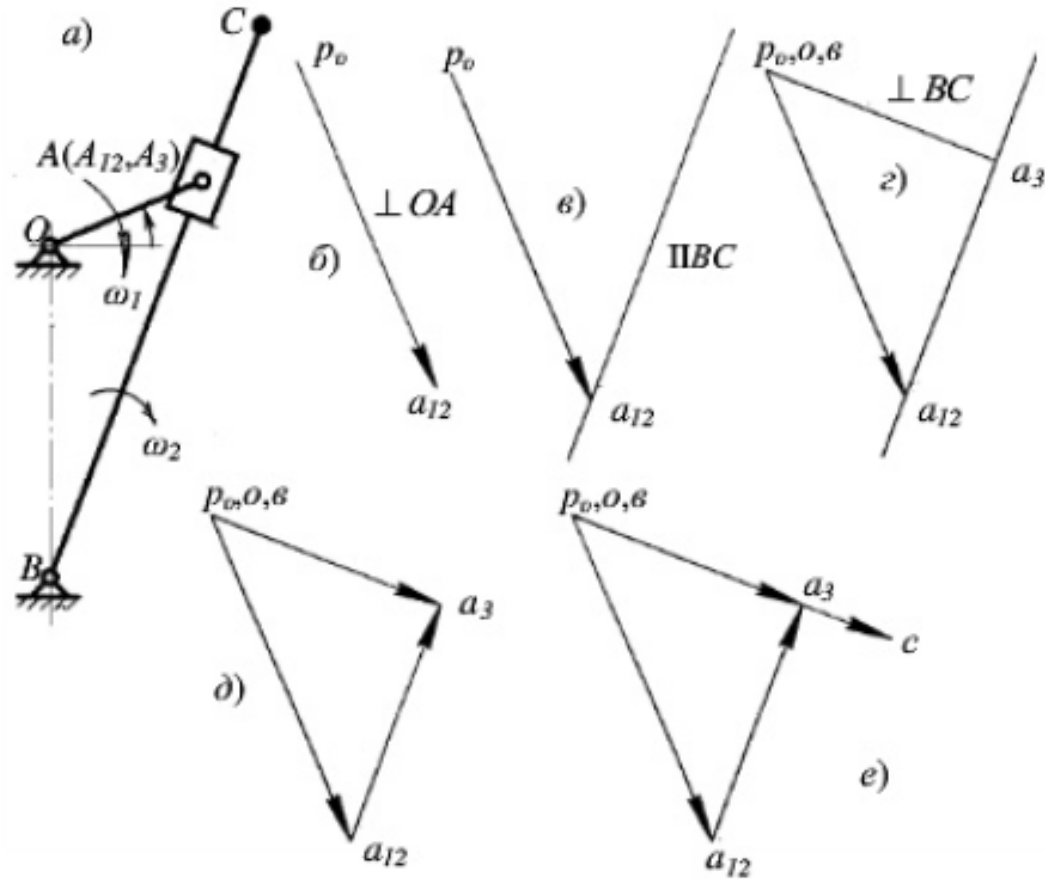
3) Швидкість т. С

$$\frac{BC}{BA_3} = \frac{bc}{ba_3},$$

$$bc = \frac{BC \cdot ba_3}{BA_3}.$$

4) Кутова швидкість ланки ВС

$$\omega_3 = \frac{v_C}{l_{BC}}, \frac{rad}{c}.$$



► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кулісний механізм]

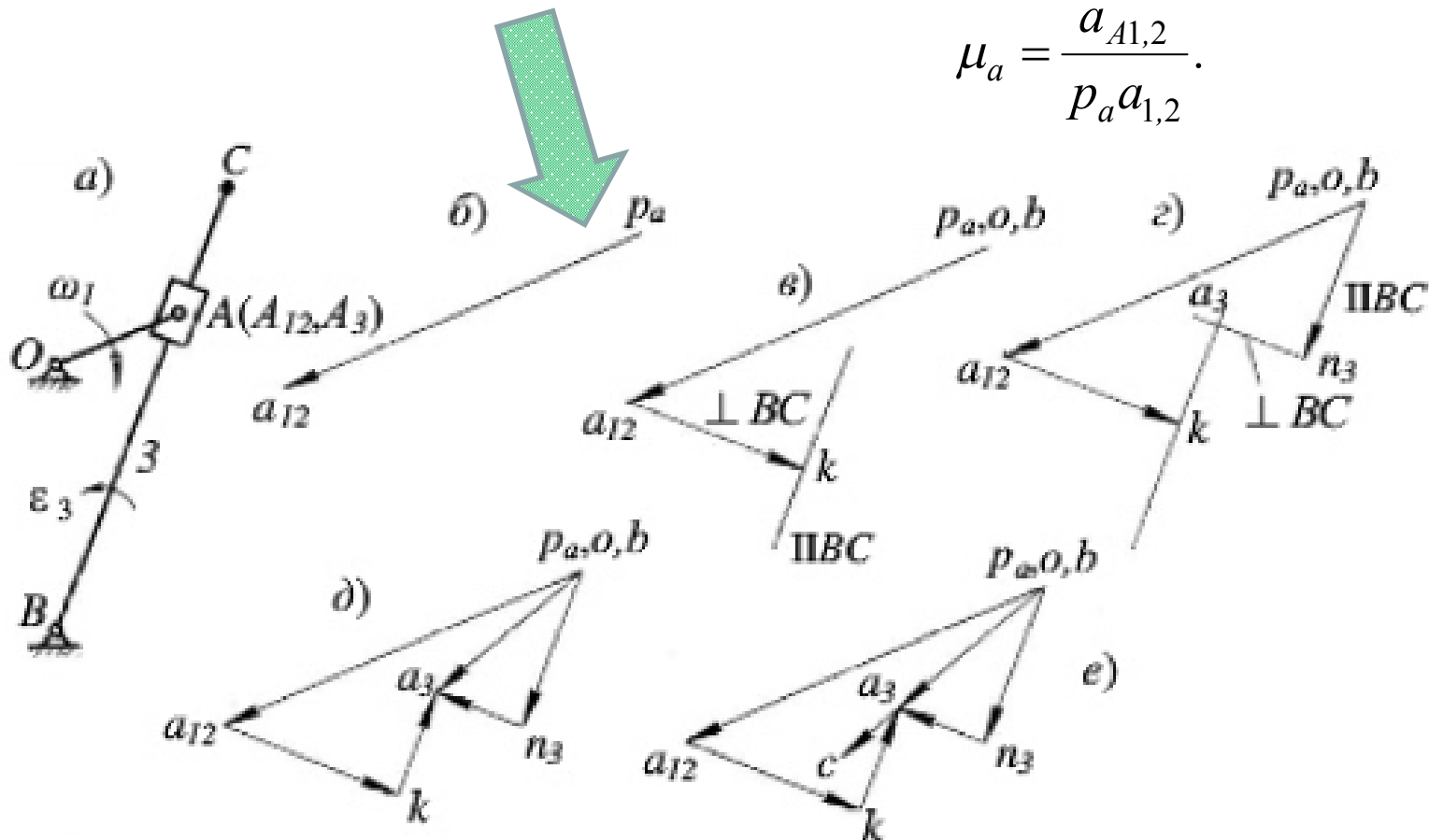
14

$$\vec{a}_{A1,2} = \vec{a}_{A1,2}^n + \vec{a}_{A1,2}^\tau, \quad \omega_1 = const, \quad \varepsilon_1 = 0,$$

1) Прискорення т. А, А1, А2

$$a_{A1,2} = a_{A1,2}^n = \omega_1^2 l_{OA} = \omega_1^2 OA \mu_l, \quad \frac{M}{c^2},$$

$$\mu_a = \frac{a_{A1,2}}{p_a a_{1,2}}.$$



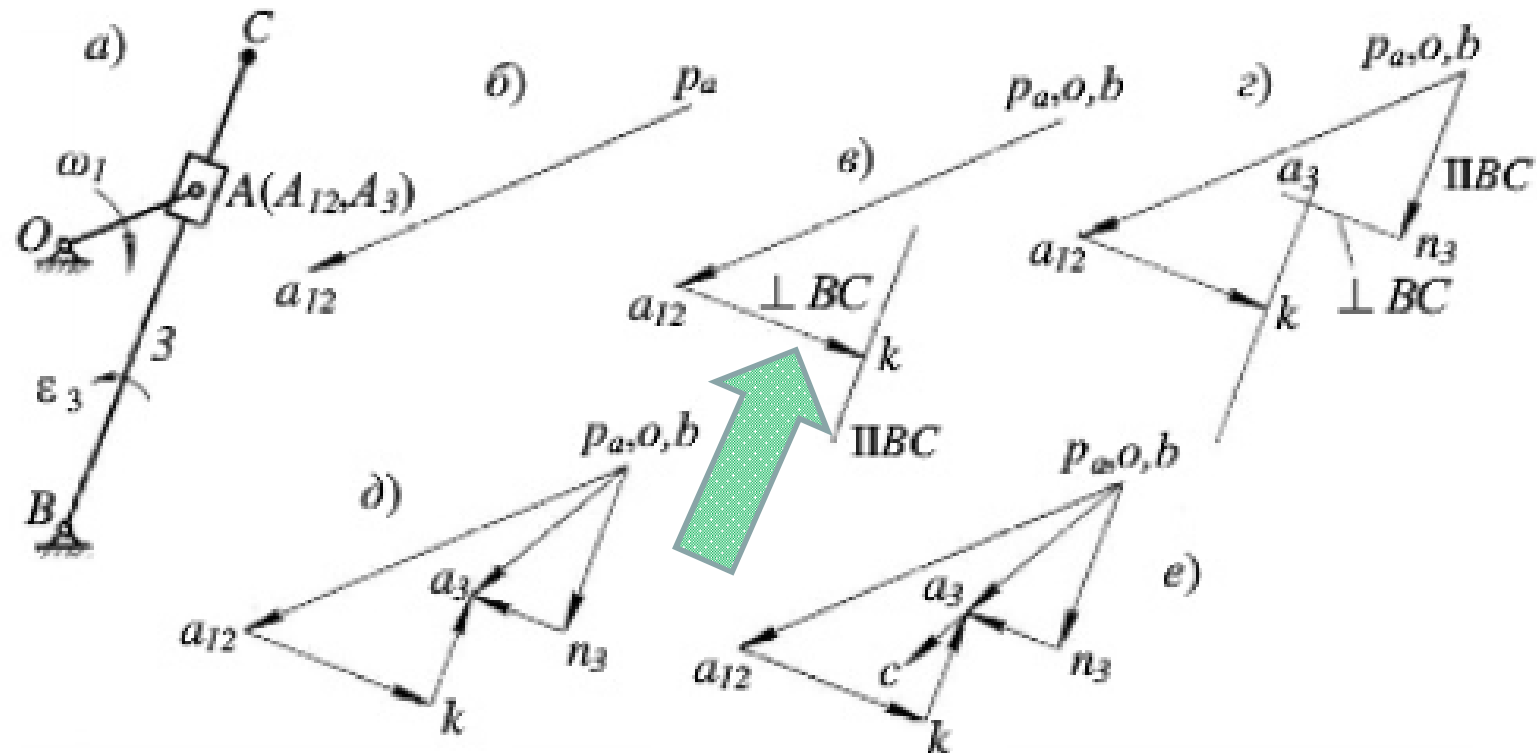
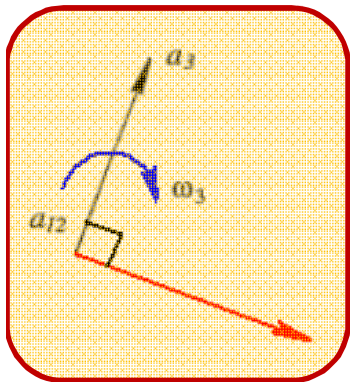
► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кулісний механізм]

15

2) Прискорення т. А3

$$\begin{cases} \vec{a}_{A3} = \vec{a}_{A2} + \vec{a}_{A3 A2}^k + \vec{a}_{A3 A2}^r, \\ \vec{a}_{A3} = \vec{a}_B + \vec{a}_{A3 B}^n + \vec{a}_{A3 B}^\tau, \end{cases} \quad a_{A3 A2}^k = 2 \omega_3 v_{A3 A2}, \frac{M}{C^2},$$

$$a_{1,2} k = \frac{a_{A3 A2}^k}{\mu_a}, \text{ мм},$$

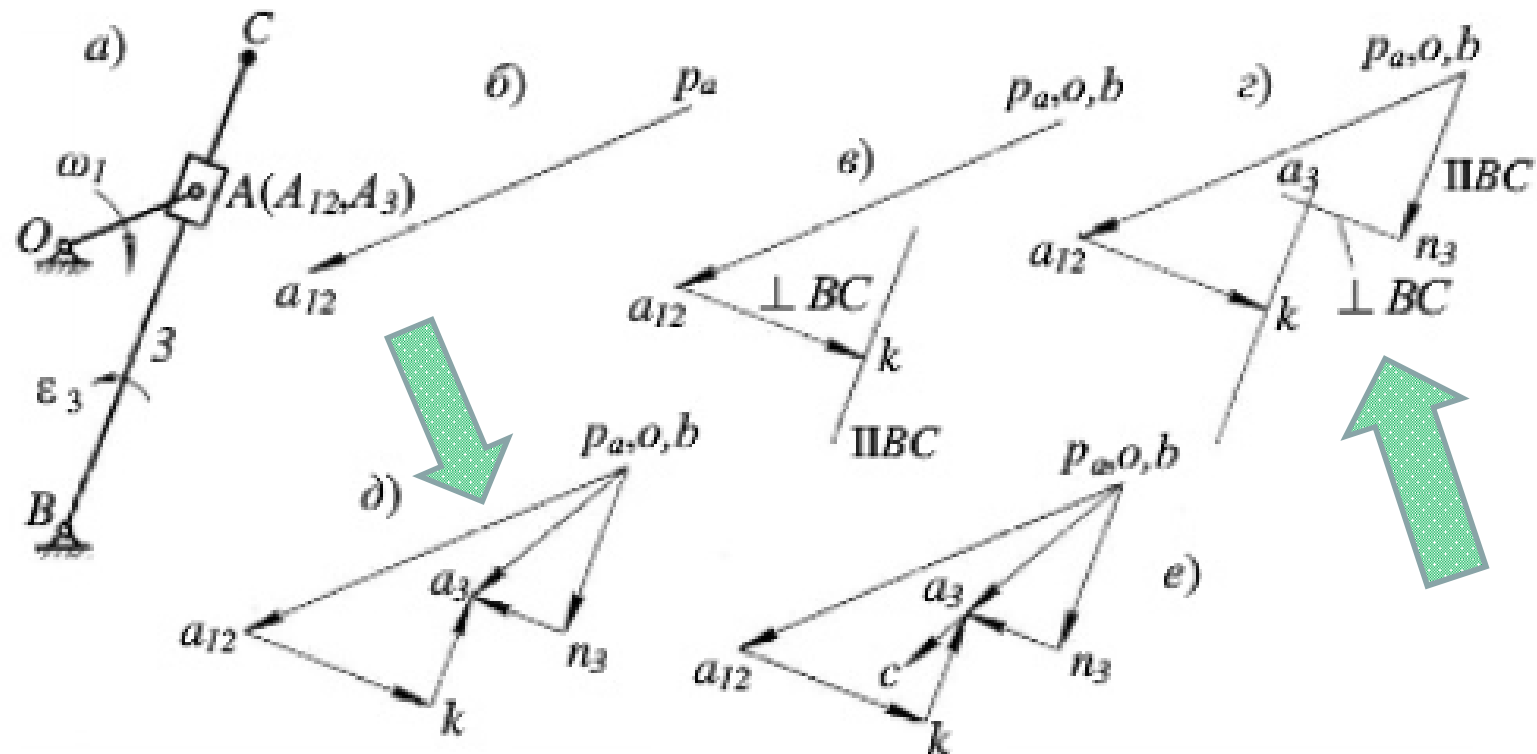


► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кулісний механізм]

16

2) Прискорення т. А3

$$\begin{cases} \vec{a}_{A3} = \vec{a}_{A2} + \vec{a}_{A3 A2}^k + \vec{a}_{A3 A2}^r, \\ \vec{a}_{A3} = \vec{a}_B + \vec{a}_{A3 B}^n + \vec{a}_{A3 B}^\tau, \end{cases} \quad \begin{aligned} a_{A3 B}^n &= \omega_3^2 l_{A3 B}, \frac{M}{C^2}, \\ bn_3 &= \frac{a_{A3 B}^n}{\mu_a}, \text{ мм.} \end{aligned}$$

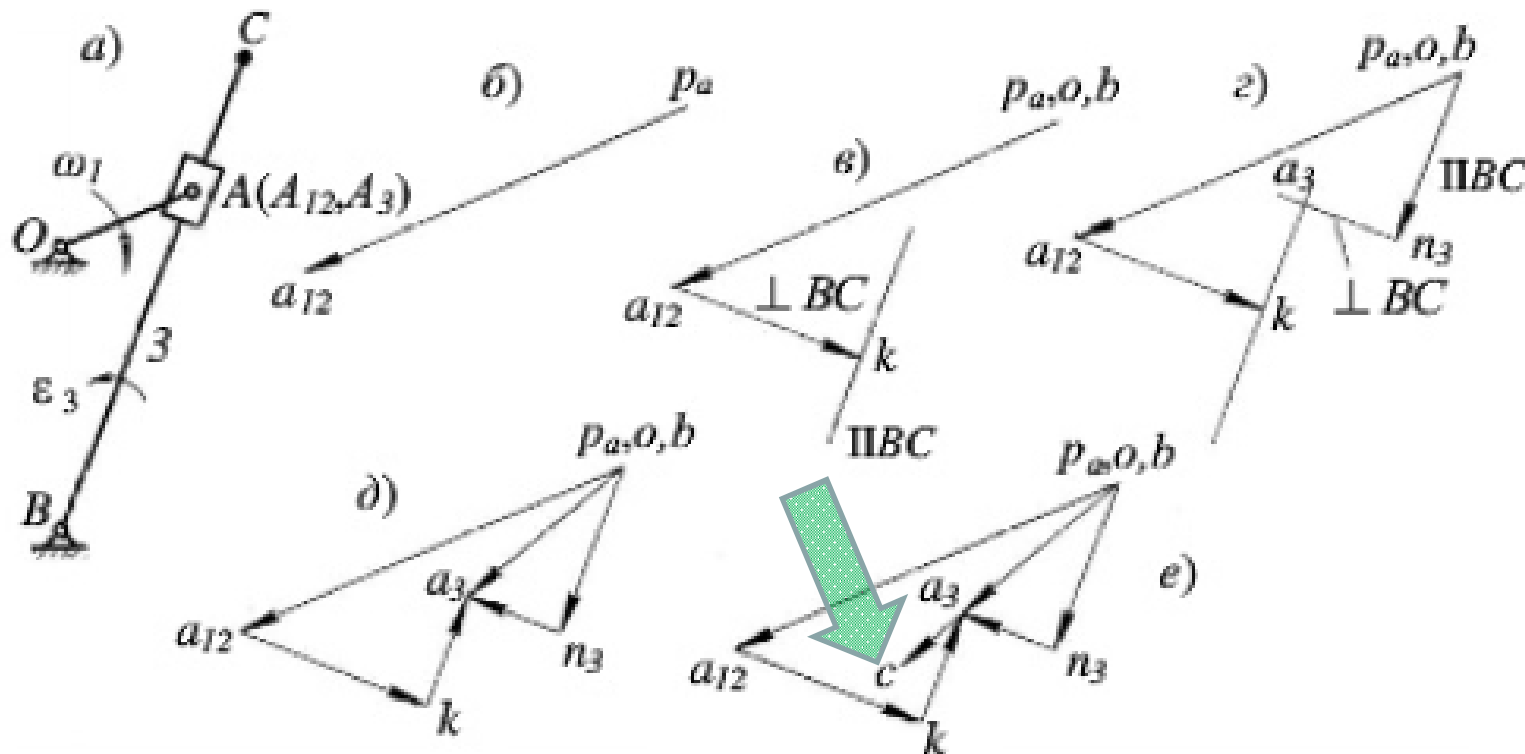


► Метод планів положень, швидкостей і прискорень при кінематичному дослідженні важільних механізмів
[Кулісний механізм]

17

3) Прискорення т. С $\frac{BC}{BA_3} = \frac{bc}{ba_3}, bc = \frac{BC \cdot ba_3}{BA_3}.$

4) Кутове прискорення ланки BC $\varepsilon_3 = \frac{a_{A_3 B}^{\tau}}{l_{BA_3}}, \frac{rad}{c^2}.$



Дякую за увагу!