Министерство Сельского Хозяйства Российской Федерации
Казанский Государственный Аграрный Университет

Хор
09.02.22

Кафедра общеинженерных дисциплин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту по ТММ

Выполнил: студент
Группы Б202-06у
Гатауллин А.М.
Проверил: доцент
Гургенидзе З.Д.

Казань – 2024

09.02.24

$a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 45^2 \cdot 0.165 = 334 м/с^2;$

$k_a = 4 м/с^2 \cdot мм;$

$z_A = \frac{a_A}{k_a} = \frac{334}{4} = 83.5 мм.$

$\overline{a_B^n} + \overline{a_B^\tau} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau};$

//BC $\perp$ BC //OA //BA $\perp$ BA

$a_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{l_{BA}} = \frac{4.52^2}{0.56} = 36.5 м/с^2;$

$z_B^n = \frac{a_B^n}{k_a} = \frac{36.5}{4} = 9.1 мм.$

$a_B^n = \frac{V_B^2}{l_{BC}} = \frac{9.13^2}{0.5} = 166.7 м/с^2;$

$z_B^n = \frac{a_B^n}{k_a} = \frac{166.7}{4} = 41.7 мм.$

$a_{BA}^\tau = z_{BA}^\tau \cdot k_a = 134.7 \cdot 4 = 538.8 м/с^2;$

$a_{BA} = z_{BA} \cdot k_a = 135 \cdot 4 = 540 м/с^2;$

$a_B^\tau = z_B^\tau \cdot k_a = 30.7 \cdot 1 = 122.8 м/с^2;$

$a_B = z_B \cdot k_a = 51.8 \cdot 1 = 207.2 м/с^2.$

$\frac{a_{S_2A}}{a_{BA}} = \frac{AS_2}{AB} \quad | \quad \div k_a; \quad \frac{a's_2'}{a'b'} = \frac{AS_2}{AB}; \quad a's_2' = \frac{AS_2}{AB} \cdot a'b' = \frac{0.3}{1.0} \cdot 135 = 40.5 мм;$

$a_{S_2A} = z_{S_2A} \cdot k_a = 40.5 \cdot 4 = 162 м/с^2;$

$a_{S_2} = z_{S_2} \cdot k_a = 43.1 \cdot 4 = 172.4 м/с^2.$

$\frac{a_{DA}}{a_{BA}} = \frac{AD}{AB} \quad | \quad \div k_a; \quad \frac{a'd'}{a'b'} = \frac{AD}{AB}; \quad a'd' = \frac{AD}{AB} \cdot a'b' = \frac{62.4}{112} \cdot 135 = 75.2 мм;$

$a_{DA} = z_{DA} \cdot k_a = 75.2 \cdot 4 = 300.8 м/с^2;$

$a_D = z_D \cdot k_a = 9 \cdot 4 = 36 м/с^2.$

$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{BA}} = \frac{538.8}{0.56} = 962 с^{-2}.$

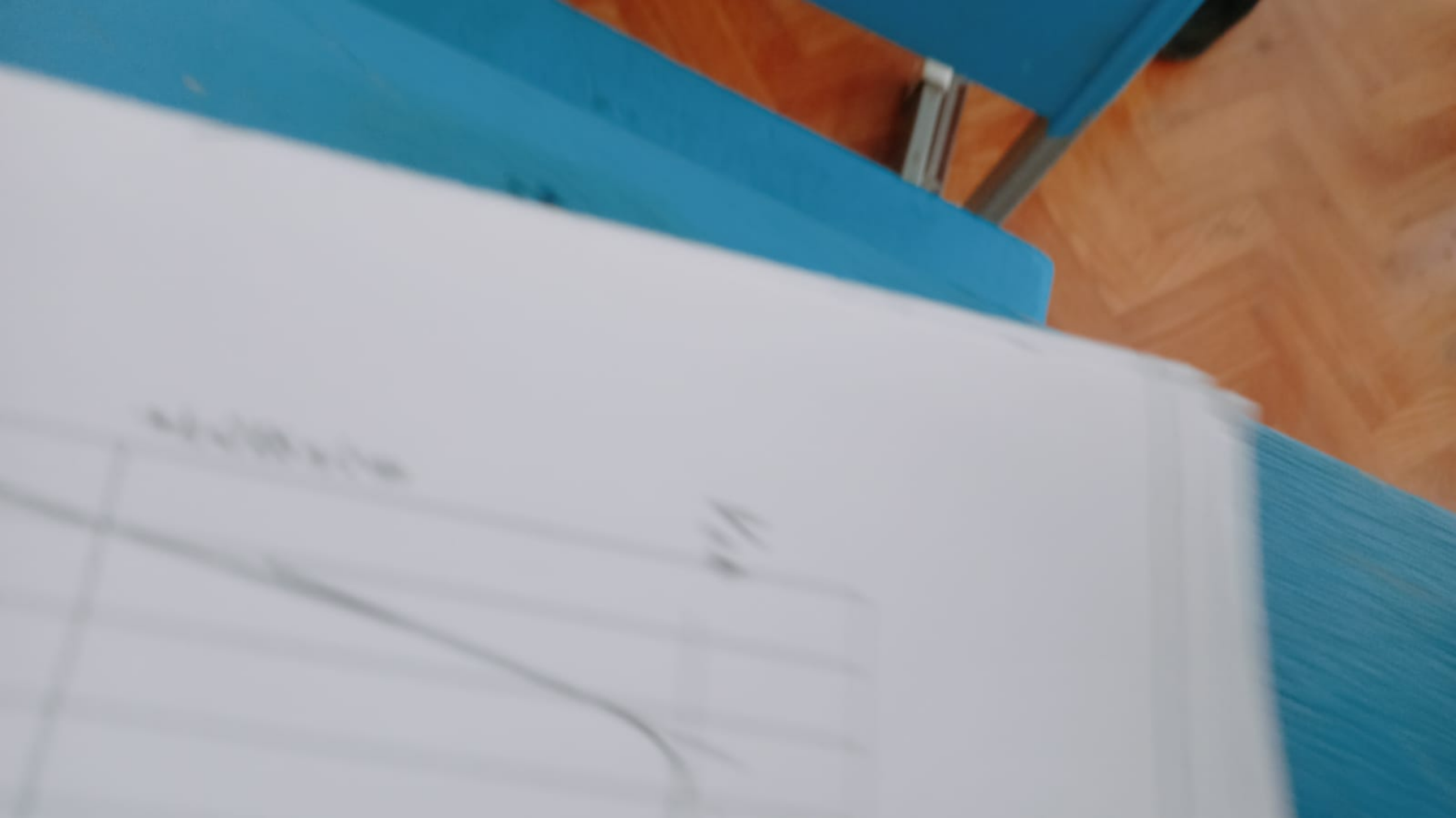
$\varepsilon_3 = \frac{a_B^\tau}{l_{BC}} = \frac{122.8}{0.5} = 245.6 с^{-2}.$

$\frac{a_{S_3}}{a_B} = \frac{S_3C}{BC} \quad | \quad \div k_a; \quad \frac{o's_3'}{o'b'} = \frac{S_3C}{BC}; \quad o's_3' = \frac{S_3C}{BC} \cdot o'b' = \frac{0.1}{0.5} \cdot 51.8 = 10.4 мм;$

$a_{S_3} = o's_3' \cdot k_a = 10.4 \cdot 4 = 41.6 м/с^2.$

$\overline{a_E} = \overline{a_D} + \overline{a_{ED}} + \overline{a_{кор}};$

// nn //DB



$$\omega_2 = \frac{V_{BA}}{l_{BA}} = \frac{4.52}{0.56} = 8.07c^{-1},$$

$$\omega_3 = \frac{V_B}{l_{0B}} = \frac{9.13}{0.5} = 18.26c^{-1},$$

$$V_{S_3} = l_{S_3C} \cdot \omega_3 = 0.1 \cdot 18.26 = 1.82м/с;$$

$$od = \frac{V_D}{k_v} = \frac{1.82}{0.106} = 17.3мм.$$

$$\overline{V_E} = \overline{V_D} + \overline{V_{ED}};$$
$$\overline{V_{0B}} \quad \overline{V_{DB}}$$

$$V_{ED} = k_v \cdot ed = 0.106 \cdot 73.2 = 7.76м/с;$$

$$V_E = k_v \cdot oe = 0.106 \cdot 31.9 = 3.38м/с.$$

$$V_{S_5} = V_E = 3.38м/с.$$

Значения линейных и угловых скоростей для остальных положений точек и звеньев приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Значения линейных и угловых скоростей.

Скорости точек и звеньев	Положения механизма											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$V_A, м/с$	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43
ω_1, c^{-1}	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0
$V_{BA}, м/с$	5,89	2,38	0,34	2,92	5,29	7,02	7,36	5,71	1,60	4,52	9,14	8,68
$V_B, м/с$	2,93	6,43	7,45	6,71	4,73	2,14	0,58	3,46	6,57	9,13	8,15	2,66
$V_{S_2A}, м/с$	1,76	0,72	0,11	0,86	1,60	2,11	2,21	1,71	0,49	1,35	2,74	2,61
$V_{S_2}, м/с$	5,81	7,06	7,43	7,09	6,28	5,45	5,24	5,96	7,15	7,70	6,41	5,00
$V_{DA}, м/с$	1,64	0,79	0,16	1,73	3,87	5,71	6,14	4,63	1,13	2,52	3,73	2,66
$V_D, м/с$	5,94	7,02	7,45	6,88	5,08	2,57	1,40	3,89	6,80	8,12	6,30	4,95
ω_2, c^{-1}	10,5	4,25	0,61	5,20	9,45	12,5	13,1	10,2	2,86	8,06	16,3	15,5
ω_3, c^{-1}	5,87	12,9	13,3	13,4	9,47	4,28	1,15	6,91	13,1	18,2	16,3	5,33
$V_{S_3}, м/с$	0,59	1,28	1,33	1,35	0,95	0,43	0,11	0,68	1,31	1,82	1,64	0,54
$V_{ED}, м/с$	0,65	4,55	7,18	7,42	5,42	2,47	0,49	3,44	6,34	7,76	6,30	3,20
$V_E = V_{S_5}, м/с$	5,67	3,73	0,54	1,64	2,00	1,46	1,28	2,03	3,49	3,38	0,23	4,57

Построение планов ускорений точек и звеньев.

Для положения ***10***.

$$z_0 = \sqrt{\left(\frac{S'+e}{tg\delta_0} - S\right)^2 + e^2},$$

$S' = y'_{1м} \cdot k'_V = 40 \cdot 0.0014 = 0.056м$ - аналог скорости,

$k'_V = \frac{k_V}{\omega} = \frac{0.043}{30} = 0.0014 м/мм.$

$e = +0.010м;$

$\delta_0 = 29°;$

$S = y \cdot k_L = 15 \cdot 0.001 = 0.015м$ - перемещение толкателя.

$$z_0 = \sqrt{\left(\frac{0.056+0.01}{tg29°} - 0.015\right)^2 + (0.01)^2} = 0.105м.$$

$r = z_0 - r_0 = 0.105 - 0.080 = 0.025м.$

Построение профиля кулачка.

$r = 0.025м, \quad R_P = \frac{r}{k_l} = \frac{0.025}{0.001} = 25мм;$

$r_0 = 0.08м, \quad R_0 = \frac{r+r_0}{k_L} = \frac{0.025+0.080}{0.001} = 105мм.$

2.3 Кинематический и силовой анализы.

Рассмотрим положение **3**.

Определяем скорость толкателя.

$V_A = \omega \cdot OA \cdot k_L = 30 \cdot 30 \cdot 0.001 = 0.9м/с;$

$k_V = \frac{V_A}{oa} = \frac{0.9}{70} = 0.013м/с \cdot мм.$

$\overline{V_B} = \overline{V_A} + \overline{V_{BA}},$ $\quad V_{BA} = ba \cdot k_V = 65.8 \cdot 0.013 = 0.86м/с;$

//пп $\perp$ OA $\perp$ BA $\quad V_B = ob \cdot k_V = 24 \cdot 0.013 = 0.312м/с.$

Определяем ускорение толкателя:

$a_A = \omega^2 \cdot OA \cdot k_L = 30^2 \cdot 30 \cdot 0.001 = 27м/с^2;$

$k_a = \frac{a_A}{o'a'} = \frac{27}{80} = 0.34м/с^2 \cdot мм.$

$\overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a^n_{BA}} + \overline{a^\tau_{BA}}.$ $\quad a^n_{BA} = \frac{V^2_{BA}}{BA \cdot k_L} = \frac{0.86^2}{93.8 \cdot 0.001} = 7.9м/с^2;$

$$a_{кор} = 2 \cdot \omega_{вер} \cdot V_{отн} = 2 \cdot \omega_2 \cdot V_{ED} = 2 \cdot 8.06 \cdot 7.76 = 125.1 м/с^2;$$

$$z_{кор} = \frac{a_{кор}}{k_a} = \frac{125.1}{4} = 31.3 мм.$$

$$a_{ED} = z_{ED} \cdot k_a = 0 \cdot 4 = 0 м/с^2;$$

$$a_E = a_{S_3} = z_E \cdot k_a = 39.5 \cdot 4 = 158 м/с^2.$$

Для положения ***12***.

$$a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 45^2 \cdot 0.165 = 334 м/с^2;$$

$$k_a = 4 м/с^2 \cdot мм;$$

$$z_A = \frac{a_A}{k_a} = \frac{334}{4} = 83.5 мм.$$

$$\overline{a_B^n} + \overline{a_B^\tau} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}^n} + \overline{a_{BA}^\tau};$$

//BC ⊥ BC //OA //BA ⊥ BA

$$a_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{l_{BA}} = \frac{8.68^2}{0.56} = 134.5 м/с^2;$$

$$z_B^n = \frac{a_B^n}{k_a} = \frac{134.5}{4} = 33.6 мм.$$

$$a_B^n = \frac{V_B^2}{l_{BC}} = \frac{2.66^2}{0.5} = 14.2 м/с^2;$$

$$z_B^n = \frac{a_B^n}{k_a} = \frac{14.2}{4} = 3.5 мм.$$

$$a_{BA}^\tau = z_{BA}^\tau \cdot k_a = 49.9 \cdot 4 = 199.6 м/с^2;$$

$$a_{BA} = z_{BA} \cdot k_a = 60.1 \cdot 4 = 240.4 м/с^2;$$

$$a_B^\tau = z_B^\tau \cdot k_a = 125.9 \cdot 4 = 503.6 м/с^2;$$

$$a_B = z_B \cdot k_a = 126 \cdot 4 = 504 м/с^2.$$

$$\frac{a_{S_2A}}{a_{BA}} = \frac{AS_2}{AB} \quad | \div k_a; \quad \frac{a's_2'}{a'b'} = \frac{AS_2}{AB}; \quad a's_2' = \frac{AS_2}{AB} \cdot a'b' = \frac{0.3}{1.0} \cdot 60.1 = 18 мм;$$

$$a_{S_2A} = z_{S_2A} \cdot k_a = 18 \cdot 4 = 76 м/с^2;$$

$$a_{S_2} = z_{S_2} \cdot k_a = 88.2 \cdot 1 = 352.8 м/с^2.$$

$$\frac{a_{DA}}{a_{BA}} = \frac{AD}{AB} \quad | \div k_a; \quad \frac{a'd'}{a'b'} = \frac{AD}{AB}; \quad a'd' = \frac{AD}{AB} \cdot a'b' = \frac{34.4}{112} \cdot 60.1 = 18.5 мм;$$

$$a_{DA} = z_{DA} \cdot k_a = 18.5 \cdot 4 = 74 м/с^2;$$

$$a_D = z_D \cdot k_a = 88.6 \cdot 4 = 354.4 м/с^2.$$

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^\tau}{l_{BA}} = \frac{199.6}{0.56} = 356.4 c^{-2}.$$

1.2. Синтез механизма.

$\gamma' = 40°$;

$$CB' = CB'' = \frac{l_1}{k_L} = \frac{0,5}{0,005} = 100мм$$

$$\alpha = 90° - \Theta$$

$$\Theta = 180° \cdot \frac{k_\omega - 1}{k_\omega + 1} = 180° \cdot \frac{1.133 - 1}{1.133 + 1} = 11°.$$

$$\alpha = 90° - 11° = 79°.$$

$$l_{OC} = OC \cdot K_L = 123.6 \cdot 0.005 = 0.618м.$$

$$OA = 0.5(OB'' - OB') = 0.5(145 - 80) = 32.5мм;$$

$$AB = OB' - OA = 0.5(OB'' + OB') = 0.5(145 + 80) = 112.5мм$$

$$l_1 = OA \cdot K_L = 32.5 \cdot 0.005 = 0.1625м$$

$$l_2 = AB \cdot K_L = 112.5 \cdot 0.005 = 0.5625м$$

1.3. Кинематический анализ.

Построение планов скоростей точек и звеньев.

Для положения ***10***.

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 45 \cdot 0.165 = 7.43м/с;$$

$$k_V = \frac{V_A}{oa} = \frac{7.43}{70} = 0.106м/с \cdot мм.$$

$$\overline{V_B} = \overline{V_A} + \overline{V_{BA}};$$

$\perp$ BC $\perp$ OA $\perp$ BA

$$V_{BA} = k_V \cdot ab = 0.106 \cdot 42.6 = 4.52м/с;$$

$$V_B = k_V \cdot ob = 0.106 \cdot 86.1 = 9.13м/с.$$

$$\frac{V_{S_2A}}{V_{BA}} = \frac{S_2A}{BA} \;\Big|\; \div k_V;\quad \frac{s_2a}{ba} = \frac{S_2A}{BA};\quad s_2a = \frac{S_2A}{BA} \cdot ba = \frac{0.3}{1.0} \cdot 42.6 = 12.8мм;$$

$$V_{S_2A} = k_V \cdot as_2 = 0.106 \cdot 12.8 = 1.35м/с;$$

$$V_{S_2} = k_V \cdot os_2 = 0.106 \cdot 72.6 = 7.70м/с.$$

$$\frac{V_{DA}}{V_{BA}} = \frac{DA}{BA} \;\Big|\; \div k_V;\quad \frac{da}{ba} = \frac{DA}{BA};\quad da = \frac{DA}{BA} \cdot ba = \frac{62.4}{112} \cdot 42.6 = 23.7мм;$$

$$V_{DA} = k_V \cdot ad = 0.106 \cdot 23.7 = 2.52м/с;$$

$$V_D = k_V \cdot od = 0.106 \cdot 76.6 = 8.12м/с.$$

1. ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫЙ МЕХАНИЗМ

1.1 Задание на проектирование

Рисунок 1.1 – Схема механизма.

Дано:

$m_2 = 10кг$; $m_3 = 12кг$; $m_4 = 5кг$; $m_5 = 15кг$;

$J_2 = 0{,}8кг \cdot м^2$; $J_3 = 0{,}9кг \cdot м^2$;

$k_l = 0.005м/мм$;

$k_\omega = 1{,}133$;

$\beta = 40°$;

$P = 100Н$;

P↑↓V_E;

$\omega_1 = 45\ рад/с$;

положения механизма: 10, 12.