

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Казанский Государственный Аграрный Университет

~~Хор~~
~~В.И.~~
09.02.22

Кафедра общепрофессиональных дисциплин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту по ТММ

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

Казань – 2024

09.02.22,
~~А.А.~~

$$\omega_2 = \frac{V_{B1}}{l_{B1}} = \frac{4,52}{0,56} = 8,07 \text{ c}^{-1},$$

$$\omega_3 = \frac{V_B}{l_{B3}} = \frac{9,13}{0,5} = 18,26 \text{ c}^{-1},$$

$$V_{S1} = l_{S1} \cdot \omega_3 = 0,1 \cdot 18,26 = 1,82 \text{ м/с},$$

$$ed = \frac{V_D}{k_r} = \frac{1,82}{0,106} = 17,3 \text{ мм},$$

$$\overline{V_E} = \overline{V_{E1}} + \overline{V_{E2}};$$

$$\text{м/с} \quad \text{м/с}$$

$$V_{E2} = k_r \cdot ed = 0,106 \cdot 73,2 = 7,76 \text{ м/с},$$

$$V_E = k_r \cdot oc = 0,106 \cdot 31,9 = 3,38 \text{ м/с},$$

$$V_{S1} = V_E = 3,38 \text{ м/с}.$$

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
$V_A, \text{м/с}$	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
$V_{B1}, \text{м/с}$	5,89	2,38	0,34	2,92	5,29	7,02	7,36	5,71	1,60	4,52	9,14	8,68
$V_B, \text{м/с}$	2,93	6,43	7,45	6,71	4,73	2,14	0,58	3,46	6,57	9,13	8,15	2,66
$V_{S1}, \text{м/с}$	1,76	0,72	0,11	0,86	1,60	2,11	2,21	1,71	0,49	1,35	2,74	2,61
$V_{S2}, \text{м/с}$	5,81	7,06	7,43	7,09	6,28	5,45	5,24	5,96	7,15	7,70	6,41	5,00
$V_{D1}, \text{м/с}$	1,64	0,79	0,16	1,73	3,87	5,71	6,14	4,63	1,13	2,52	3,73	2,66
$V_D, \text{м/с}$	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
$V_{B2}, \text{м/с}$	0,59	1,28	1,33	1,35	0,95	0,43	0,11	0,68	1,31	1,82	1,64	0,54
$V_{ED}, \text{м/с}$	0,65	4,55	7,18	7,42	5,42	2,47	0,49	3,44	6,34	7,76	6,30	3,20
$V_E = V_{S2}, \text{м/с}$	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**.

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

$$S' = y'_{1m} \cdot k'_1 = 40 \cdot 0.0014 = 0.056 \text{ м} - \text{аналог скорости},$$

$$k'_1 = \frac{k_1}{\omega} = \frac{0.043}{30} = 0.0014 \text{ м / мм}.$$

$$e = +0.010 \text{ м};$$

$$\delta_0 = 29^\circ;$$

$$S = y \cdot k_1 = 15 \cdot 0.001 = 0.015 \text{ м} - \text{перемещение толкателя},$$

$$z_0 = \sqrt{\left(\frac{0.056 + 0.01}{\operatorname{tg} 29^\circ} - 0.015\right)^2 + (0.01)^2} = 0.105 \text{ м}.$$

$$r = z_0 - r_0 = 0.105 - 0.080 = 0.025 \text{ м}.$$

Построение профиля кулачка.

$$r = 0.025 \text{ м}, \quad R_p = \frac{r}{k_1} = \frac{0.025}{0.001} = 25 \text{ мм};$$

$$r_0 = 0.08 \text{ м}, \quad R_0 = \frac{r + r_0}{k_1} = \frac{0.025 + 0.080}{0.001} = 105 \text{ мм}.$$

2.3 Кинематический и силовой анализы.

Рассмотрим положение 3.

Определяем скорость толкателя.

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

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

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

$$//mn \perp OA \perp BA, \quad V_B = ob \cdot k_V = 24 \cdot 0.013 = 0.312 \text{ м / с}.$$

Определяем ускорение толкателя:

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

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

$$\overline{a_B} = \overline{a_A} + \overline{a_{BA}''} + \overline{a_{BA}^*}, \quad a_{BA}'' = \frac{V_{BA}^2}{BA \cdot k_L} = \frac{0.86^2}{93.8 \cdot 0.001} = 7.9 \text{ м / с}^2;$$

$$a_{\text{всп}} = 2 \cdot \omega_{\text{всп}} \cdot V'_{\text{всп}} = 2 \cdot \omega_2 \cdot V'_{\text{всп}} = 2 \cdot 8.06 \cdot 7.76 = 125.1 \text{ м/с}^2;$$

$$z_{\text{всп}} = \frac{a_{\text{всп}}}{k_a} = \frac{125.1}{4} = 31.3 \text{ мм},$$

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

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

Для положения **12**.

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

$$k_a = 4 \text{ м/с}^2 \cdot \text{мм};$$

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

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

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

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

$$z_B^n = \frac{a_{BA}^n}{k_a} = \frac{134.5}{4} = 33.6 \text{ мм},$$

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

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

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

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

$$a_B^r = z_B^r \cdot k_a = 125.9 \cdot 4 = 503.6 \text{ м/с}^2;$$

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

$$\frac{a_{S_2A}}{a_{BA}} = \frac{AS_2}{AB} \mid \div k_a; \quad \frac{a'_{S_2}}{a'b} = \frac{AS_2}{AB}; \quad a'_{S_2} = \frac{AS_2}{AB} \cdot a'b = \frac{0.3}{1.0} \cdot 60.1 = 18 \text{ мм};$$

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

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

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

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

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

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{l_{BA}} = \frac{199.6}{0.56} = 356.4 \text{ с}^{-2}.$$

1.2. Синтез механизма.

$$\gamma' = 40^\circ;$$

$$CB' = CB'' = \frac{l_3}{k_l} = \frac{0,5}{0,005} = 100 \text{ мм}$$

$$\alpha = 90^\circ - \Theta$$

$$\Theta = 180^\circ \cdot \frac{k_w - 1}{k_w + 1} = 180^\circ \cdot \frac{1,133 - 1}{1,133 + 1} = 11^\circ,$$

$$\alpha = 90^\circ - 11^\circ = 79^\circ.$$

$$l_{OX} = OC \cdot K_l = 123,6 \cdot 0,005 = 0,618 \text{ м.}$$

$$OA = 0,5(OB'' - OB') = 0,5(145 - 80) = 32,5 \text{ мм};$$

$$AB = OB' - OA = 0,5(OB'' + OB') = 0,5(145 + 80) = 112,5 \text{ мм}$$

$$l_1 = OA \cdot K_l = 32,5 \cdot 0,005 = 0,1625 \text{ м}$$

$$l_2 = AB \cdot K_l = 112,5 \cdot 0,005 = 0,5625 \text{ м}$$

1.3. Кинематический анализ.

Построение планов скоростей точек и звеньев.

Для положения 10.

$$V_A = \omega_1 \cdot l_{OA} = 45 \cdot 0,165 = 7,43 \text{ м/с};$$

$$k_V = \frac{V_A}{oa} = \frac{7,43}{70} = 0,106 \text{ м/с} \cdot \text{мм.}$$

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

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

$$V_{BA} = k_V \cdot ab = 0,106 \cdot 42,6 = 4,52 \text{ м/с};$$

$$V_B = k_V \cdot ob = 0,106 \cdot 86,1 = 9,13 \text{ м/с.}$$

$$\frac{V_{S_2A}}{V_{BA}} = \frac{S_2A}{BA} \mid \div k_V; \quad \frac{s_2a}{ba} = \frac{S_2A}{BA}; \quad s_2a = \frac{S_2A}{BA} \cdot ba = \frac{0,3}{1,0} \cdot 42,6 = 12,8 \text{ мм};$$

$$V_{S_2A} = k_V \cdot as_2 = 0,106 \cdot 12,8 = 1,35 \text{ м/с};$$

$$V_{S_2} = k_V \cdot os_2 = 0,106 \cdot 72,6 = 7,70 \text{ м/с.}$$

$$\frac{V_{DA}}{V_{BA}} = \frac{DA}{BA} \mid \div k_V; \quad \frac{da}{ba} = \frac{DA}{BA}; \quad da = \frac{DA}{BA} \cdot ba = \frac{62,4}{112} \cdot 42,6 = 23,7 \text{ мм};$$

$$V_{DA} = k_V \cdot ad = 0,106 \cdot 23,7 = 2,52 \text{ м/с};$$

$$V_D = k_V \cdot od = 0,106 \cdot 76,6 = 8,12 \text{ м/с.}$$

1. ШАРНИРНО-РЫЧАЖНЫЙ МЕХАНИЗМ

1.1 Задание на проектирование

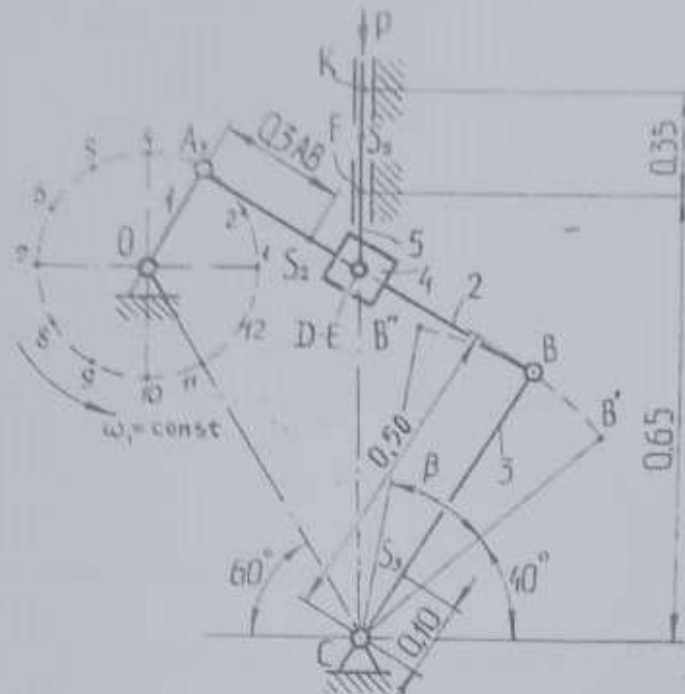


Рисунок 1.1 – Схема механизма.

Дано:

$$m_1 = 10 \text{ кг}; \quad m_2 = 12 \text{ кг}; \quad m_3 = 5 \text{ кг}; \quad m_4 = 15 \text{ кг};$$

$$J_1 = 0.8 \text{ кг} \cdot \text{м}^2; \quad J_3 = 0.9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$k_f = 0.005 \text{ М/мм};$$

$$k_p = 1.133;$$

$$\beta = 40^\circ;$$

$$P = 100 \text{ Н};$$

$$P \uparrow \downarrow V_E;$$

$$\omega_1 = 45 \text{ рад/с};$$

положения механизма: 10, 12.

$$a_A = \omega_1^2 \cdot l_{OA} = 45^2 \cdot 0.165 = 334 \text{ M/c}^2;$$

$$k_a = 4 \text{ M/c}^2 \cdot \text{MM};$$

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

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

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

$$a_{BA}^n = \frac{V_{BA}^2}{l_{BA}} = \frac{4.52^2}{0.56} = 36.5 \text{ M/c}^2;$$

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

$$a_B^n = \frac{V_B^2}{l_{BC}} = \frac{9.13^2}{0.5} = 166.7 \text{ M/c}^2;$$

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

$$a_{BA}^r = z_{BA}^r \cdot k_a = 134.7 \cdot 4 = 538.8 \text{ M/c}^2;$$

$$a_{BA} = z_{BA} \cdot k_a = 135 \cdot 4 = 540 \text{ M/c}^2;$$

$$a_B^r = z_B^r \cdot k_a = 30.7 \cdot 1 = 122.8 \text{ M/c}^2;$$

$$a_B = z_B \cdot k_a = 51.8 \cdot 1 = 207.2 \text{ M/c}^2.$$

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

$$a_{S_2A} = z_{S_2A} \cdot k_a = 40.5 \cdot 4 = 162 \text{ M/c}^2;$$

$$a_{S_2} = z_{S_2} \cdot k_a = 43.1 \cdot 4 = 172.4 \text{ M/c}^2.$$

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

$$a_{DA} = z_{DA} \cdot k_a = 75.2 \cdot 4 = 300.8 \text{ M/c}^2;$$

$$a_D = z_D \cdot k_a = 9 \cdot 4 = 36 \text{ M/c}^2.$$

$$\varepsilon_2 = \frac{a_{BA}^r}{l_{BA}} = \frac{538.8}{0.56} = 962 \text{ c}^{-2}.$$

$$\varepsilon_3 = \frac{a_B^r}{l_{BC}} = \frac{122.8}{0.5} = 245.6 \text{ c}^{-2}.$$

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

$$a_{S_3} = o's_3' \cdot k_a = 10.4 \cdot 4 = 41.6 \text{ M/c}^2.$$

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

$$//mn //DB$$