



Рисунок 4.2 – Діаграма аналога прискорень штовхача.

#### 4.1. Побудова кінематичних діаграм руху штовхача.

Діаграму аналога прискорень будуюмо заданої форми  $D = 1$ , прийнявши амплітуду на кути віддалення  $h' = 70$  мм. Амплітуда на кути повернення буде дорівнювати

$$h'' = h' \frac{\varphi_B^2}{\varphi_{II}^2} = 70 \frac{90^2}{130^2} = 33,6 \text{ мм.}$$

Діаграму аналога швидкостей будуюмо методом графічного інтегрування діаграм аналога прискорень, прийнявши полюсну відстань  $H_1 = 25$  мм

Діаграму переміщення будуюмо методом графічного інтегрування діаграми аналога швидкостей, прийнявши полюсну відстань  $H_2 = 50$  мм

#### 4.2. Розрахунок масштабних коефіцієнтів діаграм.

Масштабні коефіцієнти :

масштабний коефіцієнт кутів повороту кулачка у градусній і радіанній мірі та масштабний коефіцієнт часу обертання кулачка

$$\mu_{\varphi} = \frac{\varphi_p}{0 - 23} = \frac{230}{230} = 1,0 \frac{\text{град}}{\text{мм}};$$

$$\mu'_{\varphi} = \frac{\pi \cdot \varphi_p}{180 \cdot 0 - 23} = \frac{3,14 \cdot 230}{180 \cdot 230} = 0,017 \frac{\text{рад}}{\text{мм}};$$

$$\mu_t = \frac{\mu'_{\varphi}}{\omega_{\kappa}} = \frac{0,0174}{9,63} = 0,0018 \frac{\text{с}}{\text{мм}};$$

де  $\varphi_p = \varphi_B + \varphi_{\partial} + \varphi_n = 90^{\circ} + 10^{\circ} + 130^{\circ} = 230^{\circ}$  - робочий кут профілю кулачка  
- переміщення коромисла у градусній та радіанній мірі

$$\mu_{\beta}^{\circ} = \frac{\beta_{\max}}{9 - 9'} = \frac{25}{59} = 0,424 \frac{\text{град}}{\text{мм}};$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\mu'_{\beta} = \frac{\pi}{180} \cdot \mu_{\beta}^0 = \frac{3,14}{180} \cdot 0,424 = 0,007 \frac{\text{рад}}{\text{мм}};$$

- переміщення центра ролика

$$\mu_s = \frac{\beta_{\max} * \pi * l_{13}}{180 * 9 - 9'} = \frac{25 * 3.14 * 0.15}{180 * 59} = 0,0011 \frac{\text{м}}{\text{мм}};$$

- аналогів кутової швидкості

$$\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} = \frac{\mu'_{\beta}}{\mu'_{\varphi} \cdot H_1} = \frac{0.007}{0.0174 \cdot 25} = 0,016 \frac{1}{\text{мм}};$$

- аналогів кутового прискорення

$$\mu_{\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}} = \frac{\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}}}{\mu'_{\varphi} \cdot H_2} = \frac{0.016}{0.0174 \cdot 50} = 0.0184 \frac{\text{рад}}{\text{мм}};$$

- кутової швидкості коромисла

$$\mu_{\omega} = \mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}} \cdot \omega_k = 0.016 * 9,63 = 0,154 \frac{\text{с}^{-1}}{\text{мм}};$$

- кутового прискорення коромисла

$$\mu_{\varepsilon} = \mu_{\frac{d^2\beta}{d\varphi^2}} \cdot \omega_k^2 = 0,0184 * 9,63^2 = 1,687 \frac{\text{с}^{-2}}{\text{мм}};$$

- лінійної швидкості центра ролика коромисла

$$\mu_v = \mu_{\omega} \cdot l_{13} = 0,154 * 0,15 = 0,0245 \frac{\text{м} * \text{с}^{-1}}{\text{мм}};$$

- тангенціального прискорення центра ролика коромисла

$$\mu_a = \mu_{\varepsilon} \cdot l_{13} = 1,687 * 0,15 = 0,27 \frac{\text{м} * \text{с}^{-2}}{\text{мм}}$$

- аналогів швидкостей центра ролика коромисла

$$\mu_{\frac{ds}{d\varphi}} = \frac{\mu_s}{\mu'_{\varphi} * H_1} = \frac{0.0011}{0,0174 * 25} = 0.0026 \frac{\text{м}}{\text{мм}}.$$

Зведу до таблиці 4.1. всі масштабні коефіцієнти

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1.- Масштабні коефіцієнти

Коефіцієнт	$\mu_\varphi$	$\mu'_\varphi$	$\mu_t$	$\mu_s$	$\mu_{\frac{d\beta}{d\varphi}}$	$\mu_\beta^0$	$\mu'_\beta$	$\mu\beta''$	$\mu_\omega$	$\mu_\varepsilon$	$\mu_v$	$\mu_a$	$\mu_{\frac{dS}{d\varphi}}$
Вимір	$\frac{\text{град}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{рад}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{с}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{м}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{рад}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{град}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{рад}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{рад}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{с}^{-1}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{с}^{-2}}{\text{мм}}$	$\frac{\text{м}}{\text{смм}}$	$\frac{\text{м}}{\text{с}^2 \text{мм}}$	$\frac{\text{м}}{\text{мм}}$
Значення	1,0	0,0174	0,0018	0,0011	0,016	0,424	0,0074	0,0184	0,154	1,687	0,0245	0,27	0,0026

Таблиця 4.2 – Кінематичні параметри руху коромисла

Положення	Вимір	0, 23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Величина												
Кут $\beta$	мм	0	5	15	25	38	42	48	50	55	59	56
	град	0	2,1	6,4	10,5	16,1	17,8	20,4	21,2	23,3	25	23,7
Швидкість $\omega$	мм	0	15	32	48	52	65	48	32	15	0	8
	с <sup>-1</sup>	0	2,3	4,8	7,3	7,9	9,9	7,3	4,8	2,3		1,2
Прискорення $\varepsilon$	мм	70	50	30	20	10	-10	-20	-30	-50	-70	-33,6
	с <sup>-2</sup>	118	84,4	50,6	33,74	16,87	-16,87	-33,74	-50,6	-84,4	-118	-84,4
Переміщен. $B_0B_i$	мм	0	5,49	15	25	38	42	48	50	55	59	56
Відрізки $K_0K_i$	мм	0	7,3	22,4	37	57,7	64,2	74,4	77,5	86,1	93,3	93,3
Відрізки $z_i$	мм	0	39	58	104,5	116,3	150,9	116,3	104,5	58	390	0

Таблиця 4.2 – Кінематичні параметри руху коромисла

Положення Величина	Вимір	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Кут гойдання $\beta$	мм	54	52	48	42	36	30	25	20	10	6	4	0
	град	21	22	22,4	17,8	15,2	12,7	10,6	8,4	4,2	2,5	1,8	0
Швидкість $\omega$	мм	20	21	35	42	52	58	52	42	35	21	18	0
	с <sup>-1</sup>	2,8	3,2	5,3	6,4	7,9	8,8	7,9	6,4	5,3	3,2	2,5	0
Прискорення $\varepsilon$	мм	-31	-30	25,5	-20	-10	0	10	20	30	45	36	
	с <sup>-2</sup>	-52,6	-50,6	42	-33,7	-16,8	0	16,8	33,7	50,6	75,9	-33,6	-33,6
Переміщення $B_0B_i$	мм	49	48	42,5	42	36	30	25	20	10	6	-84,4	-84,4
Відрізки $K_0K_i$	мм	0	7,3	22,4	37	57,7	64,2	74,4	77,5	86,1	93,3	56	56
Відрізки $z_i$	мм	18,6	48,7	81,2	97,5	120,7	134,6	120,7	97,5	81,2	48,7	93,5	0

### 4.3. Визначення геометричних розмірів кулачка.

Будуємо діаграму «переміщення – аналог швидкості», прийнявши масштабний коефіцієнт  $\mu_l = 0,001 \frac{м}{мм}$

$$C_0B_0 = \frac{l_{13}}{\mu_l} = \frac{0.15}{0.001} = 150 мм.$$

Координати вісі переміщень визначаємо згідно методів тангенсів

$$K_0K_1 = C_0K_0 * \operatorname{tg} \beta_i,$$

де  $C_0K_0$  – більший катет трикутника. Приймаємо  $C_0K_0 = 200 мм$ ;

$$K_0K_1 = C_0K_0 * \operatorname{tg} \beta_1 = 200 * 0.0365 = 7,3 мм$$

Величину відрізків  $Z_i$  визначаємо за формулою, для положення 1

$$z_i = \frac{\omega_i * \mu \frac{dS}{d\varphi}}{\mu_l} = \frac{9,63 * 0,0026}{0,001} = 25,0 мм.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.2.

Враховуючи, що кут передачі руху дорівнює  $\gamma = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 40^\circ = 50^\circ$

Визначаємо область розташування центра кулачка. Мінімальний радіус кулачкової шайби дорівнює

$$r_0 = AB_0 * \mu_l = 103 * 0,001 = 0,103 м.$$

Визначаємо міжосьову відстань  $l_0$  і початковий кут  $\beta_0$  положення механізму

$$l_0 = AC_0 * \mu_l = 167,5 * 0.001 = 0.1675 м;$$

$$\beta_0 = \angle AC_0B_0 = \arccos \frac{l_0^2 + l_k^2 - r_0^2}{2 * l_0 * l_k} = \frac{0.1675^2 + 0.15^2 - 0.103^2}{2 * 0.1675 * 0.15} = 34,8^\circ.$$

Визначаємо радіус ролика за формулою

$$r_{рол} = (0,2...0,3) * r_0 = (0,2...0,3) * 0,103 = (0,02...0,031) = 0,02 м.$$

### 4.4. Побудова діаграми фактичних кутів тиску.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для визначення фактичних кутів тиску  $\vartheta_i$  у будь-якому положенні механізму, слід точку А (центр обертання кулачка) з'єднати прямою з точкою на діаграмі «переміщення – аналог швидкості». Через точку, в якому направлено пряму, встановити перпендикуляр до лінії положення напрямку коромисла. Заміряти транспортиром гострий кут між прямою та перпендикуляром і занести до таблиці 4.3.

Для побудови діаграми фактичних кутів тиску вибираємо масштабний

коефіцієнт  $\mu_g = 0,5 \frac{\text{град}}{\text{мм}}$  за допомогою масштабного коефіцієнта  $\mu_g$  за

формулою  $\bar{\vartheta}_i = \frac{\vartheta_i}{\mu_g} \text{мм}$  розрахуємо відрізки  $\bar{\vartheta}_i$ , що зображують кути

тиску  $\vartheta_i$ , заносимо до таблиці 4.3 і будуємо діаграму.

Наприклад для положення 2

$$\bar{\vartheta}_2 = \frac{\vartheta_2}{\mu_g} = \frac{33}{0,5} = 66 \text{мм.}$$

Таблиця 4.3. - Фактичні кути тиску

Положення	Вимір	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кут тиску $\vartheta_i$	град	0	17,3	33	40	8	13	15	15	4	10
Відрізок $\bar{\vartheta}_i$	мм	0	35	66	80	16	26	30	30	8	21

#### 4.5.Креслення профілю кулачка

Креслення профілю кулачка проводимо методом зворотного руху. Практичний профіль кулачка знаходимо як дотичну до кіл радіусом ролика, центр яких розташовано на теоретичному профілю кулачка.

Зам.м.	Л.р.к.	Над.с.м.	Підп.м.	Дат.	Арк.

Вибираємо новий масштабний коефіцієнт довжини  $\mu'_l = 0.001 \frac{м}{мм}$  і

визначаємо основні параметри механізму

$$\bar{r}_0 = AB_0 = \frac{r_0}{\mu'_l} = \frac{0.103}{0.001} = 103мм;$$

$$\bar{l}_0 = AC_0 = \frac{l_0}{\mu'_l} = \frac{0.1675}{0.001} = 167,5мм;$$

$$\bar{l}_k = B_0C_0 = \frac{l_{13}}{\mu'_l} = \frac{0.15}{0.001} = 150мм;$$

$$\bar{r}_{рол} = \frac{r_{рол}}{\mu'_l} = \frac{0.02}{0.001} = 20мм.$$

Від лінії  $C_0B_0$  відкладаємо максимальний кут розмаху  $\beta = 25^\circ$ , одержуємо дугу  $B_0B_6$ . Розмічаємо дугу  $B_0B_6$  відповідно до заданої діаграми кутових переміщень  $\beta_i = \beta(\varphi)$ , тобто ділимо її пропорційно значенням кутів гойдання коромисла. Для цього визначаємо переміщення  $B_0B_i$  за формулою

$$B_0B_i = B_0C_0 * \beta_i * \pi / 180$$

де  $\beta_i$  - кут гойдання коромисла з таблиці 4.2.

Наприклад для положення 1

$$B_0B_1 = B_0C_0 * \beta_1 * \pi / 180 = 150 * 2,1 * 3.14 / 180 = 5,49мм.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.2.