

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
Кафедра металургійного обладнання

Гречаний О.М.

Розрахунок захватного пристрою маніпулятора промислового робота

Методичні вказівки до виконання практичного завдання
підсумкового контролю з курсу «Основи промислової
робототехніки»

Запоріжжя

2024

Зміст

1. Короткі відомості	3
2. Приклад розрахунку захватного пристрою з клино-важільним механізмом	4
Висновки	7
Додаток А – Варіанти початкових даних до розрахунку захватного пристрою	8
Список рекомендованої літератури	10

1. Короткі відомості

Практична мета створення роботів – передача їм у виробничій і дослідницькій діяльності суспільства таких робіт, які для людини є або трудомісткими (або просто нездійсненними за обмежений час), або важкими, неприємними, монотонними, що не вимагають кваліфікації, шкідливими для здоров'я, небезпечними для життя, а також робіт в так званих екстремальних умовах, які перебувають за межами можливості життєдіяльності людини (глибоко під водою, у відкритому космосі, у загазованих шахтах, в атомних установках і т.д.).

Цей новий клас технічних систем принципово відрізняється від звичайних традиційних засобів механізації й автоматизації тим, що має багатоцільове призначення, легко перебудовується на виконання найрізноманітніших трудових операцій та інтелектуальних дій, у тому числі в мінливій і непередбаченій обстановці.

Виконавчий механізм-маніпулятор – являє собою просторовий механізм з декількома ступенями свободи, з кожним з них керованим приводом. Рухи від приводів передаються ланкам маніпулятора, які називають основними. Для захоплення об'єктів робот забезпечується захватним пристроєм. Найбільш широке застосування у промислових роботах знаходять механічні захватні пристрої, у яких об'єкт захоплюється та затискається двома або декількома ланками механізму. У захватних пристроях знайшли застосування багато видів механізмів: шарнірні, кулачкові, зубчасті та черв'якові, гвинтові, клиноважільні та ін. Основні вимоги до механізмів захватних пристроїв – надійність утримання об'єкта, компактність та легкість.

При проектуванні механізмів захватних пристроїв виникають завдання забезпечення стійкості та незмінності положення об'єкта у захопленні та отримання заданого закону зміни зусилля.

2. Приклад розрахунку захватного пристрою з клино-важільним механізмом

Сталеву заготовку діаметром $d=40$ мм і довжиною $L=400$ мм необхідно перемістити в горизонтальній площині спочатку в напрямку, перпендикулярному до її осі із прискоренням $a=6$ м/с², а потім за допомогою повороту руки робота на кут 90° з максимальним кутовим прискоренням $E=12$ м/с² при кутовій швидкості $\omega=1,57$ м/с і довжині руки робота до осі $R=1,3$ м. Установити можливість такого переміщення одномісним захватним обладнанням із клино-важільним механізмом рис.2.1 при зусиллі приводу $P=1000$ Н.

Параметри захватного пристрою (ЗП):

Відстань від точок підвісу губок ЗП до осі заготовки $b=70$ мм; до осі симетрії 15 мм; відстань від точок підвісу губок до осі ролика $C=30$ мм; кут призм губок ЗП $2\alpha=90^\circ$, кут клина $\beta=20^\circ$. Прийmemo $\rho=3^\circ$ (осі на підшипниках ковзання). Коефіцієнт корисної дії клинового механізму $\eta=0,9$.

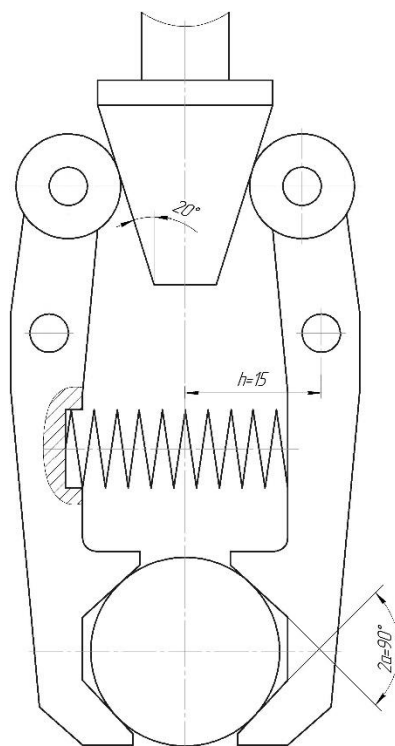


Рисунок 2.1 – Схема одномісного ЗП із клино-важільним механізмом

Визначимо вагу заготовки:

$$G(\pi d^2 L \gamma) / 4 = (3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 0,4 \cdot 7,8 \cdot 10^4) / 4 = 39 \text{ Н} \quad (2.1)$$

Визначимо момент, необхідний для втримання заготовки в губках ЗП. Для схеми рис.2.1 граничне прискорення розраховуємо по формулі:

$$a_{\text{пр}} = g \cos(\alpha + \varphi) / \sin \alpha = (9,81 \cos 45^\circ) / \sin 45^\circ = 9,81 \text{ м/с}^2 \quad (2.2)$$

де $\varphi=0$ – умова незмінності положення об'єкта в захопленні.

Сумарний утримуючий момент у цьому випадку визначимо по формулі:

$$\begin{aligned} M_{\Sigma} &= G[(a/g + \sin \varphi)h + b \cos \varphi] = \\ &= 39[(6/9,81 + \sin 0^\circ)0,015 + 0,07 \cos 0^\circ] = 3,1 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.3)$$

Визначимо зусилля приводу, необхідне для створення знайденого сумарного утримуючого моменту, використовуючи формулу:

$$P_1 = \text{tg}(\beta + \rho) M_{\Sigma} / (C \eta) = \text{tg} 23^\circ \cdot 3,1 / (0,03 \cdot 0,9) = 48,7 \text{ Н}, \quad (2.4)$$

Таким чином, задане зусилля приводу $P=1000$ Н значно перевищує зусилля, необхідне для втримання заготовки при переміщенні її в горизонтальній площині

При повороті заготовки в горизонтальній площині на неї діє її вага G , спрямована перпендикулярно до площини переміщення, відцентрова сила $G_{\text{ц}}=m\omega^2 R$, викликана поворотом заготовки зі швидкістю ω і спрямована перпендикулярно до осі.

При повороті руки робота із прискоренням E заготовка рухається уздовж своєї осі з лінійним прискоренням, рівним:

$$a^{oc} = ER = 12 \cdot 1,3 = 15,6 \text{ м/с}^2 \quad (2.5)$$

Значення осьового граничного прискорення a_{np}^{oc} визначимо по формулі:

$$a_{np}^{oc} = \mu g \cos \varphi / \sin \alpha = 0,15 \cdot 9,81 \cdot 1 / \sin 45^\circ = 2,1 \text{ м/с}^2 \quad (2.6)$$

У нашому випадку заготовку необхідно переміщати із прискоренням:

$$a^{oc} = 15,6 \text{ м/с}^2 > a_{np}^{oc} = 2,1 \text{ м/с}^2 \quad (2.7)$$

тому для визначення сумарного утримуючого моменту скористаємося формулою:

$$\begin{aligned} M_{\Sigma} &= G \left[\left((\omega^2 R / g) + \sin \varphi \right) h + ERb \sin \alpha / (g\mu) \right] = \\ &= 39 \left[\left((1,57^2 \cdot 1,3 / 9,81) + 0 \right) 0,015 + \right. \\ &\quad \left. + 12 \cdot 1,3 \cdot 0,07 \cdot \sin 45^\circ / (9,81 \cdot 0,15) \right] = 20,7 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned} \quad (2.8)$$

При повороті заготовки в горизонтальній площині виникає також момент сил інерції:

$$M_{in} = mL^2 E / 12g = 39 \cdot 0,4^2 \cdot 12 / (12 \cdot 9,81) = 0,6 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.9)$$

де $J = mL^2 / 12$ – момент інерції заготовки щодо осі, що проходить через її центр ваги.

Оскільки M_{in} незначний, то він не враховується при визначенні M_{Σ} . Момент M_{in} не вплине й на значення рівнодіючої.

Визначимо зусилля приводу, необхідне для створення сумарного утримуючого моменту $M_{\Sigma} = 20,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

$$P_2 = \text{tg}(\beta + \rho) M_{\Sigma} / (C \cdot \eta) = \text{tg} 23^\circ \cdot 20,7 / (0,03 \cdot 0,9) = 325 \text{ Н} \quad (2.10)$$

У такий спосіб значення зусилля приводу $P=1000$ Н, задане в умові завдання, дозволяє здійснити зазначене переміщення заготовки. При цьому коефіцієнт запасу по силі приводу:

$$k = P/P_2 = 3,1$$

Що вказує на правильність прийнятих рішень

Висновки

В контрольній роботі був виконаний розрахунок захватного пристрою, а саме визначення зусилля приводу необхідне для переміщення сталеві заготовки вагою 39 Н. Згідно виконаних розрахунків встановлено, що задане зусилля приводу $P = 1000$ Н значно перевищує необхідне для утримання заготовки при переміщенні $P_2=325$ Н. Таким чином заданий захоплюючий пристрій відповідає заданим технологічним вимогам для подальшого його використання у виробничих умовах.

Додаток А – Варіанти початкових даних до розрахунку захватного пристрою

Варіант (згідно порядкового номеру в журналі групи)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
D, см	3	3,5	4,5	5,0	5,2	5,8	5,95	6,0	3,2	3,4	4,7
L, см	30	35	37	41	45	49	52	55	58	60	63
a, м/с ²	3	3,2	3,5	4,0	4,2	4,4	4,5	4,7	5,0	5,3	5,5
E, м/с ²	8	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0
ω, 1/с	1,2	1,25	1,28	1,31	1,33	1,37	1,40	1,41	1,42	1,46	1,47
R, м	0,9	0,95	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
P, Н	800	850	860	900	950	960	970	1000	1100	1200	1250
b, мм	50	55	60	65	70	71	78	80	85	90	95
h, мм	10	15	17	20	23	25	28	30	33	35	38
C, мм	19	23	24	27	30	32	34	35	40	41	46
β, град	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
η, -	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,9	0,91	0,91	0,92	0,86

Варіант (згідно порядкового номеру в журналі групи)

	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
D, см	6,2	6,5	7,0	7,5	7,7	7,9	8,1	8,2	8,4	8,6	9,1
L, см	66	68	70	75	77	79	82	83	84	87	89
a, м/с ²	5,9	6,0	6,1	6,3	6,8	7,0	7,4	7,5	7,7	7,8	7,9
E, м/с ²	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16	16,5	16,7	16,9	17,1	17,3
ω, 1/с	1,5	1,51	1,53	1,58	1,6	1,62	1,64	1,68	1,69	1,7	1,75
R, м	1,85	1,9	1,92	1,94	1,46	1,98	2,0	2,1	2,2	2,3	2,35
P, Н	1300	1350	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1780	1810
b, мм	100	110	120	125	130	140	148	149	155	160	169
h, мм	40	43	45	50	51	54	56	57	58	60	62
C, мм	49	50	51	57	59	61	65	66	70	71	74
β, град	26	27	28	29	29	30	31	33	35	36	39
η, -	0,92	0,9	0,89	0,88	0,88	0,87	0,93	0,92	0,91	0,89	0,87

Список рекомендованої літератури

1. Промислові роботи – Кафедра автоматизації технологічних процесів та виробництв. Кафедра АВ – Кафедра автоматизації технологічних процесів та виробництв. URL: <https://kaf-av.tntu.edu.ua/index.php/mn-abiturient/mn-articles/676-art-industrial-robots> (дата звернення: 22.01.2022).
2. Проць Я. І. Захоплювальні пристрої промислових роботів : навч. посіб. Тернопіль : Терноп. держ. техн. ун-т ім. І. Пулюя, 2008. 232 с.
3. Павленко І. І., Годунко М. О., Кіріченко І. Д. Загальна методика розрахунку та проектування конструкцій захватних пристроїв промислових роботів. *Техніка в сільськогосподарському виробництві*. 2013. № 26. С. 67–70.