

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА
МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

«Технологічні комплекси машинобудування»

для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»

спеціалізації Комп'ютерне моделювання і проектування процесів і машин

КРАМАТОРСЬК 2020

Практичне заняття №1.
Розрахунок кількості основного обладнання АКК

Теоретичні відомості

Сучасний рівень ковальсько-пресового виробництва дозволяє створювати високотехнологічні автоматизовані ковальські комплекси (АКК) на базі ковальських молотів або гідравлічних ковальських пресів.

Сумарне завантаження, тобто кількість годин роботи, ковальсько-пресового обладнання кожного типорозміру, необхідне для виконання заданої програми випуску, визначається за формулою

$$T = \frac{P}{H_{\text{нор}}} \square, \quad (1.1)$$

де P – маса або кількість кованих або штампованих заготовок, які виготовляються на обладнанні даного типорозміру у відповідності до річної виробничої програми, кг (шт.);

$H_{\text{нор}}$ – годинна продуктивність (норма вироблення) даного ковальсько-пресового обладнання, кг/год. (шт./год.).

Значення $H_{\text{нор}}$ для різних типів ковальсько-пресового обладнання наведено у таблицях 1.1, 1.2. Для ковальських молотів та пресів величину $H_{\text{нор}}$ уточнюють за наступною методикою до емпіричної формули

$$H_{\text{нор}} = H'_{\text{нор}} K K_1 K_2 \square \square, \quad (1.2)$$

де $H'_{\text{нор}}$ – середня годинна продуктивність ковальського обладнання даного типорозміру, визначена за таблицями 1.1, 1.2, кг/год.;

K – коефіцієнт, що враховує ступінь складності поковки;

K_1 – коефіцієнт, що враховує величини партії поковок, які одночасно виготовляються;

K_2 – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу поковки на продуктивність кування.

Значення коефіцієнта K відповідно до групи складності молотових та пресових поковок наведено у таблиці 1.4. Значення коефіцієнта K_1 залежить від розміру партії поковок та визначається за даними таблиці 1.3. Значення коефіцієнта K_2 визначається властивостями матеріалу, що підвергають куванню, та наведено таблиці 1.5 для семи груп матеріалів

Таблиця 1.1 – Годинна продуктивність ковальських молотів

Група складності поковок	Продуктивність, кг/год., $H_{нор}$ при масі падаючих частин молота, т							
	0,15	0,25	0,40	0,75	1,0	2,0	3,15	5,0
I	150	239	419	770	1 050	1 750	2 450	3 500
II	55	88	154	440	600	1 000	1 400	2 000
III	42	68	119	308	420	700	980	1 400
IV	35	56	98	264	360	600	840	1 200
V	25	40	70	220	300	500	700	1 000
VI	18	28	49	198	270	450	630	900
VII	15	24	42	182	248	414	580	825
VIII	13	20	35	132	180	300	420	600
IX	8	12	21	70	96	160	224	320

Таблиця 1.2 – Годинна продуктивність ковальських гідравлічних пресів

Група складності поковок	Продуктивність, кг/год., $H_{нор}$ при номінальному зусиллі преса, МН					
	8	12,5	20	32	63	100
I	2 800	4 200	5 200	6 600	9 800	15 000
II	1 820	2 730	3 380	4 290	6 370	9 750
III	1 400	2 100	2 600	3 300	4 900	7 500
IV	880	1 320	1 635	2 075	3 080	4 720
V	490	720	910	1 155	1 715	2 630

Таблиця 1.3 – Значення коефіцієнта K_1 залежно від розміру партії поковок

Розмір партії поковок, шт.	1–2	3–5	6–8	9–15	16–30	Понад 30
K_1	0,8	0,85	0,9	1,0	1,2	1,3

Таблиця 1.4 – Значення коефіцієнта K у відповідності до групи складності поковок

Група складності поковок	Молоти з масою падаючих частин, т		Преси
	До 0,5	Понад 0,5	
I	5,0	3,5	2,0
II	2,2	2,0	1,3
III	1,7	1,4	1,0
IV	1,4	1,2	0,63
V	1,0	1,0	0,35
VI	0,7	0,9	–
VII	0,6	0,83	–
VIII	0,5	0,6	–
IX	0,3	0,32	–

Таблиця 1.5 – Значення коефіцієнта K_2 залежно від властивостей матеріалу поковки

Група матеріалу	Характеристика групи сталей та сплавів	Температурний інтервал кування, °C	K_2
I	Конструкційна вуглецева та легована з вмістом вуглецю до 0,45 %	До 450	1,0
II	Конструкційна вуглецева та легована з вмістом вуглецю до 0,7 %	Не більше 400	0,91
III	Інструментальна, штампова та деякі марки легової конструкційної	Не більше 350	0,87
IV	Легована хромиста для виготовлення підшипників кочення та інструменту	Менше 350	0,84
V	Теплостійка, жароміцна, корозійностійка та сплави, що працюють в умовах підвищених температур при високих удільних тисках та в агресивних середовищах	До 300	0,8
VI	Жароміцна та корозійностійка та сплави, що працюють в умовах низьких, підвищених та високих температур у слабо агресивних середовищах	До 280	0,74
VII	Жароміцна, корозійностійка та сплави, що працюють в умовах підвищених та високих температур та в агресивних середовищах	До 200	0,5

Зазвичай у виробничій програмі АКК присутні вироби різних груп складності, з різних матеріалів та з різною кількістю у партіях поковок. В цьому випадку для кожного i -го виду виробів розраховують за формулою (1.2) годинну продуктивність $H_{нор\ i}$, а усереднену годинну продуктивність за усіма видами виробів визначають як

$$H_{нор} = \sum_{i=1}^n a_i H_{нор\ i} \quad (1.3)$$

де a_i – дольовий коефіцієнт, що показує кількість кожного сортаменту в річній програмі цеху.

Розрахункова кількість АКК, що повинні бути встановлені в цеху, визначається за формулою

$$n_p = \frac{T}{\Phi_o} = \frac{\Pi}{H_{нор} \cdot \Phi_o} \quad (1.4)$$

де Φ_o – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

Значення параметра Φ_o для різних видів обладнання наведено у таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Режими роботи та дійсні річні фонди часу Φ_o роботи ковальського обладнання

Найменування обладнання	Кількість			Дійсний річний фонд часу Φ_o , год.
	робочих днів на рік	робочих змін на добу	годин роботи за змінами	
<i>Ковальські молоти з масою падаючих частин, т</i>				
До 5,0	260	2	8+8	3 975
	271	3	8+8+7	5 840
Понад 5,0	260	2	8+8	3 725
	271	3	8+8+7	5 465
<i>Ковальські гідравлічні преси з номінальним зусиллям, МН</i>				
5...10	305	3	7+7+7	5 590
12...25	357	3	8+8+7	7 513
25...40	357	3	8+8+7	7 349
50...63	357	3	8+8+7	7 226
100...150	357	3	8+8+7	7 226

Отримане значення n_p округлюють до найближчого більшого значення, що являє собою фактичну кількість обладнання n_ϕ , яке приймається до встановлення в цеху. Після цього визначають ступінь завантаження обладнання для реалізації технологічного процесу, який характеризується коефіцієнтом завантаження обладнання K_z :

$$K_z = \frac{n_p}{n_\phi} 100 \%$$

Рекомендоване значення K_z для ковальських машин становить 0,9. В разі, якщо одержане число значно відрізняється від норми, перераховують програму або приймають інші типи основного обладнання АКК.

Задача 1.

Визначити кількість АКК на базі пресів зусиллям 20МН при річній програмі 30 тис. т поковок з вуглецевої сталі (вмісткість $C < 0,45\%$) V групи складності, Розмір партії поковок 3-5 шт.

Задача 2.

Визначити кількість АКК на базі молотів з масою падаючих частин 2т при річній програмі 20 тис. т поковок з конструкційної вуглецевої сталі (вмісткість $C < 0,7\%$),

Розмір партії поковок 6-8 шт. Річна програма складає:

група II - 50%

група IV - 30%

група VI - 20%

Задача 3.

Визначити кількість АКК на базі пресів зусиллям 32МН при річній програмі 50 тис. т поковок з вуглецевої сталі (вмісткість $C < 0,45\%$),

Розмір партії поковок 3-5 шт. Річна програма складає:

група I - 50% Розмір партії поковок 9-15 шт.

група III - 20% Розмір партії поковок 6-8 шт.

група III - 10% Розмір партії поковок 3-5 шт.

група V - 20% Розмір партії поковок 1-2 шт.

Контрольні питання

- 1 Назвіть склад обладнання АКК та його призначення
- 2 Назвіть основні переваги АКК
- 3 Від яких факторів залежить кількість основного обладнання АКК
- 4 Поясніть вплив різних факторів з точки зору технології виробництва на кількість основного обладнання АКК
- 5 Наведіть методику розрахунку кількості основного обладнання АКК

Практичне заняття №2.
Ковальські та інструментальні маніпулятори

Теоретичні відомості

Для підвищення ступеня спеціалізації КПЦ на базі основного технологічного обладнання створюють ковальські комплекси: «прес – маніпулятор», «молот – маніпулятор», «піч – шаржир-машина – прес (молот) – маніпулятор».

Для виконання основних технологічних функцій до складу кожного комплексу повинні входити наступні компоненти основного й допоміжного технологічного устаткування: кувальний прес; кувальний маніпулятор; підйомно-поворотний стіл; пристрій для зміни комплекту бойків; інструментальний маніпулятор, пристрій уведення й коректування керувальних програм.

Кувальний маніпулятор - невід’ємна частина АКК і призначений для переміщення та позиціонування заготовки відносно бойків пресу і є машиною, що безпосередньо бере участь в процесі кування.

Один із типових потужних кувальних маніпуляторів - маніпулятор фірми DAVY-LOEWY.(рис. 2.1)

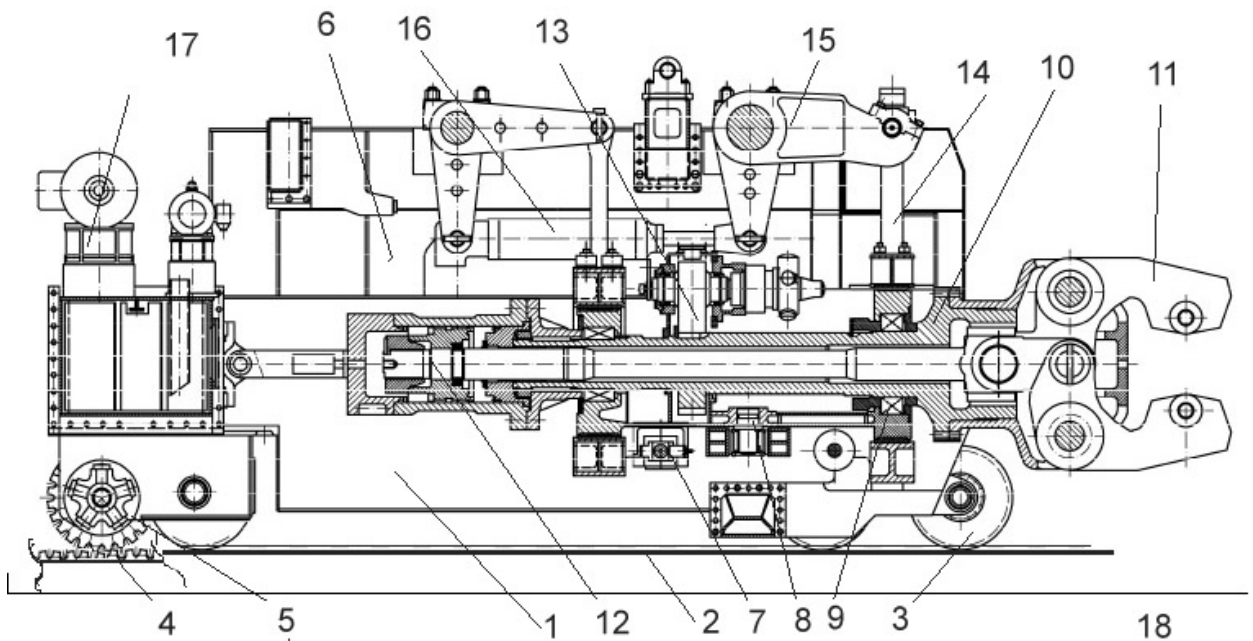


Рисунок 2.1 - Кувальний маніпулятор фірми DAVY-LOEWY

Маніпулятор складається з платформи 1, яка переміщується по залізничних рейках 2 на колесах 3. Кількість коліс визначається вантажопідйомністю маніпулятора. Паралельно залізничним рейкам 2 прокладені нерухомі зубчасті рейки 4, що входять в зачеплення з шестірнями 5, привод яких 17 розміщений на

платформі 1. При обертанні шестірні 5 перекочуються по рейках 4 та рухають маніпулятор вперед –назад відносно пресу.

На платформі 1 встановлено каретку 6, на якій шарнірно закріплені двохплечі важелі 15, шарнірно з'єднані з тягами 14. В тягах на підшипниках 9 встановлена рука 10 маніпулятора з кліщами 11, які зводяться-розводяться гідроциліндром 12. Рука може обертатись вздовж своєї осі зубчастою передачею 13 для кантування заготовки.

Два двохплечих важелі 15 з'єднані гідроциліндром 16, з яким утворюють шарнірний паралелограм. При роботі гідроциліндру 16 важелі обертаються в різні боки, рухають в протилежних напрямках тяги 14 і хитають руку 10 в вертикальній площині на потрібний кут.

Поворот каретки 6 в горизонтальній площині виконують два гідроциліндри 7, які обертають її навколо осі 8.

Таким чином, маніпулятор забезпечує затискання заготовки в кліщах, пересування її до пресу та від пресу, обертання вздовж поздовжньої осі (кантування) та хитання у вертикальній та горизонтальній площинах

Інструментальний маніпулятор є допоміжним обладнанням АКК. Він використовується в основному для подачі інструмента в робочу зону пресу або молоту.

В сучасних АКК на базі потужних гідравлічних пресів використовують інструментальні маніпулятори у вигляді поворотної обойми з розміщеними на ній у вертикальному положенні інструментальними штангами є більш компактними у порівнянні з напільними колісними інструментальними маніпуляторами.

Інструментальний маніпулятор конструкції НКМЗ (рис.2.2) містить основу 1, у напрямних якої розміщена плита 2 з механізмом 3 пересування. На плиті 2 жорстко закріплений циліндр 4 механізми підйому. На циліндрі 4 змонтована втулка 6 підйомно-поворотної обойми 7, зв'язана зі штоком 8 циліндра. На напрямних 12 підйомно-поворотної обойми 7 установлені повзуни 11. На втулці 6 є зуб 9, що контактує з відповідним пазом 10 одного з повзунів 11, що знаходиться на лінії пресу. З повзунами 11 шарнірно з'єднані інструментальні штанги 13, на яких закріплено затискачі зі змінним інструментом 5. Штанги 13 установлені з опорою на ролики 14, закріплені на нижньому фланці корпусу 15 під-

йомно- поворотної обойми 7. Корпус 15 вільно встановлений на веденому зубчастому колесі 16, пов'язаному з зубчастою шестірнею, закріпленою на валу черв'ячного редуктора 17, приводу 18 механізму повороту обойми 7.

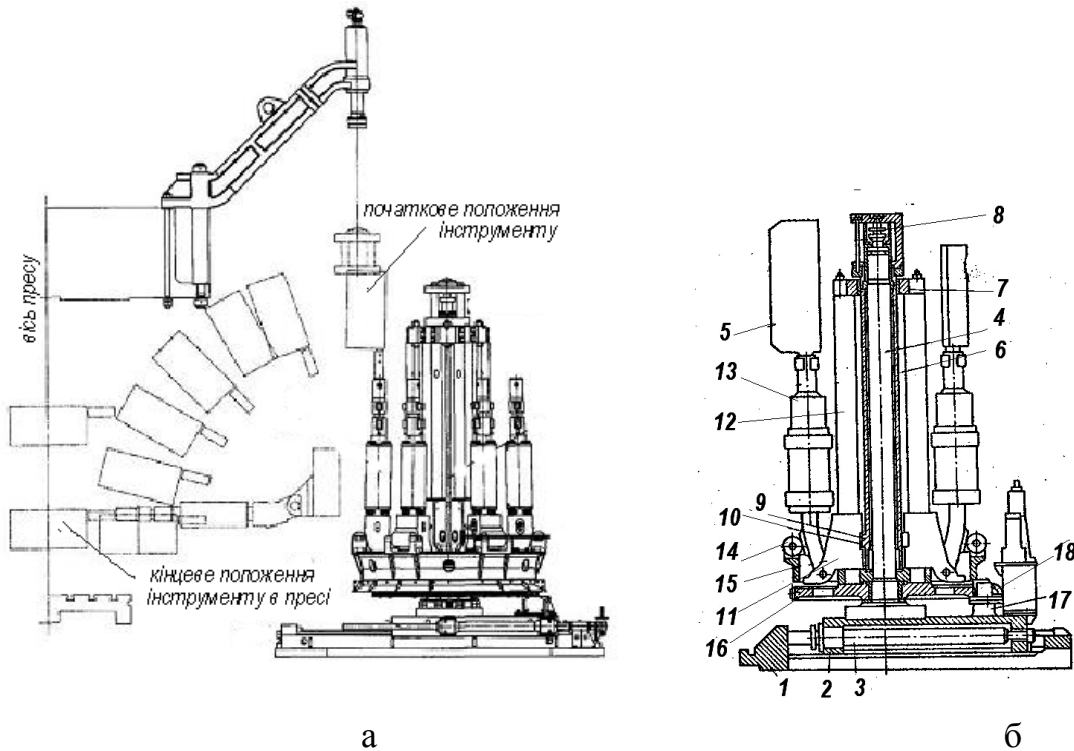


Рисунок 2.2 - Загальний вигляд (а) та принципова схема (б) інструментального маніпулятора з шістьма штангами

Завдання

1. Навести кінематичну схему механізму переміщення кувального маніпулятора та пояснити принцип дії.
2. Навести кінематичну схему механізму кліщів маніпулятора та пояснити принцип дії..
3. Навести кінематичну схему механізму підйому руки кувального маніпулятора та пояснити принцип дії..
4. Навести кінематичну схему механізму вертикального хитання руки кувально-го маніпулятора та пояснити принцип дії.
5. Навести кінематичну схему механізму переміщення інструментального маніпулятора та пояснити принцип дії.

6. Навести кінематичну схему механізму опускання руки інструментального маніпулятора та пояснити принцип дії.
7. Навести кінематичну схему механізму повороту обойми інструментального маніпулятора та пояснити принцип дії.

Практичне заняття №3.

Розрахунок кількості нагрівальних пристроїв для АКК

Теоретичні відомості

Основною особливістю АКК є те, що процес вільного кування здійснюється в технологічному взаємозв'язку складових комплексу з нагрівальним, термічним та підйомно-транспортувальним обладнанням під керівництвом автоматизованих систем керування технологічними процесами.

В умовах ковальсько-пресового виробництва габарити заготовок, що обробляють тиском, можуть змінюватися в широкому діапазоні, тому печі повинні бути універсальними як з точки зору розмірів заготовки, що нагрівається, так і з позицій достатньої продуктивності. Цим умовам відповідають камерні печі з висувним подом, що в більшості випадків обслуговують унікальне ковальське обладнання, зокрема, АКК на базі гідравлічних пресів. Гідравлічні преси зусиллям 5...15 МН можуть оснащатися камерними печами. У цьому випадку такі печі обслуговуються шаржир-машинами. АКК на базі ковальських молотів обслуговують камерні печі.

Розрахунок полум'яних печей являє собою визначення загальної (сумарної) площі подини для нагріву металу:

$$F_n = \frac{P_n}{f_n} \quad (3.1)$$

де F_n – сумарна площа подин нагрівальних печей, м²;

P_n – маса металу, що підлягає нагріву, кг/год.;

f_n – питома годинна продуктивність однієї нагрівальної печі (напруженість подини), кг/год. м².

Якщо нагрівальні печі встановлюють біля АКК на базі ковальських молотів, їх кількість та розміри поду повинні забезпечити не тільки первинний нагрів заготовок, а й повторні нагриви та підігриви. У цьому випадку величина P_n складається з маси готової поковки, відходу, маси металу, що пішла на угар, та маси металу, що повторно нагрівається та підігрівається. При укрупнених розрахунках приймається, що маса нагрітого металу P_n для АКК з ковальськими молотами з масою падаючих частин 1 т і вище в середньому дорівнює:

$$P_H \cong (1,5 \dots 2,25) P_M \quad (3.2)$$

де P_M – маса поковок, яку знімають з молота, кг/год.

При куванні зливків на ковальських пресах враховують наявність прибуткової та донної частин, а також необхідність двох нагрівів та двох підігрівів у процесі кування. Тому при визначенні площ подин печей приймати в якості маси P_H , що нагрівають, величину:

$$P_H \cong (4,5 \dots 5,0) P_n \quad (3.3)$$

де P_n – маса поковок, яку знімають з преса, кг/год.

У таблиці 3.1 наведені значення продуктивності для різних видів обладнання АКК

Таблиця 3.1 – Значення продуктивності для основного обладнання АКК

Маса падаючих частин, т	Продуктивність		Зусилля машини або преса, МН	Продуктивність	
	кг/хв.	кг/год.		кг/хв.	кг/год.
<i>Ковальські молоти</i>			<i>Ковальські гідравлічні преси</i>		
0,15	0,33	20	8,0	30,0	1 800
0,25	0,67	40	12,5	41,7	2 500
0,4	1,17	70	20	58,4	3 500
0,75	3,7	220	32	75,0	4 500
1,0	5,0	300	63	100	6 000
2,0	8,3	500	100	167	10 000
3,0	11,7	700			
5,0	16,7	1 000			

Значення параметра f_H – продуктивності при нагріві – визначається за даними таблиці 3.2 залежно від типу нагрівального обладнання.

У таблиці 3.2 значення продуктивності показані у вигляді дробу, чисельник якої відповідає значенню продуктивності при нагріві легованої сталі, а знаменник – при нагріві вуглецевої сталі.

Кількість нагрівальних печей, необхідних для обслуговування ковальсько-пресового та штампувального обладнання, дорівнює:

$$n_H = \frac{F_H}{F_{1H}}$$

де n_n – кількість нагрівальних печей, шт.;

F_{1n} – умовна площа поду однієї печі (див.табл. 3.2), м².

Величину n_n округлюють до найближчого більшого значення або обирають іншу піч, якщо округлення не є доцільним. В останньому випадку розрахунки нагрівальних печей виконують повторно.

Таблиця 3.2 – Співвідношення зусилля преса та параметрів робочого простору камерних печей з викатним подом

Умовна площа поду, м ²	Розмір робочого простору печі			Максимальне садження, т	Зусилля преса, МН	Площа поду печі для молота, що рекомендується, м ²
	ширина	довжина	висота			
3,0	1 180	2 550	1 160	15	5...6	3...8
4,8	1 650	3 015	1 625	25	8	
6,0	2 000	3 015	1 930	30	10	6...10
8,0	2 000	4 060	1 930	50	12,5...15	8...12,5
10,0	2 460	4 060	2 300	65		
12,5	2 460	4 990	2 300	80	20	10...15
15,0	3 020	4 990	2 500	100	25	
18,0	3 020	6 030	2 500	120	32	12,5...24
24,0	4 060	6 030	3 650	150	50	15...32
32,0	4 060	8 005	3 650	210	63	
40,0	4 980	8 005	4 000	260		
50,0	4 980	9 975	4 000	320	100	
60,0	6 000	9 975	5 000	390	150	24...72
72,0	6 000	11 950	5 000	470		

Умовна площа поду, м ²	Продуктивність при нагріві сталі легованої/вуглецевої, кг/год.	Найбільша витрата газу, м ³ /год.	Витрата повітря для спалення газу, м ³ /год.	Об'єм продуктів горіння, м ³ /с	Габаритні розміри, мм		
					довжина	ширина	висота
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Печі камерні</i>							
0,5	100/200	22	215	0,068	1 490	1 740	2 000
0,6	120/240	27	260	0,083		1 970	2 150
0,7	140/280	38	370	0,118	1 605	1 850	
1,0	200/400	50	490	0,155	2 005	1 970	
1,4	280/560	75	730	0,23	2 470	2 090	2 280
1,9	380/750	95	930	0,29	2 585		
2,5	500/1 000	110	1 080	0,34	2 930	2 320	2 400
3,2	650/1 300	130	1 280	0,4	3 020	2 550	2 750
4,0	800/1 600	150	1 520	0,47	3 530	3 015	
4,9	970/1 950	180	1 760	0,56		3 365	2 950
5,0	1 000/2 000	190	1 870	0,59	3 875	3 130	
6,0	1 200/2 400	220	2 150	0,68	4 340	3 365	
6,6	1 320/2 650	240	2 350	0,75	4 445		3 710
7,5	1 500/3 000	260	2 550	0,81			3 350

<i>Печі камерні тупикові з викатним подом</i>							
3,0	450/600	90	880	0,28	3 605	2 665	3 160
4,8	720/960	150	1 470	0,46	4 070	3 130	3 625
6,0	900/1200	180	1 760	0,56		3 475	3 970
8,0	1 200/1 600	245	2 400	0,76	5 110	4 055	4 300
10,0	1 500/2 000	310	3 050	0,96			
12,5	1 875/2 500	380	3 720	1,18	6 040	4 520	4 700
15,0	2 250/3 000	460	4 500	1,43			
18,0	2 700/3 600	550	5 400	1,70	7 085	5 565	5 850
24,0	3 600/4 800	750	7 350	2,32			
32,0	4 800/6 400	1 020	10 000	3,15	9 055	6 490	6 200
40,0	6 000/8 000	1 270	12 400	3,95			
50,0	7 500/1 0000	1 570	15 400	4,86	11 030	7 535	7 200
60,0	9 000/1 2000	1 880	18 400	5,84			
72,0	11 000/14 500	2 250	22 000	6,97	13 000		

Вправи

Задача 1

Вибрати тип і визначити кількість нагрівальних печей для АКК з гідравлічним пресом зусиллям 12,5 МН при наступних даних

Матеріал: сталі вуглецеві -70%, леговані - 30%

Відстань між колонами цеху - 12м.

Задача 2

Вибрати тип і визначити кількість нагрівальних печей для АКК із ковальським молотом з масою падаючих частин 2т при наступних даних

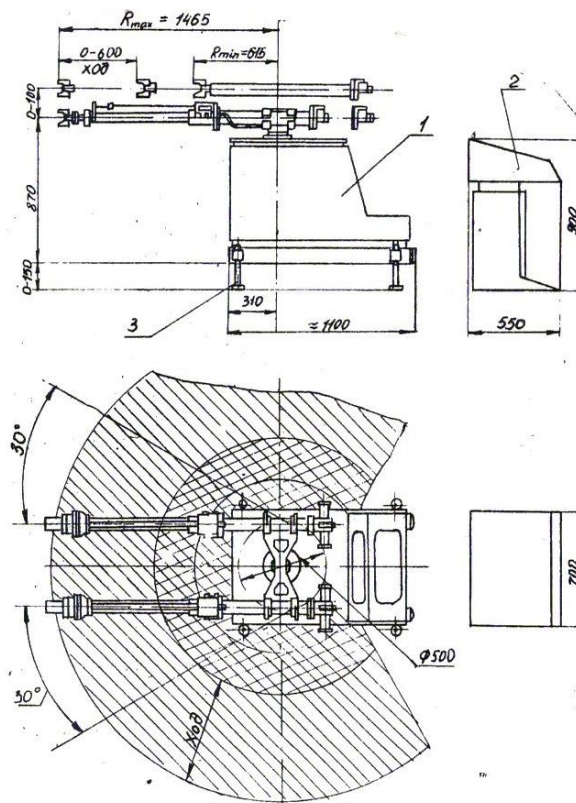
Матеріал: сталі вуглецеві -60%, леговані -40%

Відстань між колонами цеху - 12м.

Практичне заняття №4
Вивчення конструкції та принципу дії
ПР «Циклон-3б»

Теоретичні відомості

ПР "Циклон 3Б" (рис. 1.1) призначений для механізації й автоматизації технологічних ділянок (ліній) у заготівельних цехах, пов'язаних із процесом холодного листового штампування в умовах масового й крупносерійного виробництва або інших аналогічних виробництв. Робот заміняє основних робітників на циклічно повторюваних, монотонних і небезпечних роботах по завантаженню-розвантаженню основного, а також допоміжного технологічного устаткування, включаючи міжверстатне транспортування. Технічна характеристика ПР "Циклон-3б" наведена в табл. 1.1



1 – маніпулятор, 2 – пристрій програмного керування, 3 - встановлювальний гвинт

Рисунок 4.1 – Схема ПР "Циклон-3б"

Таблиця 4.1 - Технічна характеристика ПР "Циклон-3Б"

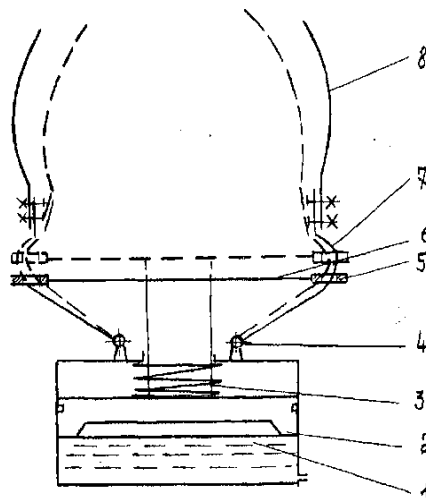
Параметр 1	Величина 2
Номінальна вантажопідйомність однієї руки, кг	1 кг
Тип приводу	[[Пневматичний
Тип системи програмного керування	Циклова
Спосіб завдання координат.	По упорах
Програмоносії	Матрично-штирєва панель
Кількість програмувальних координат, шт: загальна	4
з них:	
транспортних (поворот, підйом, висувні руки)	3
що орієнтують (поворот схвата)	1
Кількість опорних точок по координатах, шт:	
поворот руки	4
всі інші	2
Максимальне число переходів у циклі, шт	34
Кількість команд, шт:	
на маніпулятор	22
на обладнання, що обслуговує,	6
Найбільший регульований кут повороту руки в горизонтальній площині, град., не менш	180
Найбільший регульований хід висування руки, мм	
не менш	600
Точність позиціонування, мм:	
по повороті руки на радіусі 1400 мм	±0,25
по інших координатах	±0,1
Споживана потужність, Вт	400

Функціональна схема роботи П "Циклон 3Б" наступна.

При надходженні команди з ПУРА комутируються електромагніти відповідних повітророзподільників. Повітророзподільники відкривають доступ

повітря в пневмоцилиндри відповідних механізмів приводу, і рука робить певний рух. По приходу руки в задане положення спрацьовують кінцеві вимикачі, що контролюють виконання відповідного руху, і дають дозвіл на початок наступного руху. Поворот схвата, зажим-разжим схвата, а також установка упорів повороту в потрібні крапки не контролюються кінцевими вимикачами. На виконання цих рухів приділяється певний інтервал часу $t=(0,8\pm 0,3)$ с.

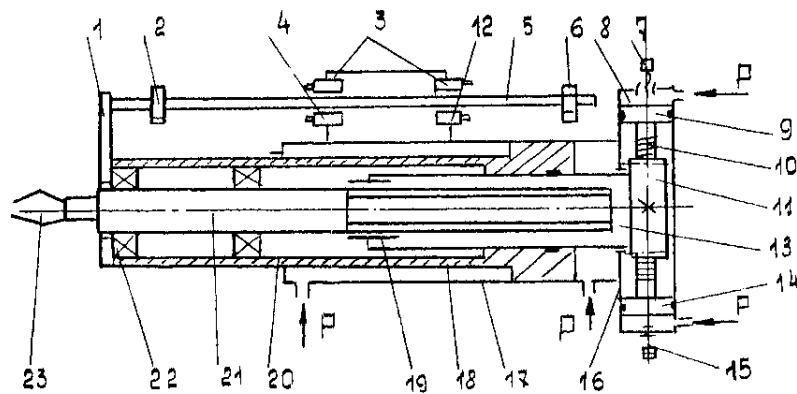
Кліщі робота мають пневматичний привід. При подачі стисненого повітря в робочу порожнину пневмоциліндра 1 (рис. 4.2) шток-поршень 2 і водило 6, закріплене на ньому, переміщуються нагору, стискаючи пружину 3. Водило 6 пов'язане повзунми 5 з важелями 7. Повзуни 5 за рахунок переміщення в пазах повертають важелі 7 навколо осі 4. При цьому губки 8, закріплені на важелях 7, затискають деталь. Розкриття кліщів відбувається під впливом пружини 3 після скидання тиску повітря в робочій порожнині циліндра 1.



1 - пневмоциліндр; 2 - шток-поршень; 3 - пружина; 4 - вісь; 5 - повзун; 6 - водило; 7 - важіль; 8 - губки

Рисунок 4.2 - Конструкція кліщів ПР «Циклон-3б»

Привід повороту кліщів (рис. 4.3) складається з двох пневмоциліндрів 8 і 16, двох поршнів 9 і 14, гвинтів-обмежників 7 і 15, зубчастої рейки 10 і шестірні 11 в зачепленні з нею, що сидить на валу 13, який через шлицеву втулку 19 пов'язану з валом 21.



1 - поперечна планка; 2,6 - упор; 3 - датчик; 4,12 -гідродемпфер; 5 - напрямна; 7,15 - гвинт обмежувальний; 8,16- пневмоциліндр; 9,14 - поршень; 10 - рейка зубчаста; 11- шестірня; 13 - вал; 17 - пневмоциліндр; 18 - шток- поршень; 19 - втулка шліцева; 20 - втулка; 21 - вал; 22 - підшипник; 23 - кліщі

Рисунок 4.3- Механізми обертання кліщів і висування руки

До останнього жорстко кріпляться кліщі 23. При подачі стисненого повітря у робочу порожнину одного з циліндрів поршень разом з рейкою рухається поступально, приводячи в обертання шестірні 11, вали 13, 21 і кліщі 23. Порожина другого циліндра при цьому робить на скид тиску.

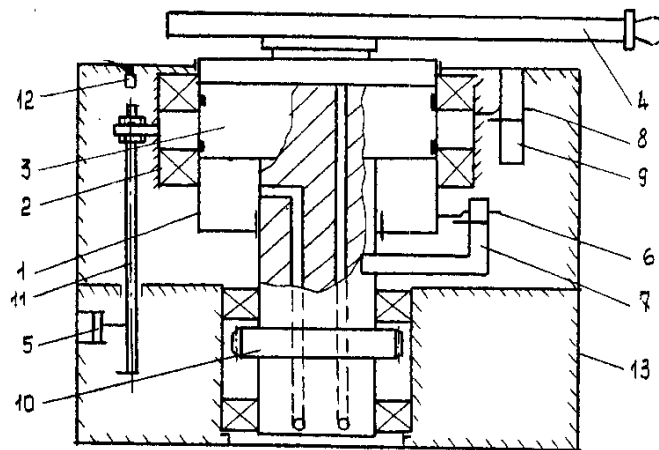
Для повороту кліщів у протилежний бік стиснене повітря подається в другий циліндр. Максимальний кут повороту кліщів -180°.

Приводом висування руки є пневмоциліндр 17 (див. рис.4.3). У лівий фланець пневмоциліндру 17 запресована бронзова втулка 20, що є напрямною для шток- поршня 18. Усередині шток- поршня запресовані опорні підшипники 22, на які опирається вал 21. Шток- поршень через поперечну планку 1 жорстко зв'язаний з допоміжною напрямною 5, на якій кріпляться упори 2 і 6. Пересуваючи упори по допоміжній напрямній, можна регулювати хід руки. Поперечна планка 1 одночасно служить для утримання шток- поршня 18 від провертання відносно поздовжньої осі руки. Пневмоциліндр включений у пневмосистему за диференціальною схемою так, що штокова порожнина його постійно перебуває під тиском. Для висування руки стиснене повітря подається в поршневу порожнину пневмоциліндра 17, і шток- поршень внаслідок різниці ефективних площин поршня починає переміщатися вліво разом з допоміжною напрямною 5 і упорами 2 і 6. Висування руки відбувається до зіткнення упору 6 з гідродемпфером 4. Одночасно упор 6 натискає на підпружинений палець датчика 3, що

видає сигнал у систему керування про спрацьовування механізму висування руки.

Механізм підйому рук (рис. 4.4) складається зі шток- поршня 3, рухливого пневмоциліндра 1 з вилкою 6, колектора 2, що поступально рухається відносно напрямної 9. Рука маніпулятора 4 з кліщами кріпиться до верхнього торця пневмоциліндра 1.

Для підйому рук стиснене повітря через отвір в шток- поршні 3 подається в поршневу порожнину пневмоциліндру 1. Причому шток- поршень 3 зафіксований від вертикального переміщення, а переміщається корпус пневмоциліндру 1 з закріпленими на ньому руками 4. Верхнє положення циліндра з закріпленими на ньому руками визначається положенням гвинта 11, що, упираючись у нерухливий корпус гальмового пристрою 12, перешкоджає подальшому переміщенню циліндра 1. Для пом'якшення ударів частин, що рухаються, об корпус служить гальмівний пристрій 12 з поступально рушійним золотником: нагору - за рахунок натиску гвинта 11, долілиць - за рахунок стисненого повітря, постійно подаваного до гальмового пристрою. Крайні положення пневмоциліндру фіксуються за допомогою датчика 5.

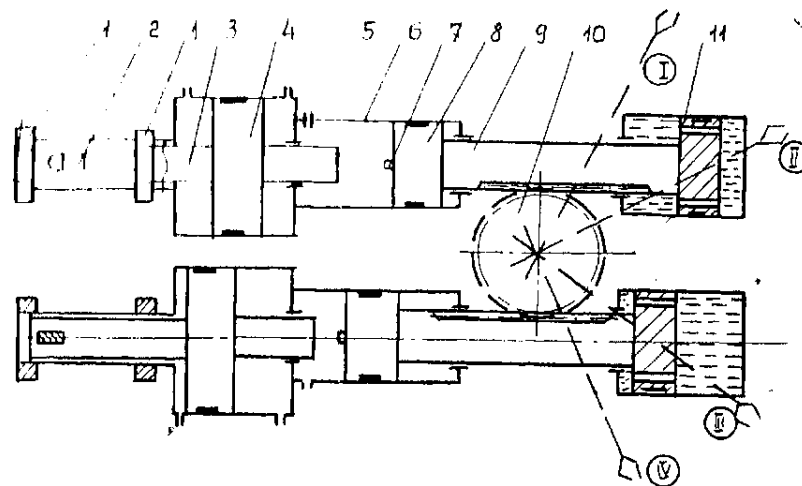


- 1 - пневмоциліндр; 2 - колектор; 3 - шток- поршень; 4 - рука; 5 - датчик;
6 - вилка; 7 - скалка; 8 - вилка; 9 - напрямна; 10 - вал- шестірня; 11- гвинт регулювальний; 12 - гальмовий пристрій; 13 - корпус

Рисунок 4.4 - Механізм підйому рук

Механізм повороту рук показаний на рис. 4.4 і 4.5. Привід механізму (див. рис. 13) складається з двох малих 6 і двох великих пневмоциліндрів 5. Штоки 9 поршнів 8 малих циліндрів виконані у вигляді зубчастих рейок, сполучених з шестірнею 10. На поршнях 8 закріплені гальмівні датчики 7, а на штоках 9- перфоровані поршні гідравлічних демпферів 11.

На штоках 3 закріплені планки 2, які входять у прорізи на корпусах великих пневмоциліндрів 5. На корпусах у зоні прорізів виконана різьбова нарізка, по якій можуть переміщатися гайки- упори 1. Шестірня 10 нерухомо закріплена на штоку- поршні 3 механізми підйому (див. рис.12). Для спільного повороту штока 3 і корпусу пневмоциліндру 1 з розміщеними на ньому руками 4 шток з корпусом з'єднані скалкою 7 івилкою 6, які забезпечують їхній жорсткий зв'язок при повороті й ковзний - при підйомі рук . Шток 3 і корпус 1 установлені в колекторі 2 на підшипниках кочення.



1 - гайка- упор; 2 - планка; 3 - шток; 4 - великий поршень; 5 - великий пневмоциліндр; 6 - малий пневмоциліндр; 7 - гальмівний датчик; 8 - малий поршень; 9 - шток- рейка; 10 - вал- шестірня; 11- гідравлічний демпфер

Рисунок 4.5 - Привід механізму обертання рук

Для повороту рук повітря подається в поршневу порожнину одного з малих пневмоциліндрів 6 (див. рис. 4.5), що зміщується вправо. При цьому рейка на штоку 9 повертає шестірню 10 разом з гідроциліндром 1 і руками 4 (див. рис.4.4). Одночасно шестірня 10 (див. рис.4.5) приводить рейку на штоку другого малого циліндра 6, поршень якого переміщується вліво до упору в шток великого пневмоциліндру 4. Тому що площа поршня 4 більше, ніж поршня 8, то

при однаковому тиску повітря шток 9 малого пневмоциліндру гальмується й обертання шестірні 10 і всього механізму припиняється.

Фіксація рук у заданих положеннях, наприклад I-II (див.рис.13), здійснюється регулюванням положень штоків пневмоциліндрів 5 за допомогою планок 2, які упираються в гайки 1. Переміщенням гайок- упорів 1 регулюється положення поршнів 4 і їхніх штоків при подачі тиску в пневмоциліндри 5, а отже, переміщення штоків 9 і рук робота до зупинки в заданому кінцевому положенні. Для усунення ударних навантажень приводу в кінцевих положеннях застосовують гідравлічні демпфери 11 у вигляді гідроциліндрів з перфорованими поршнями.

Вправи

1. Навести принципову схему ПР «Циклон-3б» та пояснити принцип його роботи.
2. Навести кінематичну схему кліщів ПР «Циклон-3б» та пояснити принцип їхньої роботи.
3. Навести кінематичну схему механізму обертання кліщів ПР «Циклон-3б» та пояснити принцип його роботи.
4. Навести кінематичну схему механізму висування руки ПР «Циклон-3б» та пояснити принцип його роботи.
5. Навести кінематичну схему механізму підйому рук ПР «Циклон-3б» та пояснити принцип його роботи.
6. Навести кінематичну схему механізму обертання рук ПР «Циклон-3б» та пояснити принцип його роботи.

Контрольні питання

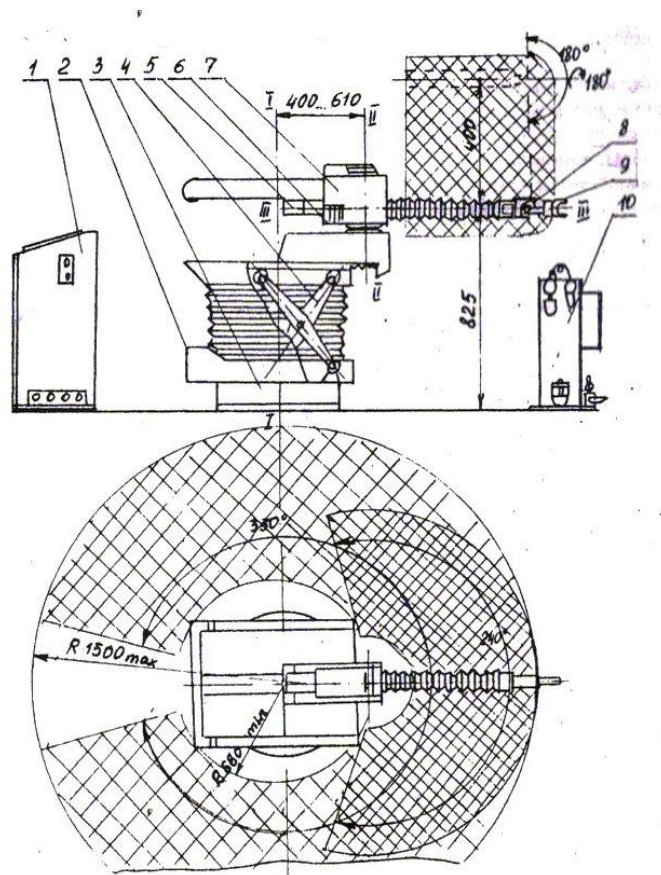
1. З яких основних вузлів складається ПР "Циклон-3б"?
2. Принцип роботи окремих механізмів маніпулятора ПР "Циклон-3б".
3. Як виробляється настройка необхідних величин кутових і лінійних переміщень?
4. Призначення й принцип дії пристроїв, що демпфірують, у механізмах ПР "Циклон-3б".
5. Назвіть основні види погрішності позиціювання й шляхи їхнього зменшення.
6. Як визначити загальну погрішність позиціювання?

Практичне заняття №5.

Вивчення конструкції та принципу дії ПР «Універсал 5»

Теоретичні відомості

ПР "Універсал-5" (рис. 5.1) призначений для автоматизації завантажувально-розвантажувальних робіт при обслуговуванні технологічного устаткування, для міжопераційного й міжверстатного транспортування об'єктів обробки, з метою заміни робітників при виконанні ряду важких, небезпечних і монотонних технологічних операцій.



1 пульт керування; 2 маніпулятор; 3 - механізм повороту; 4 - механізм підйому; 5 - механізм обертання кисті; 6 - механізм висування руки; 7 - механізм повороту руки; 8 - механізм згинання кисті; 9 - захоплювальник; 10 - система підготовки повітря

Рисунок 5.1 - Схема промислового робота "Універсал-5"

ПР "Універсал-5" складається з наступних основних частин: маніпулятора, пульта керування роботом і системи підготовки повітря.

Виконавчою частиною ПР "Універсал-5" є маніпулятор, зв'язаний пневматичними й електричними лініями енергоживлення й керування із системою підготовки повітря, блоком керування повітророзподільниками й пультом керування.

Система підготовки повітря служить для очищення повітря, що надходить у пневмоциліндр, від механічних домішок, вологи, для подачі змащення до тертьових поверхонь пневмоциліндрів, а також для контролю й підтримки тиску повітря у пневмосистемі.

Маніпулятор включає в себе робочий орган (дві руки), механізми приводів, що забезпечують переміщення робочого органа, і пневмосистему, що забезпечує підготовку й розподіл повітря по пневматичних циліндрах механізмів приводів.

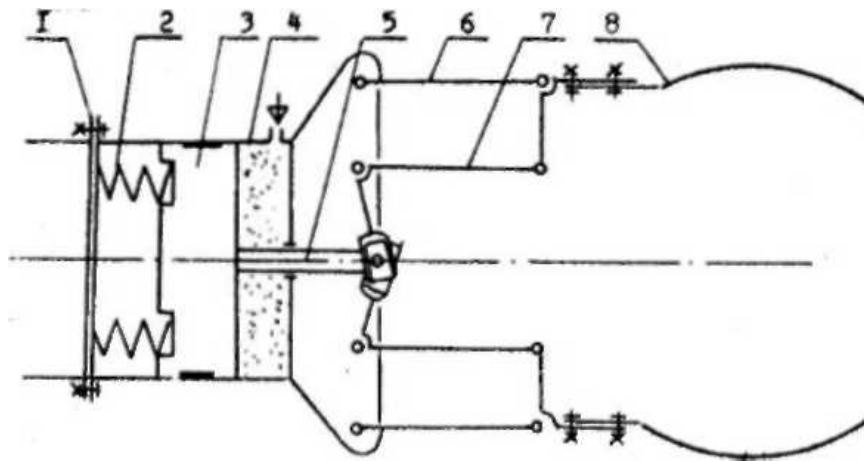
Пристрій програмного керування роботом включає й себе встаткування й прилади системи програмного керування й електроустаткування, що забезпечує роботу виконавчих механізмів маніпулятора.

У пульті керування й блоці керування повітророзподільниками розміщені встаткування, прилади системи програмного керування (СПК) і електроустаткування.

Аналого-позиційна СПК забезпечує навчання по першому циклі й автоматичній роботі із заданого циклу всіх виконавчих механізмів робота.

Основними вузлами маніпулятора є (див. рис. 5.1): механізм повороту платформи 3, механізм підйому платформи 4, механізм повороту руки 7, механізм висування руки 6, механізм обертання кисті 5, механізм згинання кисті 8 і кліщі 9. Кожний з механізмів, що визначають той або інший ступінь волі, відпрацьовує одну з координат задану програмою.

Для захоплення предметів рука постачена спеціальним вузлом - охопленням (мал. 4.1), що своїм фланцем 1 кріпиться до фланця кисті руки. Захоплення й утримання предмета виробляються губками 8, що сполучають плоскопаралельні переміщення. Привід губок кліщів здійснюється від пневмоциліндра 4.



1 - фланець; 2 - пружина; 3 - поршень; 4 - циліндр; 5- шток; 6 - прямий важіль; 7 - фігурний важіль; 8 - губки;

Рисунок 5.2 – Кліщі

При подачі повітря в робочу порожнину циліндра поршень 3 зі штоком 5 іде вліво, стискаючи пружини 2. При цьому повертаються фігурні важелі 7, що веде до зближення губок 8 і затиску деталі. Розміри й конфігурація губок можуть бути різноманітними залежно від форми й маси деталі. Розтиснення губок кліщів відбувається після скидання тиску повітря в робочій порожнині циліндра під дією шести пружин 2.

Механізм згинання руки (рис. 5.3) складається з важелів 23, жорстко пов'язаних з валом-шестірнею 21, зубчастої рейки 22 і приводу штока 9. Важелі кліщів 23 мають можливість обертатися разом з валом-шестірнею 21 навколо осі, перпендикулярної поздовжньої осі руки. Обмеження обертання вала-шестірні 21 відбувається за допомогою упору виступів важелів 23 у переставні сектори 20, що кріпляться гвинтами до підстави 19. Максимальний кут згинання кисті - 180° . Привід згинання кліщів складається із циліндрів 3, поршня 4, жорстко зв'язаного зі штоком 9, і далі через шарнірне з'єднання 11 - із зубчастою рейкою 22. Поршень і шток мають гумові ущільнення по діаметру. При подачі тиску повітря в циліндр 3 праворуч або ліворуч від поршня 4 рейка 23 переміщається в ту або іншу сторону. Вал-шестірня 21 обертається, а разом з нею повертаються й важелі кліщів з губками, що захоплюють деталь. Для забезпечення плавності спрацьовування виконавчої ланки передбачене пристрій, що демпфірує, що складається з поршня 2 і корпуса демпфера, заповненого маслом. У поршні є калібровані отвори, через які відбувається перетікання масла з однієї порожнини в іншу. Швид-

кість переміщення визначається діаметром каліброваного отвору, в'язкістю масла й осьовою силою на штоку 9.

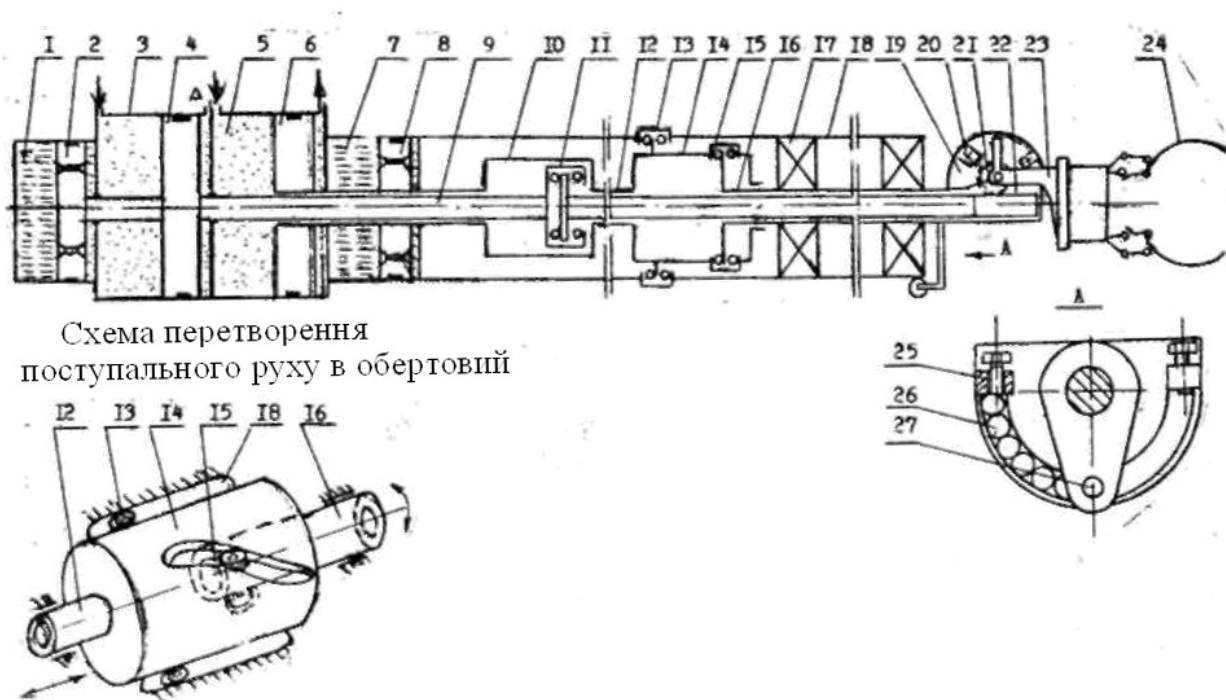


Рисунок 5.3 –Механізм обертання руки і хитання кліщів

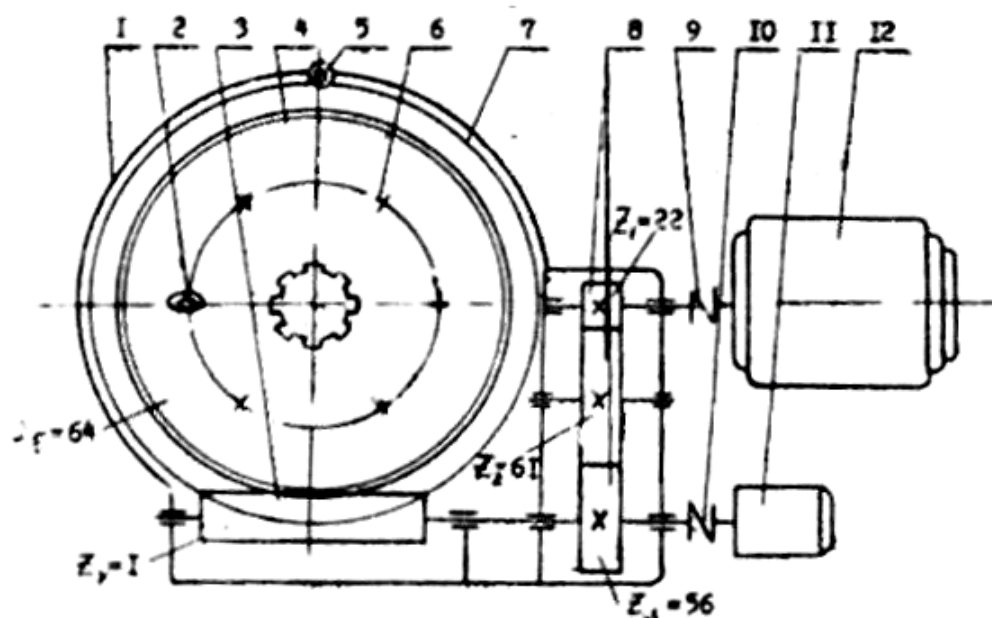
Для розвантаження штока 9 від крутного моменту, викликаного хитанням кліщів, служить шарнірне з'єднання 11, усередині якого встановлені два упорних підшипники.

Механізм обертання кисті уздовж поздовжньої осі руки (див. рис. 5.3) складається із циліндра 5 і поршня 6, жорстко пов'язаного з порожнім штоком-поршнем 8, втулкою 12 і повзуном 14. При подаванні тиску повітря в робочі порожнини циліндра 5 разом с поршнем буде переміщатися і повзун 5.3.), стінки якого прорізані двома гвинтовими пазами* по типу 2-заходної різьби. Крок гвинтової лінії $t=130$ мм. У пази входять два шарикопідшипники 15, що сидять на осях водила 16. При поступальному русі повзуна 14 ролики 15, закріплені на водилі 16, копіюючи гвинтові пази повзуна, повертають водило й основу кліщів 19, установлені на підшипниках 17 у корпусі циліндра 18. Сам повзун утримується від провороту упорним роликом 13, що упирається в крайки поздовжнього паза в стінці циліндра 18.

Кут обертання кисті із середнього положення в будь-яке крайнє можна змінювати, закладаючи кульки 26 діаметром 8 мм у кільцевий канал круглого перерізу. Усередину каналу через кільцеву щілину входить штифт 27. При обертанні кліщів навколо поздовжньої осі руки штифт 27 рухається по радіусі, вільним кінцем описуючи дугу окружності усередині кільцевого паза. Кількість кульок, що закладають між штифтом і регулювальними болтами 25, визначає кут повороту кліщів навколо поздовжньої осі руки. Більше точне регулювання виконується болтами 25. Контргайки не допускають вигвинчування болтів і порушення регулювання.

Плавність спрацьовування механізму досягається, як і з механізмом хитання кліщів, застосуванням пристрою, що демпфірує, поршень 8 якого має калібровані отвори.

Механізм повороту руки (рис. 5.4) являє собою редуктор із циліндричною зубчастою й черв'ячною передачами. Вихідний вал (вал черв'ячного колеса) має вертикальне розташування. До торця вала кріпиться поворотна платформа 7, на якій розташовується рука маніпулятора.



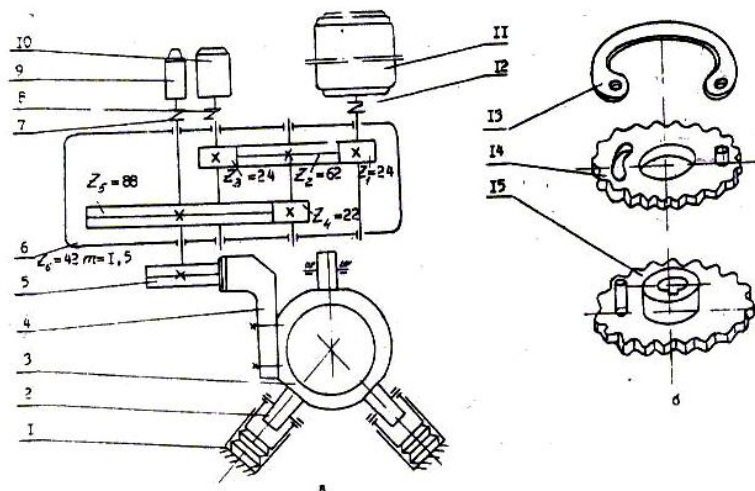
1- корпус редуктора; 2 регулювальний гвинт; 3 - черв'як; 4 черв'ячне колесо; 5 потенціометр; 6 - гвинт; 7 поворотна платформа; 8 - зубчасте колесо; 9,10 - муфти, 11- тахогенератор; 12 - двигун

Рисунок 5.4 - Механізм повороту руки

Рух здійснюється від електродвигуна постійного струму 12 типу СЛ-569 ($P=160$ Вт; $n^{0111} = 1200$ 1/хв) через муфту 9, зубчасті циліндричні колеса на однозахідний черв'як, що перебуває в зачепленні з розрізним черв'ячним колесом 4. Регулювальний гвинт 2 служить для регулювання бічного зазору в черв'ячному зачепленні за рахунок повороту верхньої половини колеса щодо нижньої. Після установки необхідного зазору в $0,04...0,08$ мм обидві половини затягуються п'ятьма гвинтами 6. При збільшенні бічного зазору вище $0,12$ мм виробляється чергове регулювання.

Зворотний зв'язок механізму повороту руки зі СПУ по швидкості здійснюється за допомогою тахогенератора 11, по положенню - за допомогою багатообертового потенціометра 5.

Механізм висування руки (рис. 5.5) являє собою двоступінчастий редуктор 6 із циліндричними зубчастими передачами, і приводом від електродвигуна постійного струму 11 типу СЛ-569 ($YI = 160$ Вт; $n_{ном} = 540$ 1/хв). На вихідному валу редуктора є зубчасте колесо 5, що перебуває в зачепленні із зубчастою рейкою 4. Остання за допомогою гвинтів жорстко кріпиться до зовнішньої поверхні циліндричної напрямної 3, на якій є оброблені уздовж осі шліфовані доріжки під роликові опори 2. Опори підтискаються до доріжок за допомогою тарілчастих пружин 1.

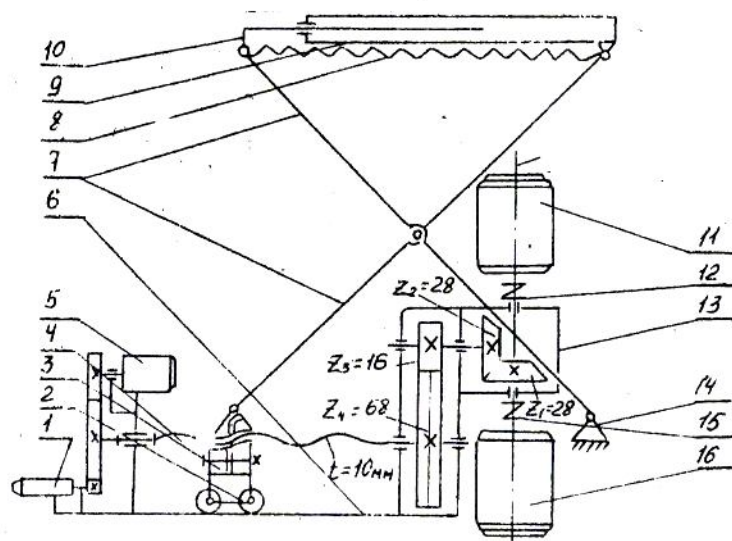


I - тарілчаста пружина; 2 - ролик; 3 - напрямна; 4 - рейка; 5 - колесо зубчасте; 6 - редуктор; 7,8,12 - муфти; 9 - сельсин; 10 - тахогенератор; II - електродвигун; 13 - кільце пружинне; 14 - колесо зубчасте додаткове; 15 - колесо зубчасте основне

Рисунок 5.5 - Механізм висування руки а - кінематична схема; б - конструкція розрізного колеса

Для точного позиціонування руки в зубчастих зачепленнях передбачений вибір бічного зазору. Для цього зубчасті колеса виконані у вигляді двох вузьких коліс, складених разом (див. рис. 5.5, б), при цьому одне колесо надівається на маточину іншого й може обертатися на ньому. Кожні дві половинки колеса з'єднані один з одним пружинним кільцем 13. Кінці кільця мають отвори й надіті на штифти, запресовані в кожне з коліс. Одне із двох коліс має паз, через який проходить штифт, закріплений в інше колесо. При зборці кінці пружинного кільця зближують, щоб надягти штифти за рахунок сили, що виникає при деформації кільця, колеса повертаються відносно один одного й бічний зазор у зачепленні автоматично вибирається.

Механізм підйому (рис. 5.6) монтується на поворотній платформі й складається із двох рухливих 2 і двох нерухомих 14 опор, двох пар важелів 7, стола 9 і приводу, що складає із двох електродвигунів 11 і 16 (тип СЛ-661; $P=230$ Вт; $n,-2500$ 1/хв), двох муфт 12 й 15 і конічно-циліндричного редуктора 13.



1 - потенціометр; 2 - рухлива опора; 3 - гайка; 4 - гвинт; 5 - тахогенератор; 6 - напрямна; 7 - важелі; 8 пружина; 9 - стіл; 10 - качалка; 11,16 - електродвигуни; 12,15 муфти. 13 - редуктор; 14 - опора шарнірна

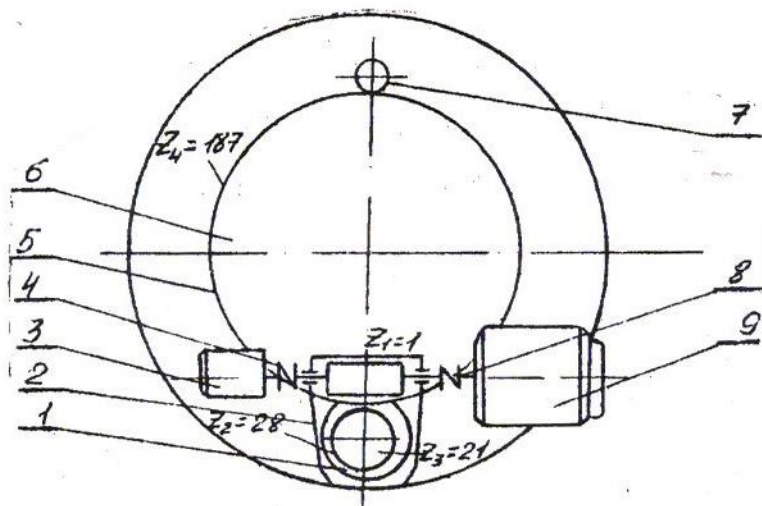
Рисунок 4 5- Механізм підйому

Обертаний рух від приводу передається на гвинт 4, а потім перетворюється в поступальний рух опори 2 уздовж напрямної 6. Рух опори 2 у горизонтальному напрямку за допомогою важелів 7 і качалки 10 перетворюється у

вертикальне плоскопаралельний рух стола 9, на якому розташовується рука. Для розвантаження двигунів механізму підйому при нижнім положенні стола служать пружини стиску 8. Для зменшення "мертвого ходу" у редукторі передбачене розрізне зубчасте колесо. Складовою виконана також і гайка 3.

Механізм повороту (рис, 5.7) складається із двигуна постійного струму 9 (тип СЛ-666, Р-230 Вт; $n_{ном} = 1250$ 1/хв), муфти 8, що самогальмує черв'ячного редуктора 2, відкритої зубчастої передачі 1 і поворотної платформи 6, що опирається через радіально-упорні підшипники на нерухому основу.

З метою вибору люфту в черв'ячному зачепленні черв'ячне колесо виконане зібраним із двох половин (аналогічно механізму повороту руки). Як зворотний зв'язок по швидкості служить тахогенератор 3, по положенню - потенціометр 7.



- 1 - шестірня; 2 - редуктор черв'ячний; 3 - тахогенератор; 4,8 - муфти; 5 - вінець зубчастий; 6 - платформа поворотна; 7 - потенціометр; 9 - електродвигун

Рисунок 5.7 - Механізм повороту платформи

Вправи.

1. Навести принципову схему ПР «Універсал 5» та пояснити принцип його роботи.
2. Навести кінематичну схему кліщів ПР «Універсал 5» та пояснити принцип їхньої роботи.
3. Навести кінематичну схему механізму хитання кліщів ПР «Універсал 5» та пояснити принцип його роботи.
4. Навести кінематичну схему механізму обертання руки ПР «Універсал 5» та пояснити принцип його роботи.

- 5 Навести кінематичну схему механізму підйому платформи ПР «Універсал5» та пояснити принцип його роботи
- 6 Навести кінематичну схему механізму повороту платформи ПР «Універсал5» та пояснити принцип його роботи
- 7 Навести кінематичну схему механізму повороту руки ПР «Універсал5» та пояснити принцип його роботи
- 8 Навести кінематичну схему механізму висування руки ПР «Універсал5» та пояснити принцип його роботи

Контрольні питання

- 1 Викласти принцип роботи затискного пристрою .
- 2 Як вибираються зазори в кінематичних парах механізму висування руки?
- 3 Як регулюють величину переміщення виконавчої ланки?
- 4 Як визначається номінальна швидкість руху виконавчих ланок по всіх ступенях рухливості?
- 5 Як здійснюється згинання й обертання кисті?
- 6 Викласти принцип роботи механізму повороту руки
- 7 Викласти принцип роботи механізму повороту маніпулятора.