

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«Робототехнічні комплекси»

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри підйомно-
транспортних машин
Протокол № 8 від 18 квітня 2019 р.

Краматорськ 2019

УДК 621.873

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Робототехнічні комплекси». /Укл. М.Ю.Дорохов. - Краматорськ: ДДМА, 2019. - 35 с.

Містять необхідні теоретичні положення, правила з техніки безпеки, перелік устаткування, контрольні питання, вимоги до оформлення звітів. Викладено основи методики конструювання елементів механізмів промислових роботів та маніпуляторів за допомогою сучасних засобів.

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри підйомно-транспортних машин
Протокол № 8 від 18 квітня 2019 р.

Електронне навчальне видання

Укладач: М.Ю. Дорохов, доцент

ЗМІСТ

Вступ	4
Лабораторна робота 1. Дослідження і порівняльний аналіз технічних характеристик промислових роботів.....	5
Лабораторна робота 2. Дослідження кінематики і точності позиціонування промислового робота «Циклон-3Б».....	9
Лабораторна робота 3. Дослідження часу циклу промислового робота «МП-11».....	16
Лабораторна робота 4. Вивчення конструкції і визначення швидкостей руху виконавчих елементів промислового робота «Універсал – 5».....	23
Лабораторна робота 5. Кінематичний аналіз і налаштування механізму зрівноважування промислового робота «ТУР-10К».....	30
Література.....	35

Вступ

Мета лабораторного практикуму - ознайомити студентів з основами конструювання, монтажу та експлуатації промислових роботів за допомогою сучасних засобів.

У процесі виконання лабораторних робіт студенти закріплюють теоретичні знання й одержують навички самостійної роботи при рішенні конкретних технічних задач з монтажу механізмів та вузлів промислових роботів з використанням сучасної техніки.

Перед виконанням роботи студенти знайомляться з Правилами з техніки безпеки й одержують інструктаж.

До роботи у лабораторії допускаються студенти, що пройшли інструктаж з техніки безпеки. У процесі виконання лабораторних робіт студенти зобов'язані дотримуватися наступних правил:

- не вмикати в електричну мережу прилади без дозволу викладача;
- не спиратися на вимірювальні прилади й устаткування;
- не допускати перетинання силових з'єднувальних проводів;
- після проведення лабораторної роботи усю електроапаратуру знеструмити;
- під час лабораторної роботи не переходити з одного робочого місця на інше без дозволу викладача;
- про усі випадки виявлення несправності в приладах повідомляти викладача;
- утримувати робоче місце у чистоті й порядку;
- по закінченні лабораторної роботи прилади, проводи й ін. здати викладачеві або лаборантові.

Індивідуальний звіт повинний містити наступні складені елементи: найменування і мету роботи; основні теоретичні положення з необхідними схемами, рисунками і таблицями; порядок виконання роботи; результати роботи і висновки.

Графіки, схеми установок і сам звіт повинні відповідати вимогам ДСТУ, пропонованим до відповідних документів (пояснювальних записок).

Лабораторна робота 1

Дослідження і порівняльний аналіз технічних характеристик промислових роботів (4 години)

Мета роботи: ознайомитися з технічними характеристиками і номенклатурою основних показників промислових роботів (ПР) і маніпуляторів; провести порівняльний аналіз основних показників ПР «Циклон - 3Б» і «Універсал-5».

1.1 Основні теоретичні відомості

Промисловий робот - автоматична машина, що являє собою сукупність маніпулятора і перепрограмованого пристрою управління, який призначається для виконання у виробничому процесі рухомих і керуючих функцій, що замінює аналогічні функції людини при переміщенні предметів виробництва і (або) технологічного оснащення.

Під маніпулятором (М) розуміють дистанційно керований пристрій, що являє собою розімкнений кінематичний ланцюг, оснащений робочим органом і у загальному випадку приводами для виконання рухомих функцій, що замінюють аналогічні функції руки людини при переміщенні об'єктів.

Пристрій управління ПР - пристрій для формування і видачі керуючих впливів виконавчому пристрою відповідно до керуючої програми.

Номінальна вантажопідйомність ПР - найбільше значення маси предметів виробництва або технологічного оснащення, при якому гарантується їх захоплення, утримання і забезпечення встановлених значень експлуатаційних характеристик ПР.

Робоча зона ПР - простір, у якому може знаходитися робочий орган ПР при його функціонуванні.

Зона обслуговування ПР - простір, у якому робочий орган виконує свої функції відповідно до призначення робота і зі встановленими значеннями його характеристик.

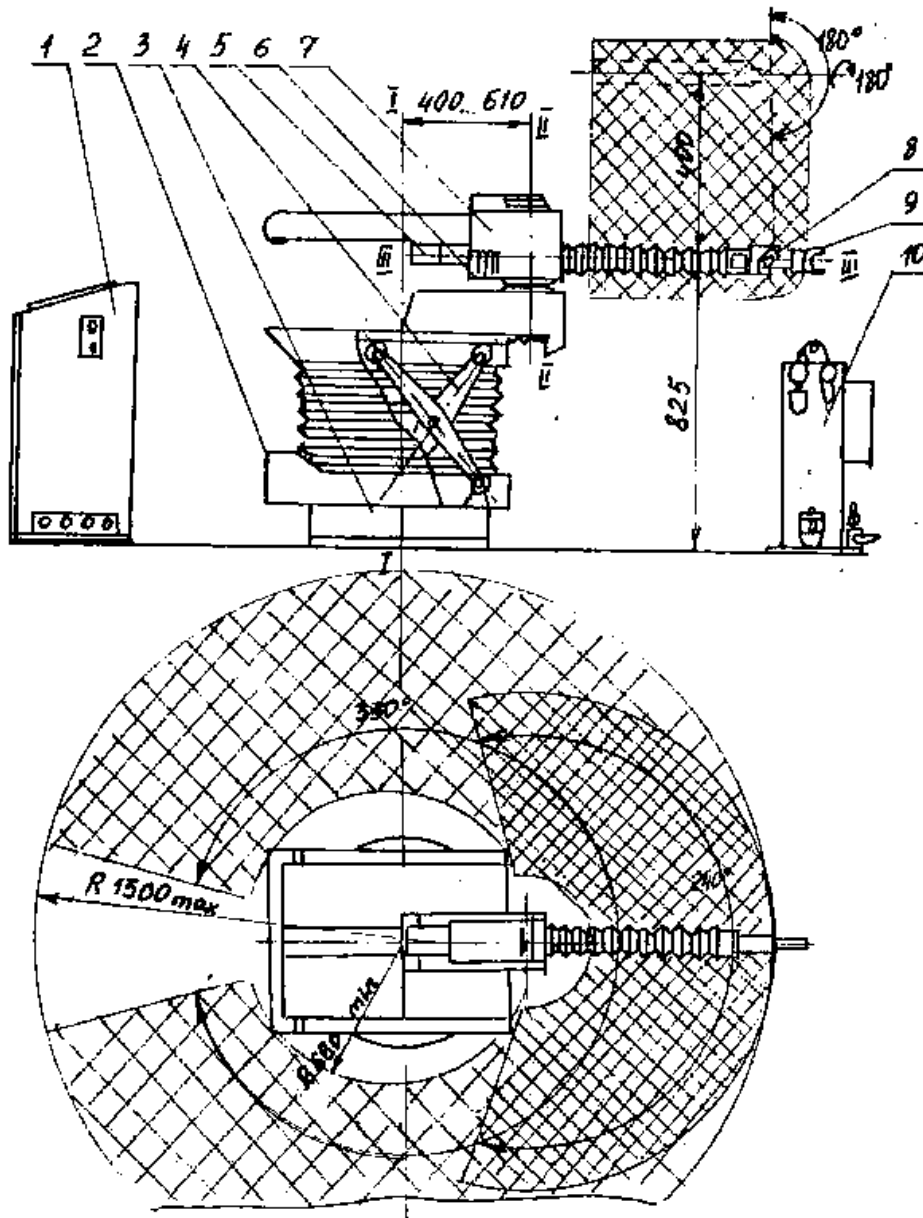
Похибка позиціонування робочого органу ПР - відхилення положення робочого органу ПР від заданого керуючою програмою.

1.2 Обладнання і прилади

- 1 Промислові роботи «Циклон - 3Б» і «Універсал – 5».
- 2 Технічні паспорти на роботи.
- 3 Рулетка ($l=5000$ мм).
- 4 Лінійка ($l=1000$ мм).

1.3 Порядок виконання роботи

1 Вивчити технічні характеристики ПР «Циклон - 3б» і «Універсал – 5» (рис. 1.1, 1.2, табл. 1.1, 1.2).



1 - пульт управління; 2 - маніпулятор; 3 - механізм повороту;
 4 - механізм підйому; 5 - механізм обертання кисті;
 6 - механізм висунення руки; 7 - механізм повороту руки;
 8 - механізм згинання руки; 9 - схоп; 10 - система підготовки повітря
 Рисунок 1.1 - Схема промислового роботу «Універсал – 5»

2 Ознайомитися з роботою промислових роботів і скласти їх структурно-кінематичні схеми.

3 Визначити форму робочої зони промислових роботів.

4 Заміряти необхідні кінематичні розміри і визначити об'єм робочого простору і робочої зони.

5 Результати вимірювань і розрахунків занести до таблиці 1.3.

6 Порівняти відносні показники за питомою металоємністю і величині зони обслуговування.

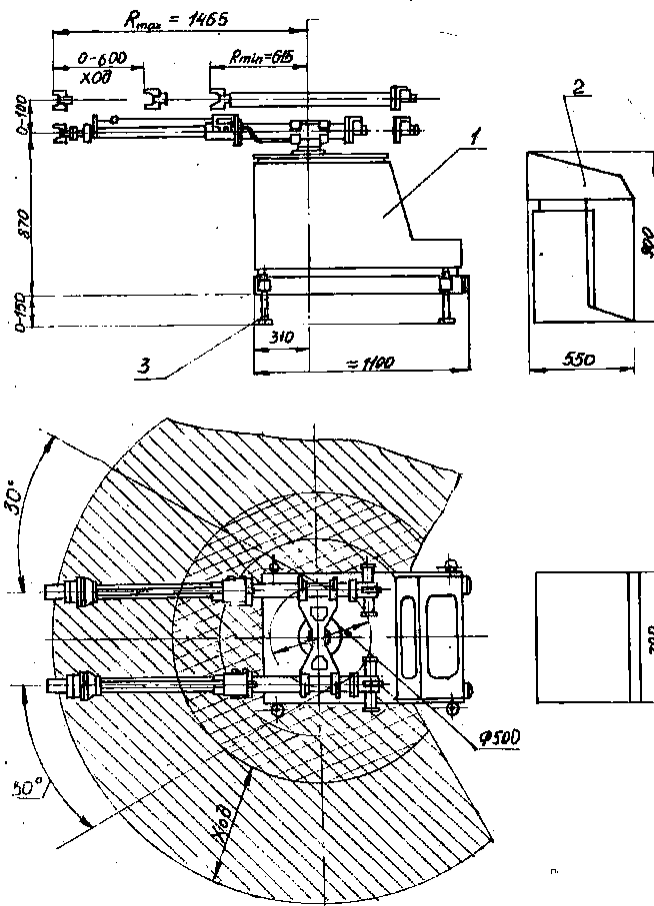
7 Зробити висновки з виконаної роботи.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика ПР «Циклон - 3Б»

Показник	Значення
Номінальна вантажопідйомність однієї руки, кг	3
Тип приводу	Пневматичний
Тип системи управління	Циклова
Кількість координат, що програмуються (поворот, підйом, висування руки, поворот схопу), шт.	4
Найбільший кут повороту руки в горизонтальній площині, град	180
Найбільший вертикальний хід руки, мм	100
Найбільший хід висування руки, мм	600
Найбільший кут повороту схопу навколо подовжньої осі руки, град	180
Межі кутового розташування руки відносно подовжньої осі маніпулятора, град	+30...50
Кутова швидкість повороту руки, град	60
Швидкість підйому руки, м/с	0,08
Швидкість висування руки, м/с	0,4
Точність позиціонування, мм: за поворотом руки на радіусі 1400 мм за іншими координатами	±0,25 ±0,1
Тиск повітря у мережі, мПа	0,5...0,6
Максимальна витрата повітря, м ³ /год	120
Маса, кг: маніпулятора пульта управління	460 80

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика ПР «Універсал-5»

Показник	Значення
Номінальна вантажопідйомність, кг	5
Тип приводу	Електропневматичний
Кількість ступенів вільності: що транспортують (поворот і підйом платформи, поворот і висування руки), шт. що орієнтують (обертання і згинання кисті), шт.	4 2
Діапазон переміщень: поворот платформи, град підйом платформи, мм поворот руки відносно осі II-II, град висування руки, мм поворот схопу відносно осі III-III, град згинання схопу, град	330 400 240 700 180 180
Тип системи управління	Аналогово-позиційна
Найбільша швидкість: повороту платформи, град/с підйому платформи, м/с повороту руки, град/с висування руки, м/с повороту схопу, град/с згинання схопу, град/с	30 0,1 45 0,17 180 90
Точність позиціонування, мм	±2
Тиск повітря у мережі, мПа	0,4
Маса: маніпулятора, кг пульта управління, кг	570 80



1 - маніпулятор; 2 - пристрій програмного управління; 3 - настановний гвинт
Рисунок 1.2 - Схема промислового роботу «Циклон - 3Б»

1.4 Зміст звіту

- 1 Найменування роботи.
- 2 Мета роботи.
- 3 Основні теоретичні відомості.
- 4 Таблиця з основними показниками ПР «Циклон - 3Б» і «Універсал – 5»; розрахунки об'єму робочого простору і зони обслуговування.
- 5 Висновки з роботи.

Таблиця 1.3 - Основні показники ПР

Показник	Модель	
	Циклон – 3Б	Універсал – 5
Номінальна вантажопідйомність, кг		
Тип приводу		
Загальна кількість ступенів вільності		
Структурно-кінематична схема роботу		
Форма робочої зони		
Форма і об'єм робочого простору		
Форма і об'єм зони обслуговування		
Питома металоємність $K_M = \frac{\text{Маса робота}}{\text{Маса вантажу}}$		
Відношення об'єму зони обслуговування до об'єму робочого простору K_V		

1.5 Контрольні питання

- 1 Що розуміють під терміном «промисловий робот», «маніпулятор», «вантажопідйомність ПР», «робочий простір», «робоча зона» і «зона обслуговування ПР»?
- 2 Різновиди погрішностей позиціювання.
- 3 Основні технічні характеристики ПР і способи їх визначення.
- 4 Назвати основні системи координат, у яких працюють ПР.

Лабораторна робота 2

Дослідження кінематики і точності позиціювання промислового робота «Циклон-3Б» (4 години)

Мета роботи: ознайомитися з влаштуванням і принципом дії механізмів промислового робота ПР «Циклон-3Б»; визначити точність позиціювання за окремими переносними мірами і рухомістю маніпулятора в цілому.

2.1 Основні теоретичні відомості

2.1.1 Призначення робота

Промисловий робот «Циклон-3Б» призначений для механізації і автоматизації технологічних ділянок у механічних цехах при холодній штамповці або механічній обробці в умовах масового або багатосерійного виробництва. Робот замінює основних робітників на циклічних або небезпечних роботах, що повторюються, монотонних за завантаженням - розвантаженням основного, а також допоміжного обладнання, включаючи багатостаттєве транспортування.

2.1.2 Улаштування і принцип роботи ПР «Циклон-3Б»

ПР «Циклон-3Б» складається з маніпулятора і системи програмного управління.

Виконавчим елементом ПР «Циклон-3Б» є маніпулятор, що містить робочий орган (дві руки), механізми приводів, що переміщують робочий орган, і пневмосистему, що забезпечує підготовку і розподіл повітря за пневматичними циліндрами механізмів приводів.

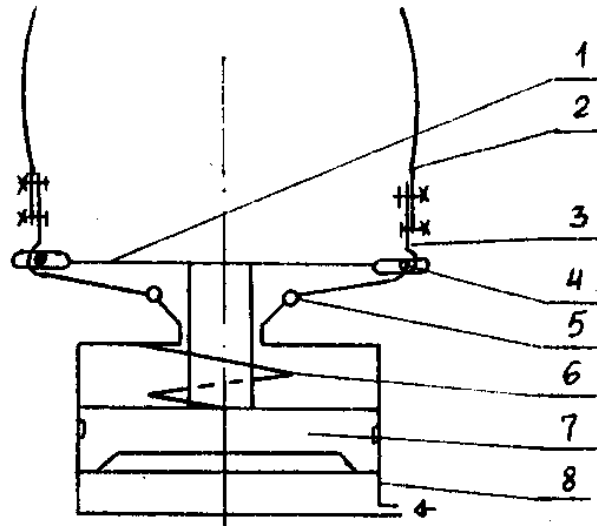
Система програмного управління роботом містить обладнання і прилади системи програмного управління.

При надходженні команди з ПУР комутуються електромагніти відповідних розподільників повітря. Розподільники повітря відкривають доступ повітря до пневмоциліндрів відповідних механізмів приведення, і рука робота виконує певні рухи. Під час становлення руки у задане положення спрацьовують кінцеві вимикачі, що контролюють виконання відповідного руху, і дають дозвіл на початок наступного руху. Поворот захопу, затиснення - розтиснення захопу, а також настанова упорів повороту в потрібні точки кінцевими вимикачами не контролюються. На виконання цих рухів відводиться певний інтервал часу ($t =$

0,8± 0,3 с.).

2.1.3 Конструкція і принцип роботи механізмів

Схоп робота має пневматичний привід. При надходженні стислого повітря до робітничої порожнини пневмоциліндрів 8 (рис. 2.1) шток-поршень 7 і водило 1, закріплене на ньому, пересуваються вгору, стискаючи пружину 6. Водило 1 зв'язане з важелем 3 осями 4, що, пересуваючись у пазах, повертають важелі 3 навколо осі 5. При цьому губки 2, закріплені на важелях 3, затискають деталь. Розтиснення схопу відбувається під дією пружини 6 після скидання тиску повітря в робітничій порожнині циліндра 8.

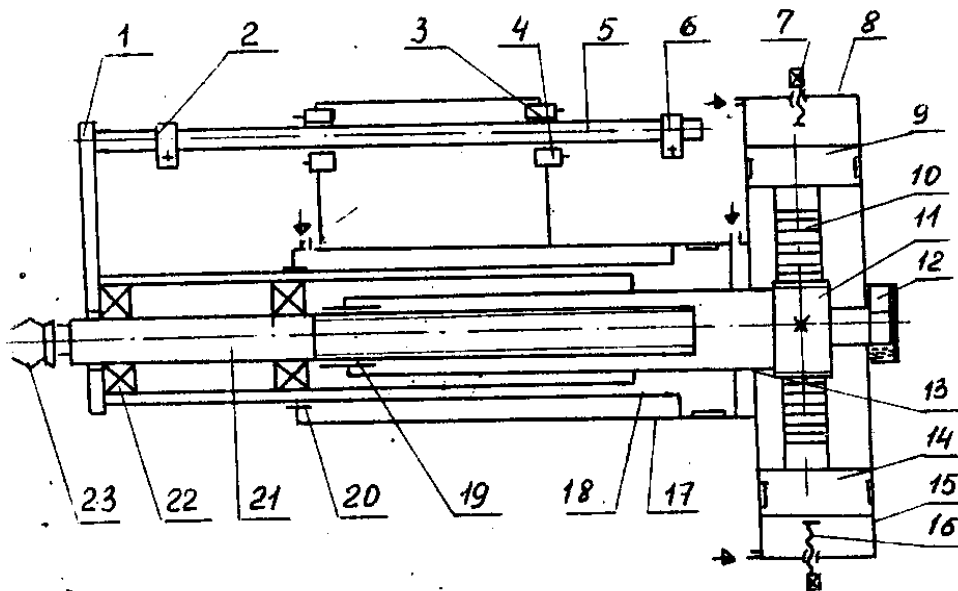


1 - водило; 2 - губки; 3 - важіль; 4,5 - вісь; 6 - пружина;
7 - шток-поршень; 8 - пневмоциліндр
Рисунок 2.1 - Схоп ПР «Циклон-3Б»

Привід повороту схопу (рис. 2.2) складається з двох пневмоциліндрів 8 і 15, двох поршнів 9 і 14, гвинтів-обмежувачів 7 і 16, зубчастої рейки 10, яка знаходиться у зчепленні із шестірнею 11, що встановлена на валі 13, який через шліцеву втулку 19 зв'язаний з валом 21. До останнього жорстко закріплено схоп 23. При подачі стислого повітря до робочої порожнини одного з циліндрів поршень разом з рейкою пересувається поступово, надаючи обертання шестірні 11, валу 13, 21 і схопу 23. Порожнина другого циліндра при цьому сполучається з атмосферою.

Для повороту схопу у протилежну сторону стисле повітря подається в другий циліндр. Максимальний кут повороту схопу 180°.

Для забезпечення рівномірної швидкості повороту схопу служить гідравлічний демпфер 12. При повороті схопу лопасть гідродемпфера переганяє масло з однієї порожнини до іншої через дросель, з допомогою якого регулюється швидкість повороту схопу.



1 - поперечна планка; 2,6 - упор; 3 - датчик; 4,12 - гідродемпфер;
 5 - допоміжна напрямна; 7,16 - гвинт обмежувальний;
 8,15 - пневмоциліндр; 9,14 - поршень; 10 - рейка зубчата;
 11 - шестірня; 12,13 - вал; 17 - пневмоциліндр; 18 - шток-поршень;
 19 - втулка шліцева; 20 - втулка; 21 - вал; 22 - підшипник; 23 - схоп
 Рисунок 2.2 - Механізми обертання кисті і висування руки

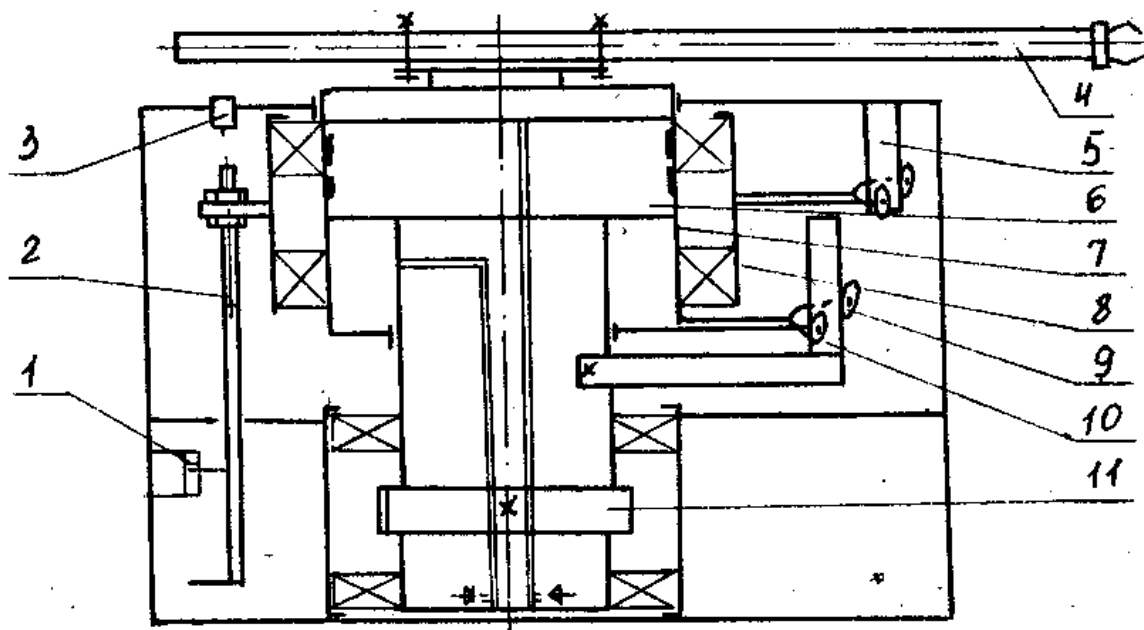
Привід висування руки (рис. 2.2) являє собою пневмоциліндр 17. В лівий фланець пневмоциліндра 17 запресована бронзова втулка 20, що спрямовує шток поршня 18. Усередині поршня запресовані опорні підшипники 22, на що спирається вал 21. Шток-поршень через поперечну планку 1 жорстко зв'язаний з допоміжною напрямною 5, на якій закріплюються упори 2 і 6. Пересуваючи упори допоміжною направляючою, можна регулювати хід руки. Поперечна планка 1 водночас служить для утримання штока - поршня 18 від повороту відносно подовжньої осі руки.

Пневмоциліндр включений в пневмосистему по диференціальній схемі так, що штокова порожнина його постійно знаходиться під тиском. Для висування руки стисле повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра 17 і шток - поршень внаслідок різності ефективних площин поршня починає переміщатися ліворуч разом з допоміжною направляючою 5 і упорами 2 та 6. Висування рук відбувається до торкання упора 6 з гідродемпфером 4. Водночас упор 6 натискає на палець датчика 3, що видає сигнал в систему управління про спрацьовування механізму висування руки.

Механізм підйому рук (рис. 2.3) складається зі штока - поршня 6, рухомого пневмоциліндра 7 з водилом 9, колектора 8, поступово пересувального відносно напрямної 5. Рука маніпулятора 4 закріплюється до верхнього торця пневмоциліндра 7.

Для підйому рук повітря під тиском через отвір у шток - поршні 6 подається до безштокової порожнини пневмоциліндра 7. Верхнє положення циліндра з закріпленими на ньому руками визначається положенням гвинта 2, що, упираючись у непорушний корпус гальмуючого пристрою 3, перешкоджає по-

дальшому переміщенню циліндра 7. Для пом'якшення ударів рухомих частин у корпус існує гальмуючий пристрій 3 з золотником, що поступово пересувається: угору за рахунок затиснення гвинта 2, вниз - за рахунок стислого повітря, що постійно подається до тормозного пристрою.



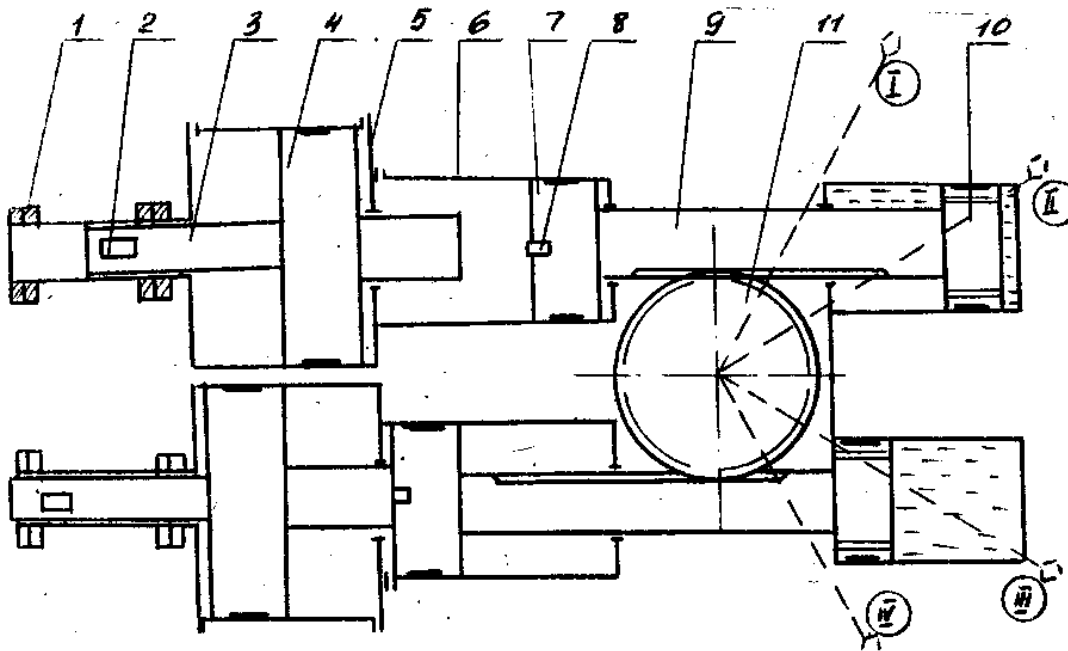
1 - датчик; 2 - гвинт регулювальний; 3 - гальмуючий пристрій;
 4 - рука; 5 - непорушна напрямна; 6 - шток-поршень;
 7 - циліндр; 8 - колектор; 9 - водило; 10 - планка; 11 - вал-шестірня
 Рисунок 2.3 - Механізм підйому рук

Кінцеве положення пневмоциліндра фіксується з допомогою датчика 1 типу ВК-4, до пазу головки якого входять планки, закріплені на гвинті 2.

Механізм обертання рук (рис. 2.4) складається з двох малих 6 і двох великих 5 пневмоциліндрів. Штоки 9 поршнів 7 малих циліндрів виконані у вигляді рейок, з одного боку яких знаходяться тормозні датчики 8, з другого - плунжери гідроциліндрів 10 гальмування повороту рук. На штоках 3 великих циліндрів 5 закріплені планки 2, що упираються у регульовані гайки - упори 1, обмежують переміщення поршня 7 і шток - рейки 9, що входить до зчеплення з шестірнею 11.

Шестерня 11 непорушно закріплена на шток - поршні 6 (див. рис. 2.3) механізму підйому. Передача обертаючого моменту зі штоку - поршня 6 на рухомий циліндр 7 здійснюється шляхом скалки 10 і роликів 9, вісь яких непорушно зв'язана з рухомим циліндром 7.

Для здійснення повороту рук повітря подається до безштокової порожнини одного з малих циліндрів 6 (див. рис. 2.4). Шток-рейка 9 під тиском повітря переміщається до упора у шток 3 великого пневмоциліндра, призводячи до обертання шестірню 11, а отже, і зв'язаний з ній непорушний циліндр 7 (див. рис. 2.3) і руки 4, закріпленої на ньому.



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

Рисунок 2.4 - Привід механізму обертання рук

Фіксація будь-яких чотирьох точок (*I, II, III, IV*) у зоні обслуговування робота при повороті рук здійснюється шляхом послідовної подачі стислого повітря до відповідної порожнини циліндрів 5 і 6 (див. рис. 2.4). При подачі стислого повітря до задньої порожнини лівого циліндра 5 планка 2 спирається в заздалегідь встановлену при настройці праву гайку 1. Після цього стисле повітря подається до безштокової порожнини нижнього циліндра 6. Поршень 7 цього циліндра починає переміщатися праворуч, надаючи обертання шестірні 11. Водночас шток 9 верхнього циліндра 6 починає відходити назад до упора в передній кінець штока 3 лівого циліндра 5. Бо площа поршня циліндра 5 більше площі поршня циліндра 6, то поворот шестірні 11 припиняється (захватний пристрій при цьому займає положення *II*). Фіксація захоплення в інших точках (*I, III, IV*) відбувається аналогічним чином.

2.1.4 Визначення сумарної похибки позиціонування

Похибка позиціонування є найважливішою характеристикою ПР, що спільно з іншими функціональними параметрами визначає можливість застосування ПР для автоматизації тієї або іншої технологічної операції. Вона викликається похибкою функціонування опор і приводів.

За ступенем стабільності у часі похибки позиціонування ПР можуть бути поділені на:

- систематичні (що не змінюються за часом);
- випадкові динамічні (змінні в межах одного циклу роботи робота, наприклад вгасаючі);
- випадкові статичні (змінні при безлічі циклів роботи).

Похибки позиціонування вимірюють, як правило, після припинення різно-

манітного роду вібрацій, викликаних спрацьовуванням окремих модулів рухомості.

У даній роботі передбачається тільки дослідження випадкових статичних похибок позиціонування.

У загальному випадку з достатньою для практики точністю сумарна похибка позиціонування (рис. 2.5) може бути визначена наступним чином:

$$\Delta = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2 + (\Delta z)^2},$$

де $\Delta x \cong R_{\max} \sin \Delta \varphi_z$ - абсолютна похибка позиціонування уздовж осі X, мм;

R - максимальний радіус обертання об'єкту маніпулювання, мм;

$\Delta \varphi_z$ - кутова погрішність позиціонування, рад;

$\Delta y, \Delta z$ - абсолютна похибка позиціонування уздовж осей Y і Z.

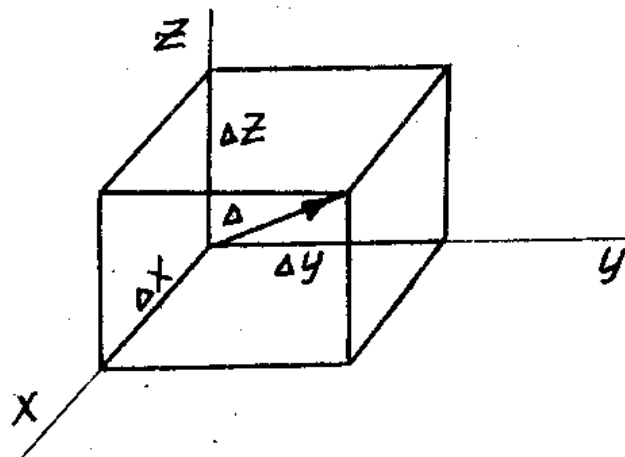


Рисунок 2.5 - Складові похибки позиціонування

2.2 Обладнання і прилади

- 1 Промисловий робот «Циклон-3Б».
- 2 Індикатор годинникового типу (точність 0,01 мм).
- 3 Стійка.

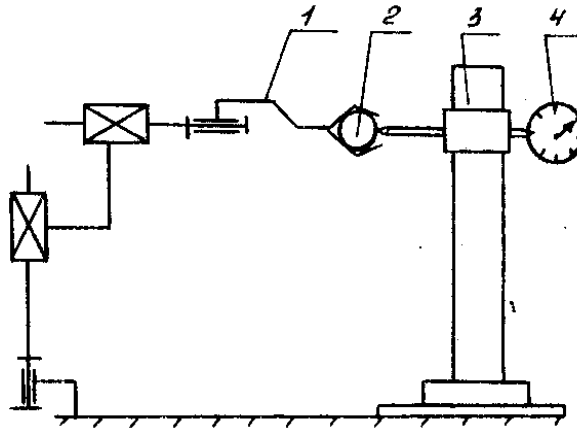
2.3 Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити влаштування окремих механізмів ПР «Циклон-3Б».
- 2 Скласти кінематичні схеми захоплюючого пристрою, механізмів повороту, захоплення і висування руки, механізму підйому і обертання рук.
- 3 Настроїти стенд за схемою (рис. 2.6).
- 4 Провести вимірювання точності позиціонування модуля висування руки і занести результати замірів до таблиці 2.1.
- 5 Обчислити середнє значення похибки позиціонування у напрямку осі Y

$$\Delta \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta y_i, \quad (2.1)$$

де n - кількість дослідів ($n=10$);

Δy_i - значення випадкової величини Δy в i -м досліді.



1 - маніпулятор; 2 - деталь; 3 - стійка; 4 - індикатор

Рисунок 2.6 - Схема стану для визначення точності позиціонування ПР «„Циклон-3Б»

Таблиця 2.1 - Дані замірів точності позиціонування за окремими ступенями рухомості

№ п/п	Δx_i	Δy_i	Δz_i
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Середнє значення $\Delta \bar{y}$:

Середньоквадратичне відхилення:

6 Обчислити середньоквадратичне відхилення

$$S_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\Delta y_i - \Delta \bar{y})^2 . \quad (2.2)$$

7 Повторити п. 3...6 для визначення точності позиціонування у напрямку осей X та Z.

8 За формулою (2.1) визначити сумарну похибку позиціонування і порівняти її з паспортними даними.

2.4 Зміст звіту

Звіт повинен містити:

- 1 Найменування і мету роботи.
- 2 Кінематичні схеми механізмів.
- 3 Схему стану для визначення точності позиціонування.
- 4 Таблицю з дослідженнями та розрахунками.

2.5 Контрольні питання

- 1 З яких основних вузлів складається ПР «Циклон-3Б»?
- 2 Принцип роботи окремих механізмів маніпулятора ПР «Циклон-3Б».
- 3 Як здійснюється налагодження необхідних величин кутових та лінійних переміщень?
- 4 Призначення і принцип дії демпфуючих приладів у механізмах ПР «Циклон-3Б».
- 5 Основні види похибки позиціонування і шляхи їхнього зменшення.
- 6 Як визначити загальну похибку позиціонування?

Лабораторна робота 3

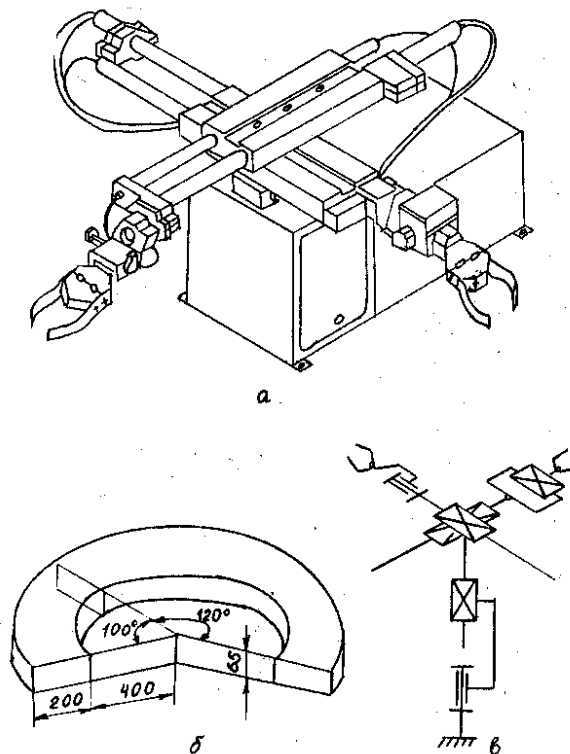
Дослідження часу циклу промислового робота «МП-11» (4 години)

Мета роботи: вивчити конструкцію маніпулятора, систему програмного керування промисловим роботом (ПР) і одержати практичні навички програмування і налагодження ПР «МП-11».

3.1 Основні теоретичні відомості

3.1.1 Призначення і складові частини

Промисловий робот «МП-11» призначений для виконання операцій транспортування й орієнтації деталей при автоматизації технологічних процесів і складається з дворукого маніпулятора з чотирма ступенями рухливості і пристрою циклового програмного управління.



а - загальний вигляд; б - форма зони обслуговування; в - структурна схема
Рисунок 3.1 - Промисловий робот «МП-11»

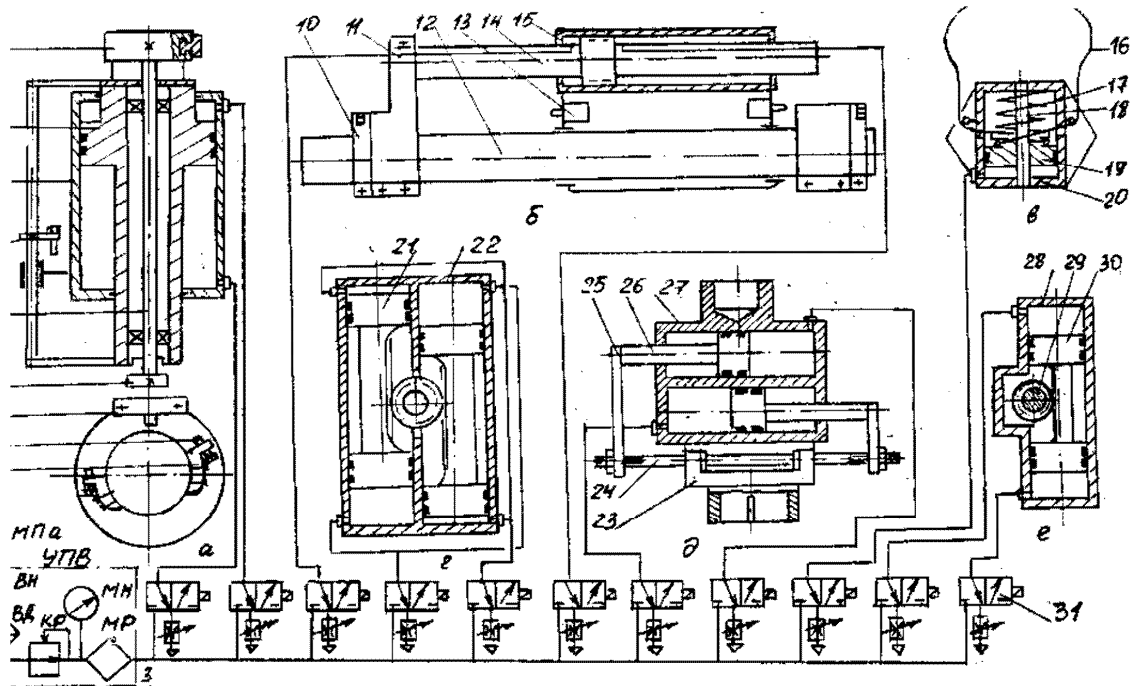
Таблиця 3.1 - Технічна характеристика ПР «МП-11»

Параметр	Розмір
Номінальна вантажопідйомність, кг	0,5 x 2
Максимальна розмір горизонтального переміщення, мм	200
Максимальний кут повороту в горизонтальній площині, град	120
Максимальний розмір вертикального переміщення, мм	65
Максимальна величина зсуву, мм	25
Максимальний кут повороту схопу навколо подовжньої осі, град	180
Максимальна абсолютна точність позиціонування, мм	0,1
Час, с:	
висування рук (максимальне)	0,8
повороту рук в горизонтальній площині	0,85
вертикального переміщення	0,5
зрушення схопу	0,35
повороту (ротації) схопу	0,4
стиску (розтиснення) схопу	0,35
Кут між руками, град	20..100
Робочий тиск пневмосистеми, мПа	0,4..0,5
Тип системи управління	Цикловий
Кількість команд управління маніпулятором	12
Кількість технологічних команд	6
Кількість програмувальних витримок часу	1
Діапазон регулювання програмувальної затримки, с	0..0,7
Кількість кадрів у програмі	30
Напруга живлення частотою 50 Гц, Вольт	220 ⁺²² ₋₃₃
Потрібна потужність, кВт	0,2
Габарити, мм	990 x 990 x 445
Маса, кг	70

3.1.2 Конструкція і робота складових частин маніпулятора

Механізм підйому (рис. 3.2, а) призначений для забезпечення підйому та опускання рук маніпулятора. Механізм підйому складається з циліндра 7 і штока-поршня 8, ущільненого манжетами. До нижнього кінця штока кріпиться механізм повороту (рис. 3.2, г), а до верхнього - демпфувальний пристрій 3 механізму повороту. У середині штока-поршня 8 (див. рис. 3.2, а) встановлено вал механізму повороту 5, на одному кінці якого закріплене зубчасте колесо 4, що взаємодіє з рейками повороту, а на другому - кронштейн 9 з переставними упорами механізму повороту. Величина вертикального переміщення рук регулюється за допомогою упора 6.

Механізм повороту (рис. 3.3, г) складається із двох пневмоциліндрів 22, усередині яких розміщені дві штоки - рейки 21, взаємодіючі із зубчастим колесом 4 вертикальні вали 5 (рис. 3.2, а). Приблизне настроювання здійснюється перестановкою упорів 1, а точне - обертанням мікрогвинтів 2. Пристрій, що демпфірує, 3 призначено для планового гальмування обертових частин маніпулятора. При натисканні упора на пересувний виступ пристрою, що демпфірує, відбувається перекриття каналів, а відсічений обсяг масла передавлюється через дросельний отвір, створюючи додатковий опір пересуванню.



а - механізм підйому; б - механізм поступального переміщення;
 в - схоп; г - механізм повороту; д - механізм зсуву схопу;
 е - механізм обертання; з - вузол підготовки і розподілу стислого повітря
 Рисунок 3.2 - Принципова схема роботи механізмів ПР «МП-11»

Механізм поступального переміщення руки (рис. 3.2, б) складається з циліндра 15, штока-поршня 14 і циліндричної напрямної 12, до якої кріпляться основний 10 і регулювальний упори 11. При подачі повітря відбувається переміщення штока-поршня 14 разом з напрямною 12 і упорами 10, 11. Наприкінці ходу упор 11 натискає на плунжер демпфера 13, при цьому відбувається гасіння швидкості. Наприкінці ходу кінцевий вимикач (на схемі не показаний) видає сигнал про виконання руху. Регулювання величини переміщення руки зводиться до перестановки положення упорів.

Механізм зрушення схопу (рис. 3.2, д) складається з блоку з двома циліндрами 27, каретки 23, з'єднаної штоками 24 через упори 25 зі штоками 26. Схоп встановлюється у затиск каретки 23, що переміщається зовнішніми поверхнями циліндрів 27. При подачі повітря до однієї порожнини шток-поршень 26 переміщає каретку 23 разом з іншим поршнем до упора. Регулювання величини переміщення зводиться до ослаблення й обертання штока 24, що має на кінцях праве і ліве різьблення.

Механізм обертання (ротації) схопу (рис 3.2, е) складається з циліндра 28, штока-рейки 30 і вала-шестірні 29. Схоп встановлюється у затиск вала-шестірні 29, у якій є отвір для підведення повітря до схопу. При подачі повітря шток-рейка 30 переміщається, обертаючи вал-шестірню 29 і схоп. Регулювання кута обертання відбувається за допомогою мікрогвинтів (на схемі не показані).

Схоп призначений для захоплення й утримання деталі і складається з циліндра 20, поршня 19, нерухомого штока 18, пружини 17 і важелів 16. Утримання деталі здійснюється зусиллям пружини 17, відпускання за рахунок подачі стиснутого повітря до пневмоциліндра 20.



а

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28

б

а - пульт управління; б - програматор
Рисунок 3.3 - Пристрій управління

Вузол підготовки повітря (ВПП) (рис. 3.2, з) призначений для регулювання тиску повітря, що подається на маніпулятор, очищення повітря від твердих часток і води і розпилення масла для змащення третьових частин пневмоциліндрів маніпулятора. Стиснене повітря ($P = 0,4$ мПа) через запірний вентиль (ВН), вологовідділювач (ВД), регулятор тиску (КР) і маслорозпилювач (МР) магістралями надходить до відповідних розподільних пристроїв. Контроль тиску повітря, що надходить до пристроїв робота, виконується візуально за манометром (МН).

Блок розподілу стиснутого повітря (рис. 3.2, з) містить у собі пристрій, за допомогою якого за заданою програмою можна виконати відкриття та закриття доступу повітря в робочі порожнини пневмоциліндрів. На кожен рух виконавчого пристрою у роботі встановлений автономний електропневморозподільювач 31. Регулювання швидкості спрацьовування здійснюється обертанням голки дроселя на лінії скидання повітря.

3.1.3 Опис роботи пристрою управління

Електронно-цифровий програмний пристрій ЕЦПП-6030 призначений для управління маніпулятором і технічним устаткуванням. Конструкція пристрою виконана у вигляді пульта (рис. 3.3, а).

З пульта управління можна задати один з наступних режимів роботи пристрою: «РУЧНИЙ», «КОМАНДА», «ЦИКЛ», «АВТОМАТ».

У режимі «РУЧНИЙ» команди на маніпулятор задаються з пульта управління. Контроль положення виконавчих органів маніпулятора здійснюється за допомогою табло індикації стану ланок маніпулятора.

У режимі «КОМАНДА» пристрій забезпечує відпрацьовування одного кадру програми, набраної на програмоносії. Після одпрацьовування команд, зада-

них у кадрі, відбувається зупинення пристрою.

У режимі «ЦИКЛ» пристрій забезпечує однократну обробку всіх кадрів програми.

У режимі «АВТОМАТ» пристрій забезпечує багаторазове одпрацювання робочого циклу робота.

При натисканні кнопки режиму «РУЧНИЙ» на маніпулятор видається команда, мнемонічне зображення якої нанесене на табло над кнопкою, табло при цьому загоряється.

Кнопка «ПУСК» функціонує тільки у режимах «АВТОМАТ», «ЦИКЛ» і «КОМАНДА». При натисканні на цю кнопку пристрій починає працювати за програмою, одночасно загорається табло «РОБОТА».

Кнопка „СТОП” служить для зупинення працюючого за програмою пристрою. При натисканні на цю кнопку табло «РОБОТА» гасне (живлення пристрою не виключається). Повне вимикання виробу здійснюється кнопкою «АВАРІЙНИЙ СТОП».

Кнопка «СКИДАННЯ СЧК» (лічильника кадрів) використовується для попередньої установки лічильника кадрів у початковий стан.

Кнопка «+1СЧК» використовується для зміни стану лічильника.

Кнопка «МЕРЕЖА» призначена для вимикання живлення.













При роботі робота за програмою на табло індикації висвітлюється поточний номер кадру, що виконується.

Програмоносії (рис. 3.3, б) виконаний у виді двох ланок для набору команд із багатопозиційних перемикачів і розміщений у верхній частині пульта у спеціальній плиті, що закривається кришкою. Кожен кадр програми може містити одну чи дві команди, що набираються на верхньому і нижньому полях програмоносія.

Програма складається за циклограмою роботи робота, що розбивається за етапами. Максимальне число етапів робочого циклу - 30.

Систему команд пристрою ЕЦПП-6030 наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Система команд ЕЦПП-6030

Найменування команд		Уперед	Назад	Управо	Уліво	Ротація схопу проти годинникової стрілки	Ротація схопу за годинниковою стрілкою	Уверх	Униз	Зрушення схопу вліво	Зрушення схопу вправо	Схоп закрити	Схоп відкрити	Витримка часу	Кінець програми
Мнемонічне зображення															
Код	Верхнє поле	1	2	3	4	5	6	0	0	0	0	0	0	0	0
	Нижнє поле	0	0	0	0	0	0	1	2	3	4	5	6	9	0

Наявність верхніх і нижніх полів програмоносія дозволяє виконати одну чи дві команди. Якщо на одному полі кадру цифра (1...6), а на іншому 0, то даний кадр складається з однієї команди. Кадр спільного одпрацьовування формується з двох команд, що набираються в одному кроці на верхнім і нижнім полях, тобто команди 1...6, що набираються на верхнім полі, можуть бути сполучені з командами 1...6, що набираються на нижнім полі, при цьому вони відпрацьовуються одночасно.

Для нового режиму роботи варто скласти програму, приклад якої наведено в таблиці 3.3.

Налагодження програми здійснюється послідовно у режимах «КОМАНДА», «ЦИКЛ» і «АВТОМАТ» на включеному пристрої. Перед початком налагодження необхідно маніпулятор вивести у вихідне положення у режимі «РУЧНИЙ».

Таблиця 3.3 - Приклад складання програми

Без суміщення			Із сумісним рухом		
Номер етапу	Код кадру	Найменування команд у кадрі	Номер етапу	Код кадру	Найменування команд у кадрі
0	10	Вперед	0	16	Уперед. Схоп закрити
1	06	Схоп закрити	1	22	Назад. Униз
2	20	Назад	2	30	Вправо
3	02	Вниз	3	15	Уперед. Схоп відкрити
4	30	Вправо	4	20	Назад
5	10	Вперед	5	09	Витримка часу
6	05	Схоп відкрити	6	40	Вліво
7	20	Назад	7	00	Кінець програми
8	09	Витримка часу	-	-	-
9	40	Вліво	-	-	-
10	00	Кінець програми	-	-	-

3.2 Обладнання і прилади

- 1 Промисловий робот «МП-11».
- 2 Секундомір.
- 3 Комплект допоміжного устаткування.

3.3 Порядок виконання роботи

1 Вивчити правила техніки безпеки, перевірити наявність заземлення на устаткуванні, видалити з робочої зони усі сторонні предмети і розписатися в журналі з техніки безпеки.

2 Вивчити пристрій і принцип роботи механізмів ПР «МП-11».

3 Ознайомитися з порядком налагодження і керуванням ЕЦПП-6030.

4 Згідно із завданням скласти програму. Причому в кожному кадрі повинна виконуватися лише одна команда. Набрати програму на програмоносій.

5 Увімкнути живлення і відкрити вентиль пристрою підготовки повітря. Якщо лічильник команд показує на нульовий крок, натиснути кнопку «СКИДАННЯ СЧК».

6 У режимі «РУЧНИЙ» виставити усі елементи маніпулятора у вихідне положення, по черзі натискаючи кнопки ручного управління ланками.

7 Переключити режим роботи у положення «КОМАНДА» і натиснути кнопку «ПУСК». При цьому загоряється табло «РОБОТА», а елементи маніпулятора виконують команду, зазначену в нульовому кадрі. Послідовно натискаючи на кнопку «ПУСК», переконатися у правильності одпрацьовування усієї програми. При необхідності відкоректувати в окремі кадри програми.

8 Переключити режим роботи у положення «ЦИКЛ», натиснути кнопку «СКИДАННЯ СЧК», а потім «ПУСК». Перевірити правильність одпрацьовування одного циклу. За допомогою секундоміра визначити повний час циклу.

9 Переробити програму так, щоб заданий алгоритм рухів виконувався з мінімальною кількістю кадрів, тобто в окремих кадрах виконувалося по дві команди. Набрати нову програму на програмоносії.

10 Повторити пп. 6, 7, 8.

11 Визначити коефіцієнт відносного скорочення часу циклу за формулою

$$K_c = \frac{T_1 - \Sigma t_3}{T_2 - \Sigma t_3},$$

де T_1 – час циклу за варіантом 1 (без сполучення рухів);

T_2 – час циклу при сполученні окремих рухів;

Σt_3 - сумарний час затримок, зв'язаний із тривалістю роботи нового технологічного обладнання.

12 Зробити висновки з роботи.

3.4 Зміст звіту

1 Найменування і мета роботи.

2 Кінематичні схеми механізмів ПР.

3 Схема переміщення деталей (за заданим алгоритмом).

4 Програма для пристрою управління при роздільному і спільному русі.

5 Розрахунок коефіцієнта відносного скорочення часу циклу.

6 Висновки з роботи.

3.5 Контрольні питання

1 До якої системи координат можна віднести структурно - компоновальну схему ПР «МП-11»?

2 Принцип дії модулів ПР «МП-11».

3 Як регулюється величина відносного переміщення (повороту) модулів ПР «МП-11»?

4 Як регулюється відносна швидкість переміщення (повороту) виконавчих елементів робота?

5 Призначення і складові частини пристрою підготовки повітря.

6 Призначення і складові частини пульта управління ЕЦПП-6030.

Лабораторна робота 4

Вивчення конструкції і визначення швидкостей руху виконавчих елементів промислового робота «Універсал – 5» (4 години)

Мета роботи: ознайомитися з пристроєм і принципом дії промислового робота (ПР) «Універсал – 5»; навчитися складати кінематичні схеми модулів ступенів рухливості і захоплюючого пристрою; визначати робочі (номінальні) швидкості руху виконавчих елементів за окремими ступенями рухливості.

4.1 Призначення, устрій і принцип роботи промислового робота «Універсал – 5»

Промисловий робот «Універсал-5» призначений для автоматизації завантажувально-розвантажувальних робіт при обслуговуванні технологічного устаткування, для межопераційного і міжверстатного транспортування об'єктів обробки, заміни робітників при виконанні низки важких, небезпечних і монотонних технологічних операцій .

Промисловий робот «Універсал-5» складається з наступних основних частин: маніпулятора, пульта управління роботом і системи підготовки повітря. Виконавчою складовою частиною ПР «Універсал-5» є маніпулятор, зв'язаний пневматичною й електричною лініями енергоживлення і керування із системою підготовки повітря, блоком управління повітророзподільниками і пультом управління.

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

У пульті управління і блоці керування повітророзподільниками розташовані устаткування, прилади системи програмного управління (СПУ) і електроустаткування.

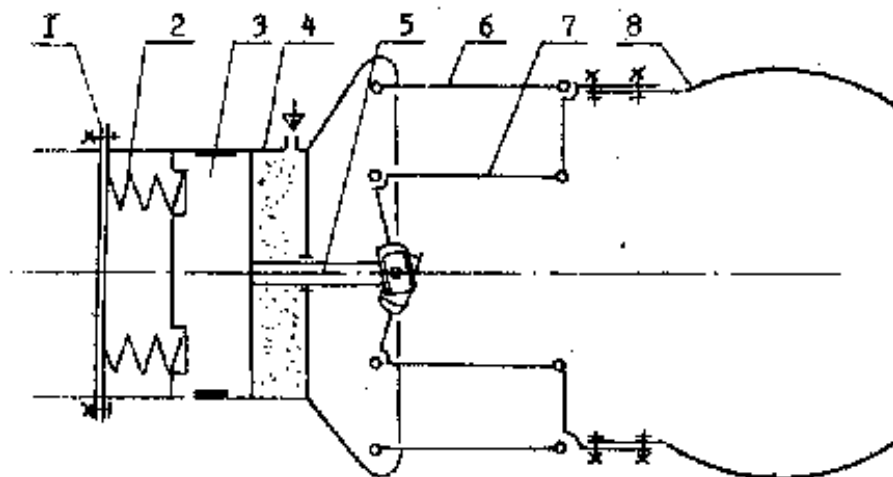
Аналого-позиційна СПУ забезпечує навчання за першим циклом й автоматичну роботу за заданим циклом усіх виконавчих механізмів робота .

Основними вузлами маніпулятора є (рис. 4.1) 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 схоп 9. Кожний з механізмів, що визначає той чи інший ступінь рухомості, відпрацьовує одну з координат, задану програмою.

Для захоплення предметів рука постачена спеціальним вузлом - схопом (рис. 4.1), що своїм фланцем 1 кріпиться до фланця кисті руки. Захоплення й утримання деталі здійснюється губками 8, що роблять плоскопаралельні переміщення. Привід губок схопу здійснюється від пневмоциліндра 4.

При подачі стиснутого повітря до робочої порожнини циліндра поршень 3 зі штоком 5 йде уліво, стискаючи пружини 2. При цьому повертаються фігурні важелі 7, що веде до зближення губок 8 і затисків деталі. Розміри і конфігу-

рація губок можуть бути різноманітні у залежності від форми і маси деталі. Розжим губок захопу відбувається після скидання тиску повітря у робочій порожнині циліндра під дією шести пружин 2.



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

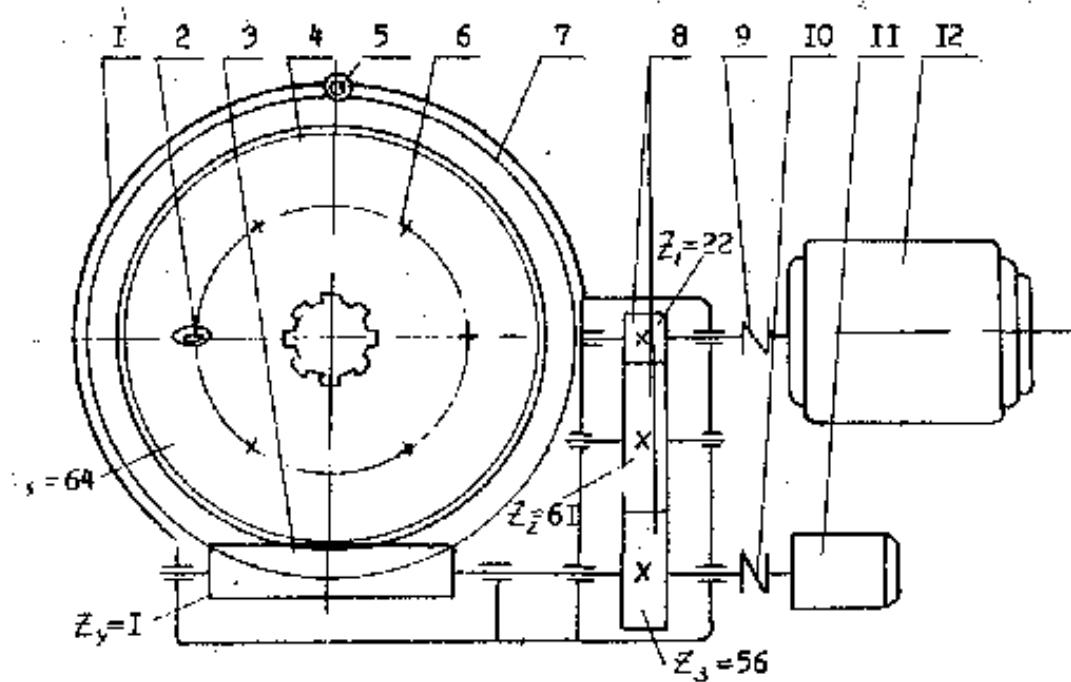
Рисунок 4.1 - Схоп ПР «Універсал-5»

Механізм повороту руки (рис. 4.2) являє собою редуктор з циліндричною зубцюватою і черв'ячною передачами. Вихідний вал (вал черв'ячного колеса) має вертикальне розташування. До торця вала кріпиться поворотна платформа 7, на якій розташована рука маніпулятора.

Рух здійснюється від електродвигуна постійного струму 12 типу СЛ-569 ($P=160$ Вт; $n_{ном}=1200$ 1/хв) через муфту 9, зубцюваті циліндричні колеса на однозахідній черв'як, що знаходиться в зчепленні з розрізним черв'ячним колесом 4. Ексцентрик 2 служить для регулювання бічного зазору черв'ячного зчеплення 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 здійснюється чергове регулювання.

Зворотний зв'язок механізму повороту руки зі СПУ за швидкістю здійснюється за допомогою тахогенератора 11, за положенням - за допомогою багатооборотного потенціометра 5.

Механізм згинання кисті (рис. 4.3) складається з важелів 23, жорстко зв'язаних з валом - шестірнею 21, зубцюватої рейки 22 і приводу штока 9. Важелі захопу 23 мають можливість обертатися перпендикулярно валу - шестірні 21 навколо осі руки. Обмеження обертання вала - шестірні 21 відбувається упором виступів 23 у переставні сектори 20, що кріпляться гвинтами до підстави 19. Максимальний кут згинання кисті - 180° . Привід згинання захопу складається з циліндра 3, поршня 4, жорстко зв'язаного зі штоком 9. Поршень і шток мають діаметральні гумові ущільнення.



1 - корпус редуктора; 2 - регулюючий гвинт; 3 - черв'як; 4 - черв'ячне колесо;
 5 - пневмоциліндр; 6 - гвинт; 7 - поворотна платформа; 8 - зубчасте колесо;
 9, 10 - муфта; 11 - тахогенератор; 12 - електродвигун
 Рисунок 4.2 - Механізм обертання кисті

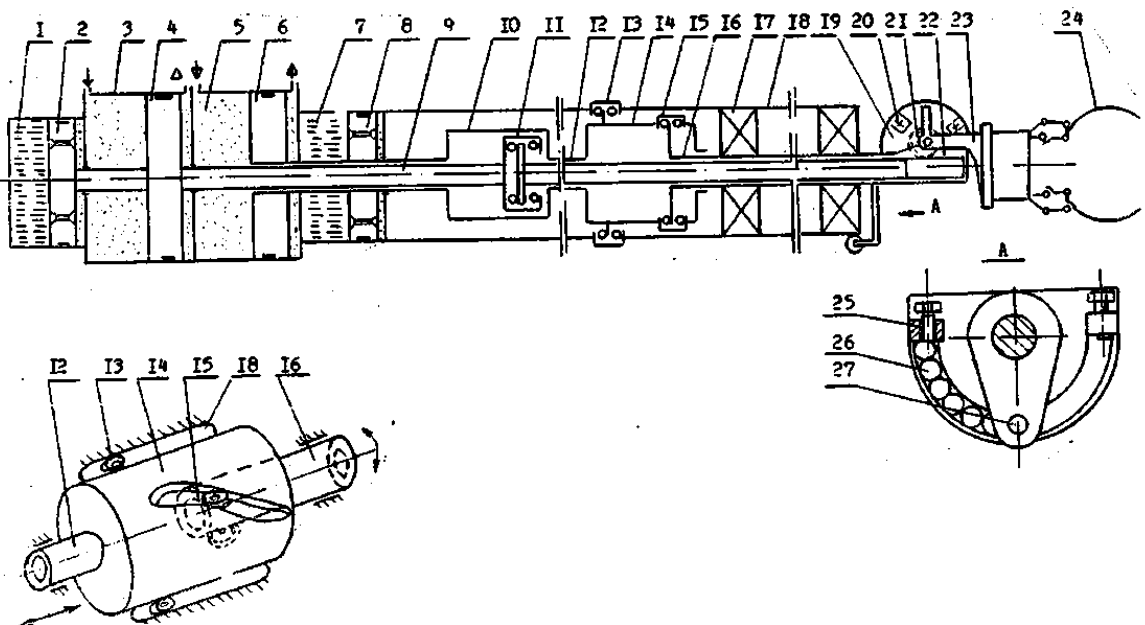
При подачі тиску повітря до циліндра 3 праворуч або ліворуч від поршня 4 рейка 23 переміщається у ту чи іншу сторону. Вал - шестірня 21 обертається, а разом з нею повертаються і важелі схопу з губками, що захоплюють деталь.

Для забезпечення плавності спрацьовування виконавчої ланки передбачено демпфуючий пристрій, що складається з поршня 2 і корпуса демпфера, заповненого мастилом. У поршні мають калібровані отвори, через які відбувається перетікання мастила з однієї порожнини до іншої. Швидкість переміщення визначається діаметром каліброваного отвору, в'язкістю мастила й осьовим зусиллям на штоку 9.

Для розвантаження штока 9 від крутильного моменту, викликаним обертанням кисті, служить муфта 11, усередині якої встановлені два упорних підшипники.

Механізм обертання кисті уздовж подовжньої осі руки (рис. 4.2) складається з циліндра 5 і поршня 6, жорстко зв'язаного з порожнім штоком-поршнем 8, втулкою 12 і повзуном 14 (рис. 4.3).

При подачі тиску повітря до робочої порожнини циліндра 5 разом з поршнем буде переміщатися і повзун 14. Повзун являє собою порожній товстостінний циліндр (рис. 4.3), стінки якого прорізані двома гвинтовими пазами за типом 2-заходного різьблення. Шаг гвинтової лінії $t=130$ мм. До пазів входять два шарикопідшипника 15, що містяться на осях водила 16. При поступальному русі повзуна 14 ролики 15, закріплені на водилі 16, копіюючи гвинтові пази повзуна, повертають водило і підставу кисті 19, встановлену на підшипниках 17 у корпусі циліндра 18. Сам повзун утримується від повороту упорним роликом 13, що опирається в крайки подовжнього паза в стінці циліндра 18.



- 1, 7- корпус демпфера; 2, 8- поршень; 3, 5 - робочий циліндр;
 4- поршень; 6- шток-поршень; 9- шток; 10- гільза; 11 - муфта;
 12 - втулка; 13, 15 - опорний ролик; 14 - повзун; 16 - водило;
 17 - підшипник; 18 - основа руки; 19 - основа кисті; 20 - упор;
 21 - вал - шестірня; 22 - зубчаста рейка; 23 - важіль; 24 - сноп;
 25 - регулюючий болт; 26 - кулька; 27 - штифт

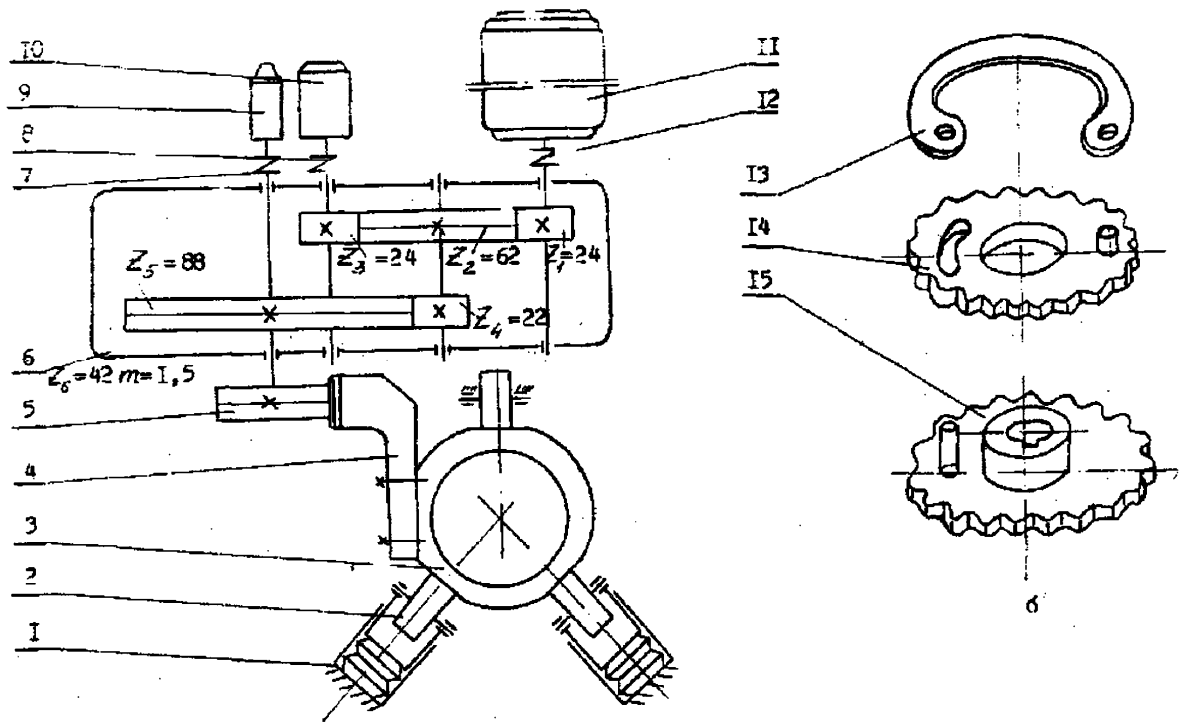
Рисунок 4. 3 - Механізм обертання та згинання кисті

Кут обертання кисті із середнього положення в будь-яке крайнє можна регулювати, закладаючи кульки 26 діаметром 8 мм у кільцевий канал круглого перетину. У середині каналу через кільцеву щілину входить штифт 27.

При обертанні кисті навколо подовжньої осі руки штифт 27 рухається по радіусу, вільним кінцем описуючи дугу окружності усередині кільцевого паза. Кількість кульок, що закладаються між штифтом і регулювальними болтами 25, визначає кут повороту кисті навколо подовжньої осі руки. Більш точне регулювання здійснюється болтами 25.

Контргайки не допускають вигвинчування болтів і порушення регулювання. Плавність спрацьовування механізму досягається, як і в механізмі згинання руки, застосуванням демпфуючого пристрою, поршень 8 якого має калібровані отвори.

Механізм висування руки (рис. 4, 4.а) являє собою двоступінчастий редуктор б з циліндричними зубчастими передачами і приводом від електродвигуна постійного струму СЛ-569 ($N=169$ кВт; $n=540$ 1/хв). На вихідному валі редуктора є зубчасте колесо 5, що знаходиться з зубцюватою рейкою 4. Остання за допомогою гвинтів жорстко кріпиться до зовнішньої поверхні циліндричної на прямої 3, на якій є оброблені уздовж осі шліфовані доріжки під роликові опори 2.

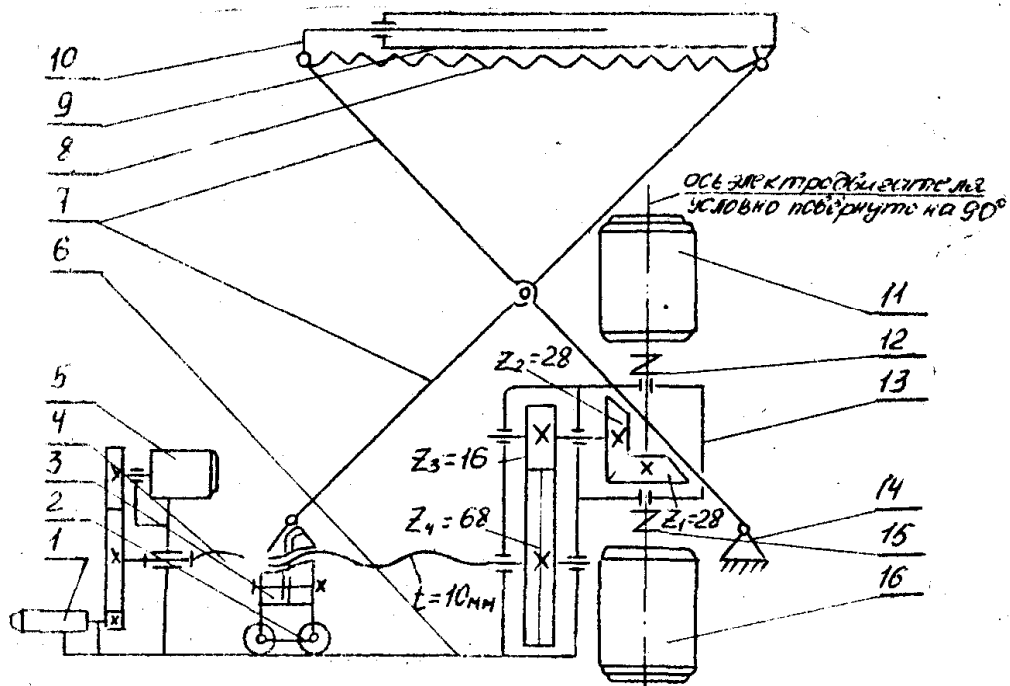


а - кінематична схема; б - основні елементи колеса
 1 - тарелічана пружина; 2 - ролика; 3 - циліндрична напрямна; 4 - рейка;
 5 - зубчасте колесо; 6 - редуктор; 7, 3, 12 - муфти; 9 - потенціометр;
 10 - тахогенератор; 11 - електродвигун; 13 - пружинне кільце;
 14, 15 - верхня та нижня половини зубчастого колеса
 Рисунок 4.4 - Механізм висування руки

Для точного позиціонування руки у зубцюватих зчепленнях передбачений вибір бічного зазору. Для цього зубчасті колеса виконані у виді двох вузьких коліс, складених разом (рис. 4.4, б), при цьому одне колесо вдягається на ступицю іншого і може обертатися на ньому. Кожні дві половинки колеса з'єднані пружинним кільцем 13. Кінці кільця мають отвори і надягнені на штифти, запресовані у кожне з коліс. Дно з двох коліс має паз, через який проходить штифт, запресований в інше колесо. Під час складання кінці пружинного кільця зближують, щоб надягти штифти за рахунок зусилля, що виникає при деформації кільця, колеса повертаються відносно один одного і бічний зазор у зчепленні автоматично вибирається.

Зворотний зв'язок приводу механізму з програмним приладом маніпулятора здійснюється за допомогою датчиків положення: тахогенератора 10 (електродвигун постійного струму) і багатообертового дрогового потенціометра 9 з лінійною характеристикою (ППМЛ), що допускає 20 обертів вала за весь контрольований хід виконавчого елемента.

Механізм підйому (рис. 4.5) монтується на поворотній платформі і складається з двох рухомих 2 і двох нерухомих 14 опор, двох пар важелів 7, столу 9 і приводу, що має два електродвигуна 11 і 16 (тип СЛ-661, $P=230$ Вт; $n=2500$ 1/хв), двох муфт 12 і 15 і конічно-циліндричного редуктора 13.



1 - потенціометр; 2 - опорний каток; 3 - циліндрична напрямна;
 4 - гвинт; 5 - тахогенератор; 6 - напрямна; 7 - важелі; 8 - пружина;
 9 - стіл; 10 - скалка; 11, 16 - електродвигуни; 12, 15 - муфти;
 13 - редуктор; 14 - нерухома опора
 Рисунок 4.5 - Механізм підйому платформи

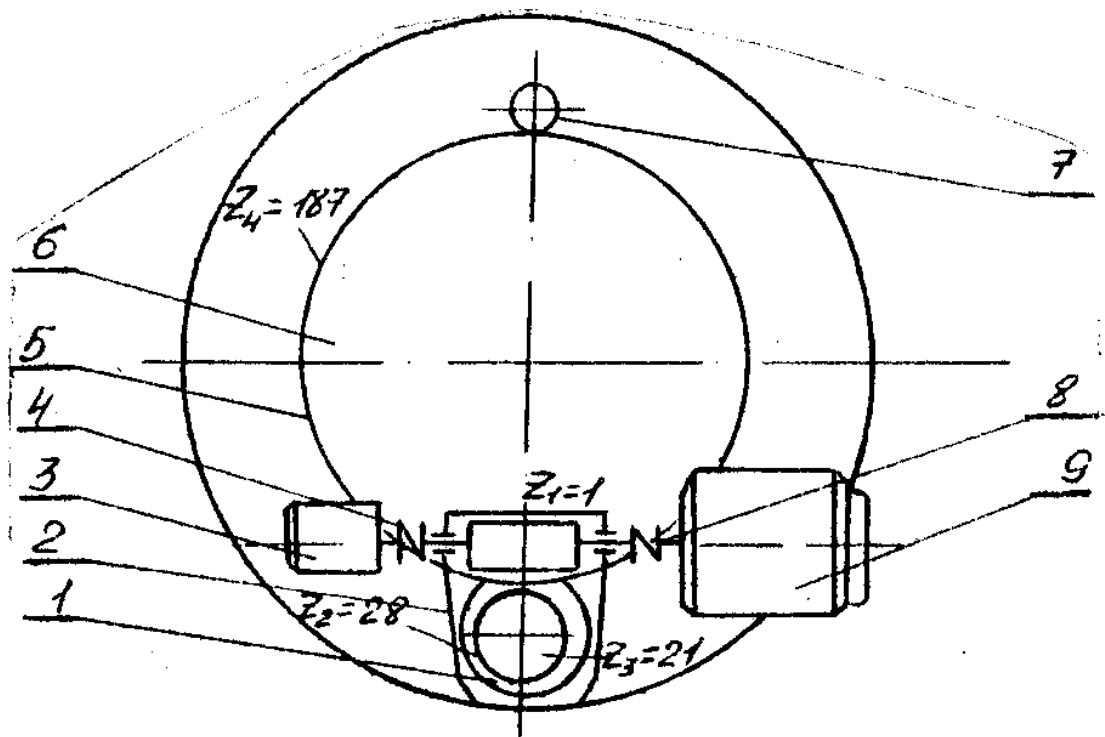
Обертний рух від приводу передається на гвинт 4, а потім перетворюється у поступальний рух каретки 2 уздовж напрямної 6. Рух каретки 2 у горизонтальному напрямку за допомогою важелів 7 і качалки 10 перетворюється у вертикальний плоскопаралельний рух столу 9, на якому розташовується рука. Для розвантаження двигунів механізму підйому при нижнім положенні столу служать пружини стиску 8. Для зменшення „мертвого ходу” у редукторі передбачене розрізне зубчасте колесо. Складеною виконана також і гайка 3.

Зворотний зв'язок механізму підйому із СПУ за швидкістю здійснюється за допомогою тахогенератора 5, за положенням - за допомогою потенціометра 2. Механізм повороту (рис. 4.6) складається з двигуна постійного струму 9 (тип СЛ-666, $P=230$ Вт; $n_{ном}=1250$ 1/хв), муфти 8, самогальмуючого черв'ячного редуктора 2, відкритої зубчастої передачі 1 і поворотної платформи 6, що спирається через радіально - упорні підшипники на нерухома підставу.

З метою вибору люфту в черв'ячному зчепленні черв'ячне колесо виконане складеним із двох половин (аналогічно механізму повороту руки).

Для зворотного зв'язку за швидкістю служить тахогенератор 3, за положенням - потенціометр 7.

Пневмосистема складається із системи підготовки повітря і повітророзподільників, що поперемінно пропускають повітря у відповідні порожнини пневмоциліндрів руки. Робочий тиск, який підводиться до пневмопанелі, складає 0,4...0,6 МПа.



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

Рисунок 4.6 - Механізм повороту платформи

4.2 Обладнання і прилади

- 1 Промисловий робот «Універсал-5».
- 2 Рулетка ($l=2\text{м}$).
- 3 Лінійка ($l=1\text{м}$).

4.3 Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити конструкцію промислового робота і його складових частин .
- 2 Скласти кінематичні схеми захоплюючого пристрою, механізму згинання й обертання кисті, повороту і висування руки, підйому і повороту платформи.
- 3 Визначити номінальні швидкості руху виконавчих елементів механізмів поворотів і висування руки, підйому і повороту платформи.
- 4 Порівняти отримані значення швидкостей з паспортними даними ПР «Універсал-5» (табл. 1.2).

4.4 Зміст звіту

- 1 Найменування і мета роботи.
- 2 Кінематичні схеми захоплюючого пристрою і механізмів за всіма ступенями рухомості.
- 3 Розрахунок швидкостей руху виконавчих елементів механізмів повороту і висування руки, підйому і повороту платформи.
- 4 Висновки з роботи.

4.5 Контрольні питання

- 1 Принцип роботи захоплюючого пристрою та механізмів робота.
- 2 Як вибираються зазори у кінематичних парах?
- 3 Як регулюють величину переміщення виконавчого елемента?
- 4 Як визначається номінальна швидкість руху виконавчих елементів за всіма ступенями рухомості?

Лабораторна робота 5

Кінематичний аналіз і налаштування механізму зрівноважування промислового робота «ТУР-10К»

Мета роботи: ознайомитися з конструкцією і принципом дії механізмів промислового робота «ТУР-10К»; навчитися налагоджувати механізм зрівноважування ПР «ТУР-10К».

5.1 Основні теоретичні відомості

5.1.1 Призначення робота

Промисловий робот «ТУР-10К» призначений для роботи у складі робототехнічних комплексів і автоматизованих виробництв для виконання основних технологічних і допоміжних операцій.

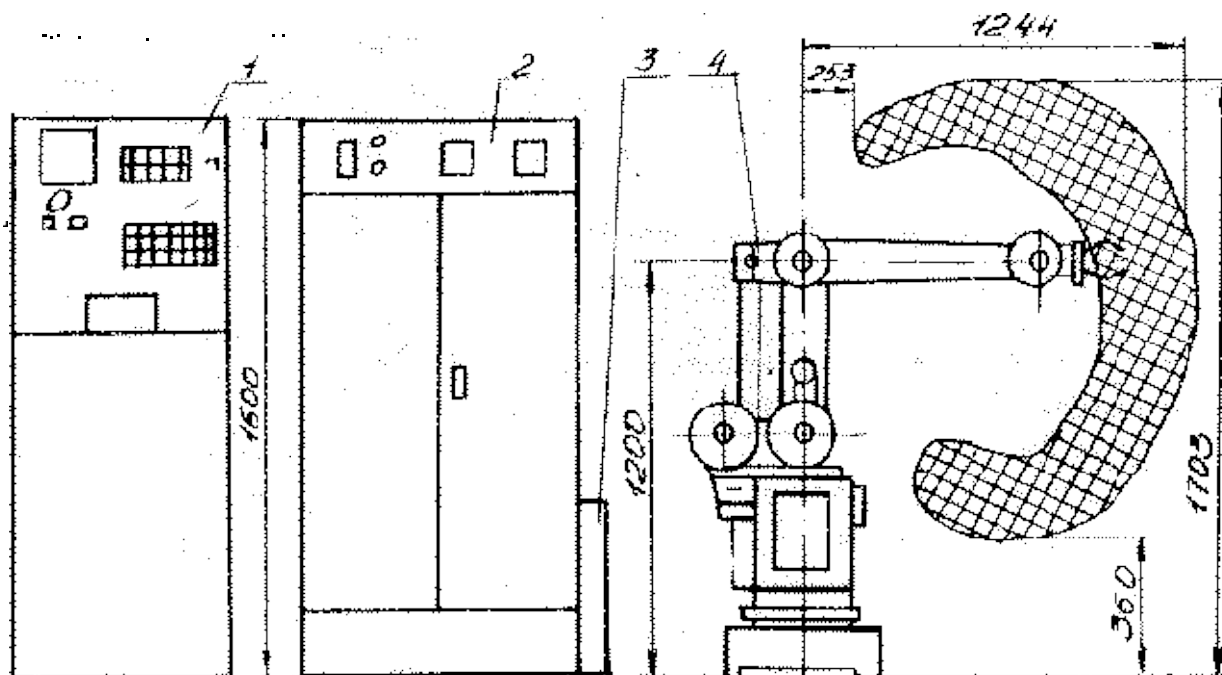
Таблиця 5.1 - Технічна характеристика ПР «ТУР-10К»

Найменування показників	Значення
Номінальна вантажопідйомність, кг	6,3
Вид приводу	Електромеханічний
Тип системи керування	Контурна
Кількість ступенів рухливості, шт.	5
Діапазони переміщень, град:	
поворот платформи навколо вертикальної осі	340
кут хитання вертикальної ланки	90
кут хитання горизонтальної ланки	90
кут хитання кисті	180
кут повороту кисті	360
Точність позиціонування, мм	±0,25
Електричне живлення, В	380
Тиск повітря у мережі, МПа	0,4...0,6
Маса загальна, кг	820
Маса маніпулятора, кг	260

5.1.2 Складові елементи промислового робота

Промисловий робот «ТУР-10К» складається з маніпулятора 4 (рис. 5.1), пристрою числового програмного управління 1 (УМК-722), блоку управління

електроприводами (БУЕП), пневмопанелі 3, з'єднаних між собою кабелями зв'язку і пневмоприводом. Основними вузлами маніпулятора є механізм повороту, механічна рука, приводи електромеханічні і механізм зрівноважування.



1 - пристрій програмного управління; 2 - блок програмного управління;
3 - панель управління пневматична; 4 - маніпулятор
Рисунок 5.1 - Загальний вигляд «ТУР-10К»

5.1.3 Конструкція та принцип роботи основних механізмів

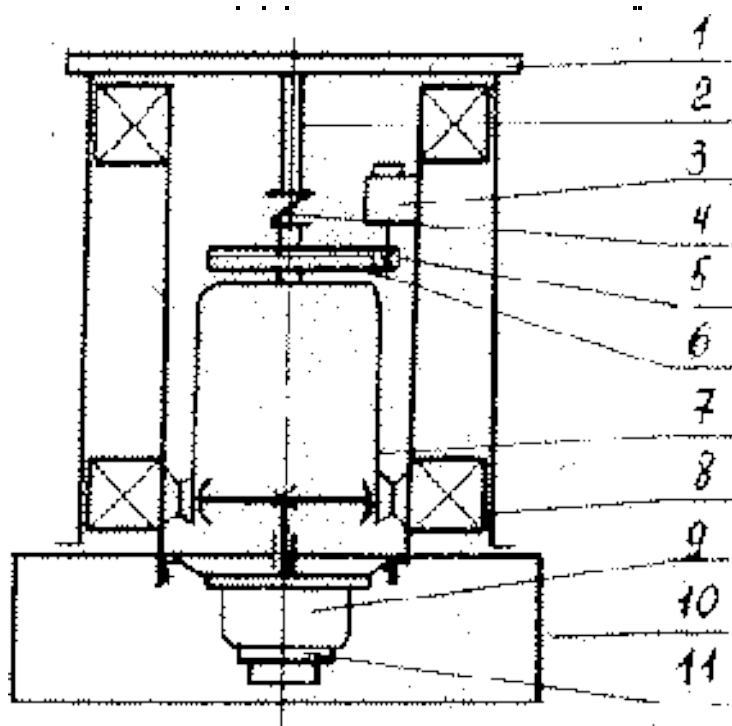
Механізм повороту (рис. 5.2) призначений для повороту механічної руки навколо вертикальної осі на кут 340° . Механізм повороту складається із нерухомої підстави 10, щодо якого обертаються стакан 8 і поворотна платформа 1.

На підставі встановлений мотор-редуктор, що складається з електродвигуна 9 (типу ПЯ-250Ф, $P=250$ Вт, $n=3000$ 1/хв), хвильового редуктора 7 ($U=102,5$; $M=100$ Н·м), датчика положення 3 (типу ППК-15). Вихідний вал редуктора за допомогою компенсуючої муфти 7 і вала 2 з'єднаний з поворотною платформою 1. Обертання на датчик 3 передається від тихохідного вала редуктора через зубчасті колеса 5 і 6. Зубчасте колесо 6 виконане розрізним, між елементами колеса розміщена пружина крутіння.

Механічна рука (рис. 5.3) маніпулятора призначена для переміщення захоплюючого пристрою у вертикальній площині за чотирма ступенями рухливості.

Рука встановлена шарнірно на стійці 2, жорстко встановленої на стійці 1. Рука містить вертикальну ланку 19 і шарнірно з'єднану ланку 12, до якого кріпиться кість руки 18.

Кожній ланці руки надається рух від індивідуального приводу, що складається з електродвигуна і хвильового редуктора.



1 - поворотна платформа; 2 - вал; 3 - датчик положення; 4 - муфта;
 5,6 - зубчасті колеса; 7 - хвильовий редуктор; 8 - стакан;
 9 - електродвигун; 10 - підстава; 11 - тахогенератор

Рисунок 5.2 - Механізм повороту

Передача руху до вертикальної ланки 9 від приводу 13 здійснюється кривошипно - шатунним механізмом, що складається з кривошипа 14, закріпленого на вхідному валі приводу, шатуна 15 і важеля 20.

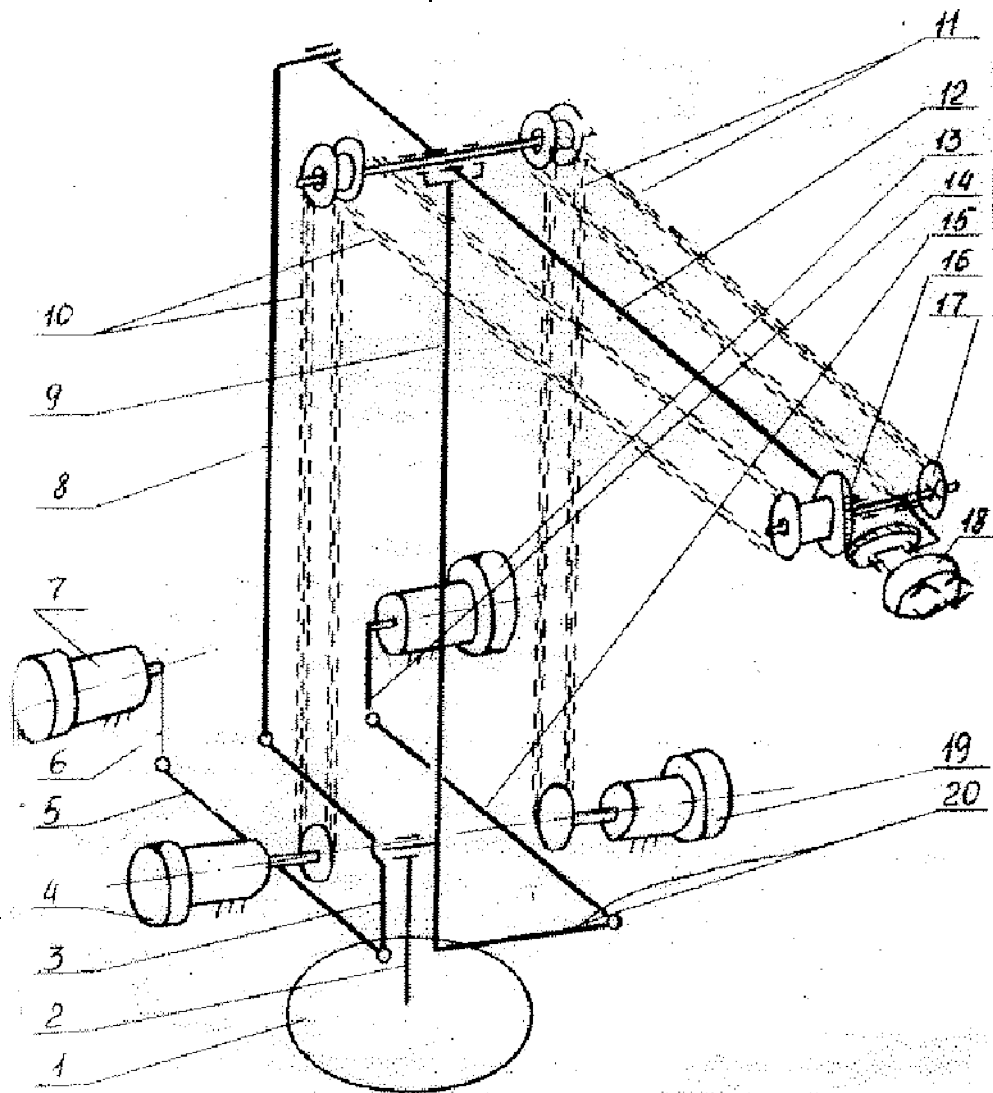
Передача руху до горизонтальної ланки 12 від приводу 7 здійснюється також кривошипно-шатунним механізмом. Обидва кривошипно-шатунних механізми виконані у вигляді шарнірних паралелограмів.

Передача руху до механізму вигину кисті щодо подовжньої осі здійснюється від приводу 19 через ланцюгові передачі 11 на зірочку 17, жорстко посажену на вал механізму вигину кисті.

Передача руху до механізму обертання кисті щодо подовжньої осі горизонтальної ланки здійснюється від приводу 4 через ланцюгові передачі 10 і конічну зубчасту пару 16 з передатним відношенням $U=2$. На вихідному валу кисті розташований фланець, до якого кріпиться захоплюючий пристрій. Привід захоплюючого пристрою пневматичний.

Кожен привід руки містить електродвигун (типу ПЯ-250Ф, $P=250$ Вт, $n=3000$ 1/хв, $M=0,8$ Н·м), хвильовий редуктор, датчик положення (типу ППК-15) і тахогенератор (типу ТГП-3).

Тахогенератор встановлюється на кришці двигуна і з'єднується з ротором за допомогою муфти.



1 - поворотна платформа; 2 - стояк; 3, 20 - важіль;
 4 - привод механізму обертання кисті; 5, 15 - шатун; 6, 14 - кривошип;
 7 - привод качення горизонтальної ланки; 8 - тяга; 9 - вертикальна ланка;
 10, 11 - ланцюгова передача; 12 - горизонтальна ланка;
 13 - привід качання вертикальної ланки; 16 - кінчна передача;
 17 - зірочка; 18 - кисть руки; 19 - привід механізму качання кисті
 Рисунок 5.3 - Кінематична схема механічної руки

Для зрівноважування статичних моментів від ваги ланок механічної руки служить механізм зрівноважування, схема якого наведена на рисунку 5.4. Зрівноважування горизонтальної ланки 10 здійснюється за допомогою пружини 2, встановленої на верстаті поворотної платформи. Пружина 2 за допомогою ланцюгів 3 і 5 з'єднана з Г-образним кривошипом 6, встановленим на валі приводу 7. Зрівноважування статичного моменту, створюваного горизонтальною ланкою (разом з кистю і вантажем), забезпечується практично постійною силою, створюваною пружинним механізмом, на всьому діапазоні переміщення ланки. Необхідне зусилля встановлюється підтисканням пружини 2 за допомогою гайки 1. Зрівноважування вертикальної ланки 9 здійснюється аналогічно за допомогою пружини стиску 17. Зрівноважування має бути виконане таким чи-

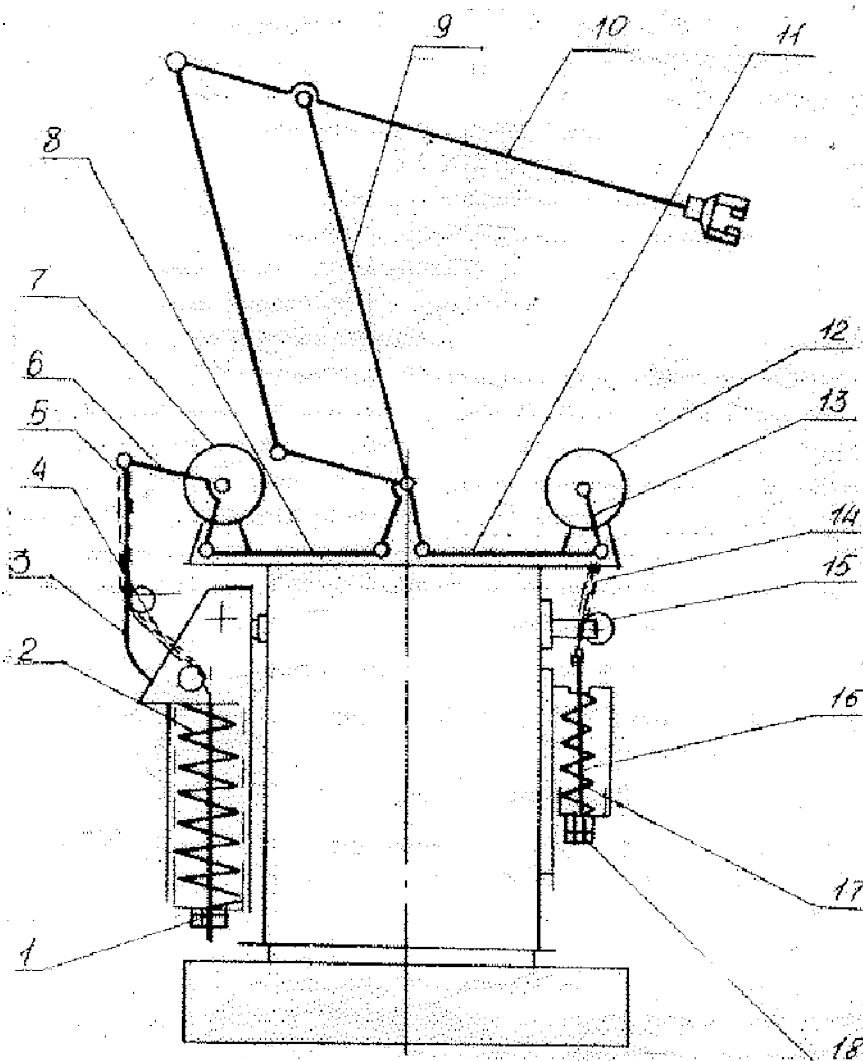
ном, щоб у будь-якій положенні ланок маніпулятора не спостерігалось мимовільне їхнє переміщення.

5.2 Обладнання і прилади

- 1 Промисловий робот «ТУР10-К».
- 2 Набір ключів.

5.3 Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити роботу і принцип дії окремих механізмів ПР «ТУР-10К».
- 2 Скласти кінематичні схеми механізмів, включаючи механізм зрівноважування
- 3 Настроїти зрівноважувальний пристрій, домігшись відсутності мимовільного руху вертикальної і горизонтальної ланок при будь-якому їхньому положенні.



- 1, 18 - гайки; 2 - пружина; 3 - передатний механізм;
4, 5 - ланцюг; 6 - кривошип; 7 - привід; 8 - шатун;
15 - перетворювач; 16 - шток; 17 - пружина

Рисунок 5.4 - Схема управління механічною рукою

5.4 Зміст звіту

- 1 Найменування і мета роботи.
- 2 Кінематичні схеми захопу і механізмів за всіма ступенями рухливості.
- 3 Висновки з роботи.

5.5 Контрольні питання

- 1 З яких основних вузлів складається ПР «ТУР-10К»?
- 2 Принцип роботи окремих механізмів маніпулятора ПР «ТУР-10К».
- 3 Устрій і принцип роботи хвильового редуктора.
- 4 Як здійснюється регулювання механізму зрівноважування ланок маніпулятора?
- 5 Як визначити форму й обсяг робочої зони ПР «ТУР-10К»?

Література

- 1 Основы робототехники / К.Д.Никитин и др. - Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1986. - 208с.
- 2 Козырев Ю.Г. Промышленные роботы: Справочник. - М.: Машиностроение, 1988. - 392с.
- 3 Челнаков И.Б. Схваты промышленных роботов. / И.Б.Челнаков, С.Н.Калашников. - Л.: Машиностроение, 1989. - 287с.
- 4 Промышленные роботы / В.И.Костюк и др. - Киев: Вища школа, 1985.- 360с.
- 5 Спину Г.А. Промышленные роботы. Конструирование и применение. - Киев: Вища школа, 1985. - 176с.
- 6 Детали и механизмы роботов. Основы расчета, конструирование и технология производства / Под ред. Б.Б.Сомотокина. - Киев: Вища школа, 1990. - 343с.