

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

*Кафедра автоматизації
технологічних процесів та
виробництва*



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт
з курсу “Автоматизація виробничих процесів”
для студентів спеціальності
181 «Харчові технології»

Тернопіль
2018

Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу “Автоматизація виробничих процесів” для студентів спеціальності 181 «Харчові технології» / В.Б.Савків, Р.І.Михайлишин. – Тернопіль: ТНТУ, 2018. – 82 с.

Рецензент: д.т.н., професор Стухляк П.Д.

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв (протокол № 1 від 29 серпня 2018 р.).

Схвалено і рекомендовано до друку Вченою Радою факультету прикладних інформаційних технологій та електроінженерії (протокол № 1 від 30 серпня.2018 р.).

Зміст

Правила техніка безпеки	4
Лабораторна робота №1. Вивчення будови і принципу роботи РТК на базі промислового робота МП-9С.....	5
Лабораторна робота №2. Вивчення системи керування РТК на базі промислового робота МП-9С.....	20
Лабораторна робота № 3. Вивчення будови промислового робота «Циклон-5» і проектування його наладок для роботи в робототехнічному комплексі	34
Лабораторна робота № 4. Вивчення мікропроцесорної системи керування промисловим роботом МП–11.....	58
Лабораторна робота № 5. Визначення статичних і динамічних характеристик термоелектричних датчиків методом математичного моделювання.....	66
Лабораторна робота № 6. Побудова кривої перехідного процесу в системах автоматизованого регулювання температури методом трапецеїдальних характеристик	71
Лабораторна робота № 7. Вибір і розрахунок параметрів налагодження автоматичного регулятора.....	76
Рекомендована література	82

Правила техніки безпеки

До лабораторних робіт студенти допускаються тільки з дозволу викладача в присутності його або лаборанта.

При виконанні роботи студенти повинні виконувати наступні вимоги по техніці безпеки.

1. Перед початком роботи:

1.1. Привести до порядку одяг: застібнути рукави, заправити одяг так, щоб не було звисаючих кінців.

1.2. Оглянути робоче місце, впевнитися у відсутності можливих перешкод на шляху рухомих вузлів.

1.3. Переконатись у правильності і надійності під'єднання з'єднуючих кабелів.

1.4. Перевірити герметичність і надійність з'єднань у пневмосистемі.

1.5. Перевірити надійність заземлення.

2. Під час роботи:

2.1. Виконувати роботу у суворій відповідності з отриманим завданням.

2.2. Забороняється:

- залишати включений робот без нагляду;
- поправляти руками деталі у робочій зоні;
- проводити самостійно ремонт робота;
- безконтрольно маніпулювати клавіатурою;
- встановлювати тиск вище 0,4 МПа.

2.3. Не брати і не передавати через установку які-небудь предмети.

2.4. Після вводу тексту керуючої програми перевірити правильність її роботи в покроковому режимі.

2.5. При виникненні в процесі роботи збоїв, роботу потрібно негайно припинити.

3. Після закінчення роботи:

3.1. Виключити електрообладнання.

3.2. Перекрити подачу повітря.

3.3. Привести до порядку робоче місце.

3.4. Повідомити викладачу про всі виявленні недоліки у роботі обладнання.

Лабораторна робота №1. Вивчення будови і принципу роботи РТК на базі промислового робота МП-9С

Мета роботи: вивчити конструктивну будову основних механізмів, приводів, демпферів та давачів РТК завантаження технологічного обладнання; зобразити компоновальну, кінематичну та пневматичну схеми РТК; розробити алгоритм та циклограму роботи РТК.

1. Короткий технічний опис РТК завантаження технологічного обладнання

Загальний вигляд РТК завантаження технологічного обладнання показаний на рис. 1. Він складається з живильного механізму, в магазинах якого знаходяться орієнтовані заготовки, та промислового робота МП-9С.

Живильний механізм РТК завантаження технологічного обладнання складається з наступних елементів (рис. 1, 2, 3):

1. Основа
2. Стіл
3. Змінна пластина
4. Плити
5. Магазины поштучної видачі заготовок
6. Кожухи
7. Рама
8. Жолоб для деталі
9. Пневмоциліндр
10. Шток
11. Штуцер
12. Кришка пневмоциліндра
13. Кришка пневмоциліндра
14. Регулювальні гвинти магазинів
15. Штуцер
16. Кронштейн.

Магазины поштучної видачі заготовок 5 розміщені на плитах 4, які нерухомо прикріплені до основи 1 з допомогою гвинтів. В магазини завантажуються деталі типу пластин. Для переналагодження системи на потрібну форму використовують регулювальні гвинти 14 і змінні пластини 3.

Змінні пластини кріпляться з допомогою гвинтів до рухомого стола 2. В них виконані два прорізи під форму деталі. Деталь в прорізах розміщується на мідній підкладці, яка служить магнітним екраном.

Стіл 2 рухається по направляючих основи 1 (вид А). В крайніх положеннях відбувається завантаження одного з прорізів деталлю з магазинів. В цей момент другий проріз знаходиться в зоні завантаження, звідки деталь забирається рукою робота з допомогою електромагнітного захоплювача. При переміщенні стола в інше крайнє положення пустий проріз попадає під магазин поштучної видачі заготовок, а проріз з деталлю – в зону завантаження.

До основи знизу кріпиться пневмоциліндр 9. З боків до основи кріпляться захисні кожухи 6. Основа прикріплена до рами 7.

При подачі повітря через штуцер 11 і канал в кришці 12 у ліву порожнину пневмоциліндра 9 шток з поршнем 10 переміщується вправо. Рух від штока через кронштейн 16 передається до стола 2. Стіл переміщується в крайнє праве положення. Відбувається завантаження деталлю правого прорізу із магазину, і одночасно забирається деталь із зони завантаження з лівого прорізу.

Наступним кроком роботи живильного механізму є подача тиску в праву порожнину пневмоциліндра 9 через штуцер 15 і канал в кришці 13. Шток рухається вліво – відбувається завантаження лівого прорізу і розвантаження правого.

2. Короткий технічний опис робота МП-9С

2.1. Призначення робота МП-9С

Промисловий робот МП-9С призначений для взяття деталі з живильного механізму, її переносу і завантаження в технологічний прес.

2.2. Технічні дані робота МП-9С

Вантажопідйомність, кг	0,2
Висування руки, мм	150
Підйом руки, мм	30
Поворот руки, °	120
Час максимального переміщення по:	
– висуванню і підйому, с (не більше)	0,5
– повороту, с (не більше)	0,8
Максимальна абсолютна похибки позиціювання, мм	0,1
Тип приводу пневматичний	
Робочий тиск повітря, МПа (кг/см ²)	0,4-0,5 (4-5)
Тип системи керування	циклова
Електроживлення – мережа змінного струму напругою, В	220
частотою, Гц	50±0,5
Число команд в програмі, шт	30
Число технологічних команд, шт	6
Число точок позиціювання по кожній ступені рухливості, шт	2
Маса, не більше, кг	
– маніпулятора	32
– пристрою керування	18
Габаритні розміри, мм	
– маніпулятора	570×232×305
– пристрою керування	450×202×395

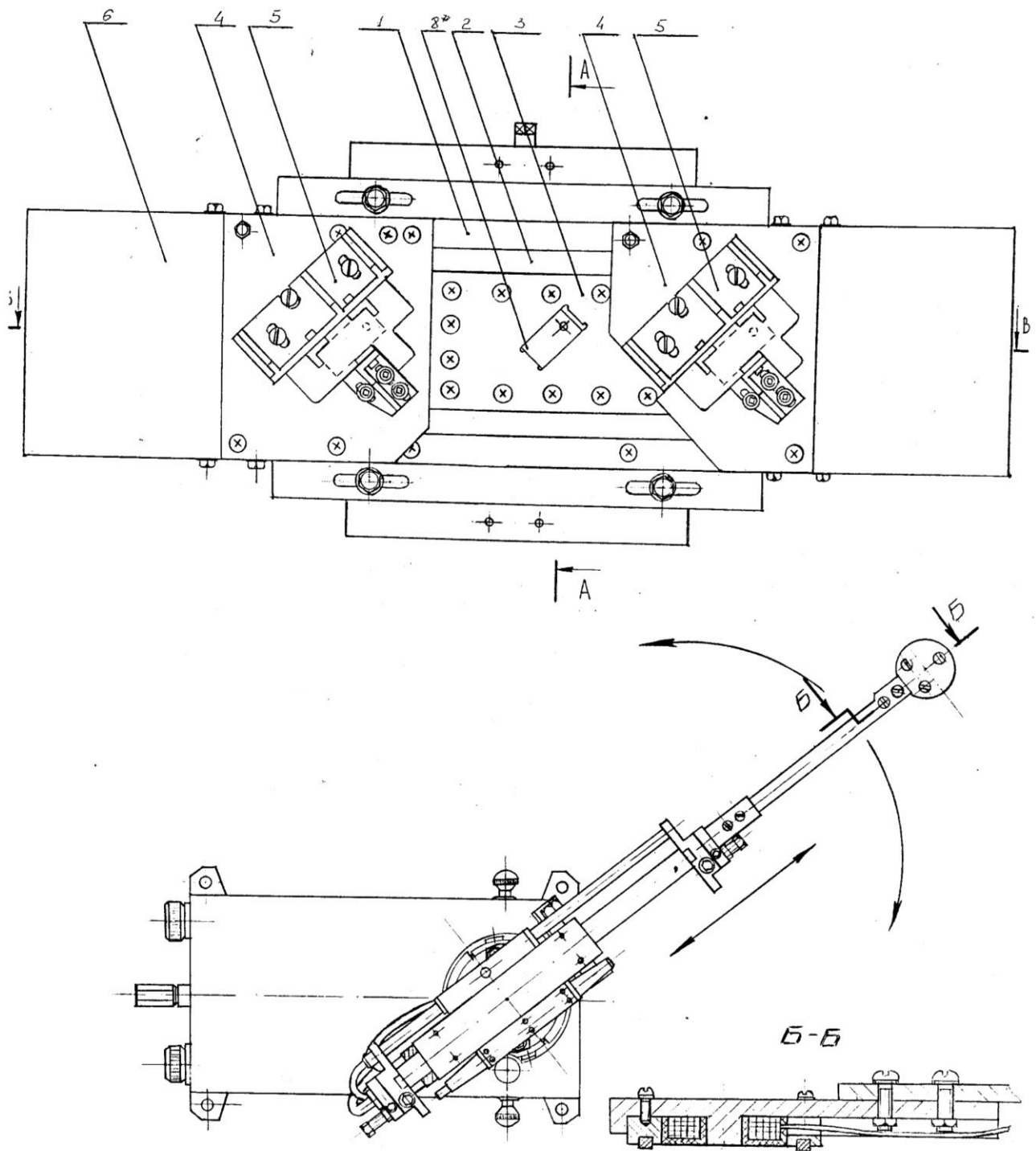


Рис. 1. Загальний вигляд РТК

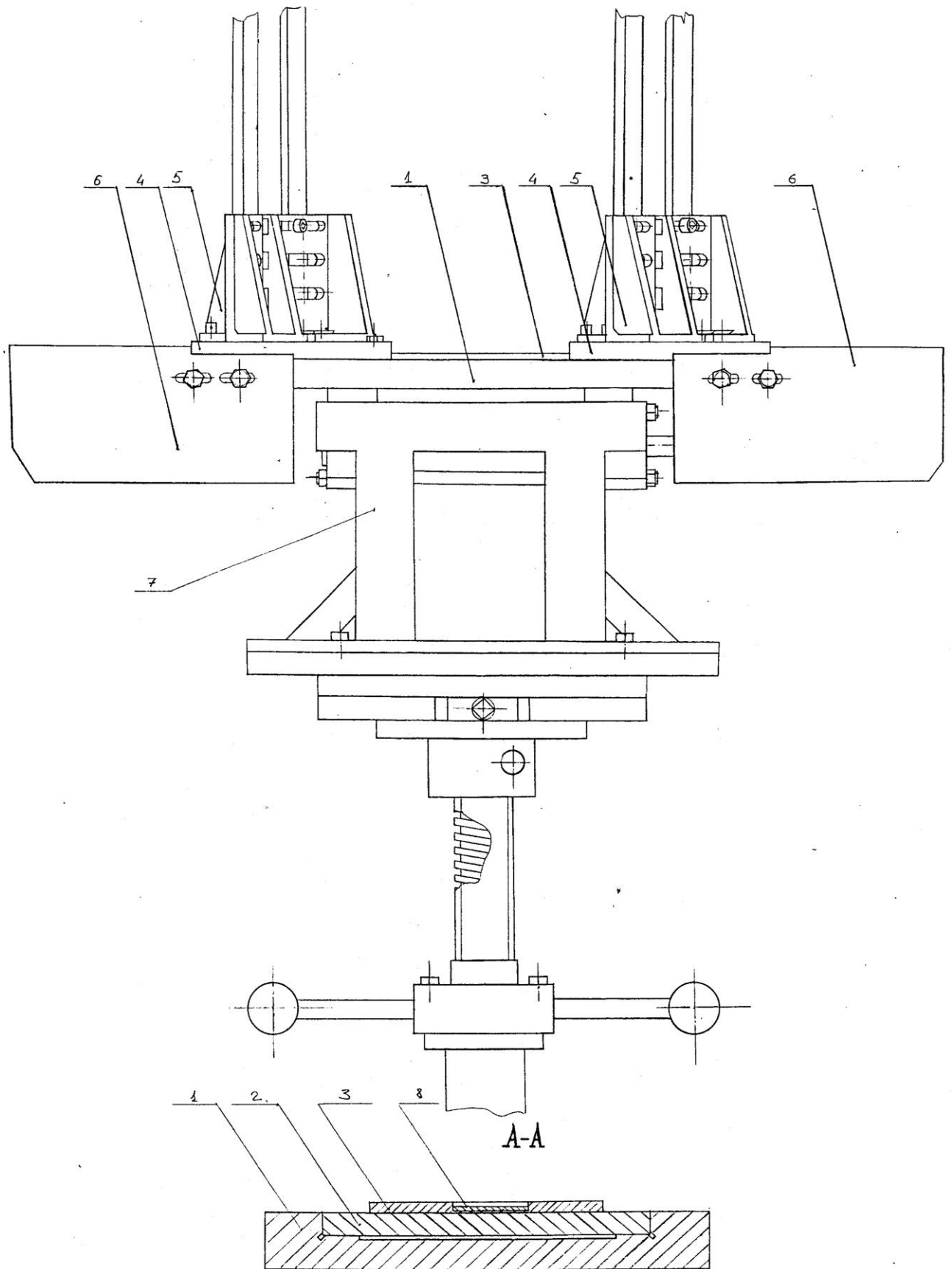


Рис. 2. Загальний вигляд магазинного пристрою

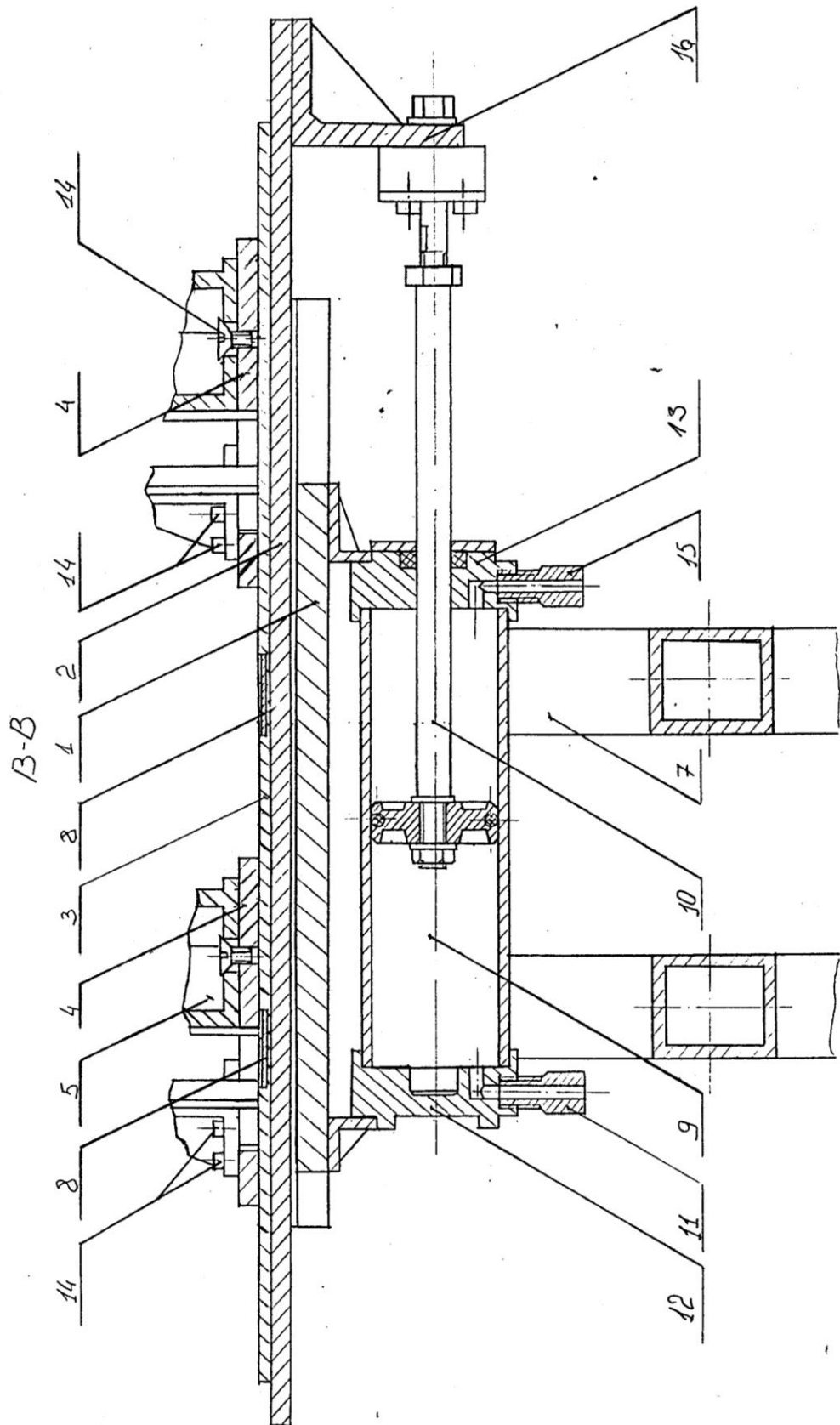


Рис. 3. Переріз магазинного пристрою

2.3. Будова і принцип роботи складових частин робота МП-9С

2.3.1. Загальний опис

На маніпулятор подається напруга постійного струму 24 В від ЕЦПУ-6030, підключеного до мережі змінного струму напругою 220 В.

Стиснене повітря подається до електропневматичних клапанів маніпулятора через вузол підготовки повітря, який забезпечує регулювання необхідного тиску, подачу повітря і мастила в пневмоциліндри.

У маніпуляторі електропневматичні клапани, встановлені на кожний рух. Кожний клапан забезпечений встановленим на виході дроселем, регулювання якого дозволяє здійснювати зміну швидкості руху.

Хід маніпулятора здійснюється по кінцевих регульованих упорах.

Послідовність і кількість рухів, згідно з прийнятою технологічною схемою здійснюється набором програми на пульті ЕЦПУ-6030. Сигнал про виконання кожного руху видають давачі при підході до них постійних магнітів, встановлених на рухомих частинах. Тільки після одержання сигналу відповіді про виконання руху (команди) відбувається видача команди на виконання наступного руху.

При відсутності сигналу від давача про виконання руху, згідно до програми, маніпулятор зупиняється і до моменту одержання сигналу наступних рухів не відбувається.

Амортизація висування і повороту руки маніпулятора здійснюється гідравлічними демпферами. Амортизація підйому (опускання) руки здійснюється дроселюванням подачі і відводу повітря.

2.3.2. Будова основних вузлів маніпулятора

Конструкція маніпулятора приведена на рис. 4, 5. Маніпулятор складається з таких основних вузлів:

- корпусу з вузлом розподілу повітря;
- механізму підйому;
- механізму повороту;
- муфти з упорами;
- руки;
- амортизатора руки;
- амортизатора повороту;
- захоплювача.

2.3.2.1. Корпус 7 (рис. 4) і 10 (рис. 5) являється основою маніпулятора, у якому розміщений вузол розподілу повітря 14 (рис. 4) і 8 (рис. 5), що складається з 8 електропневматичних клапанів, обладнаних дроселями 15 (рис. 4), і здійснена вся електро- і пневморозводка. Для зручності обслуговування корпус має з'ємний, кожух 5 (рис. 5) і дві бокові кришки 3 (рис. 5). На задній стінці корпусу розміщені штуцер 7 (рис. 5) для підводу повітря до вузла розподілу і два роз'єми 6 і 9 (рис. 5) для підключення через кабелі електроживлення до ЕЦПУ-6030.

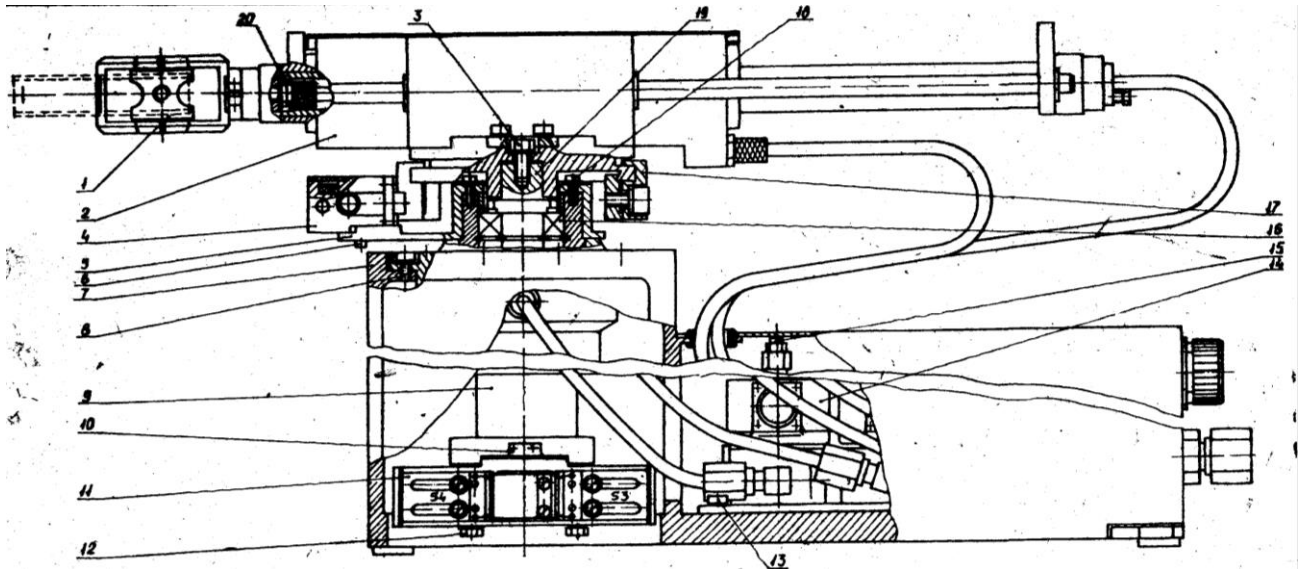


Рис. 4. Маніпулятор: 1 – захоплювач; 2 – рука; 3 – болт; 4 – амортизатор повороту; 5 – кронштейн; 6 – гвинт; 7 – корпус; 8 – гвинт; 9 – механізм підйому; 10 – планка; 11 – механізм повороту; 12 – болт; 13 – гвинт; 14 – вузол розподілу; 15 – дросель; 16 – підшипник; 17 – муфта з упорами; 18 – гвинт; 19 – вал; 20 – з'єднання пряме кінцеве.

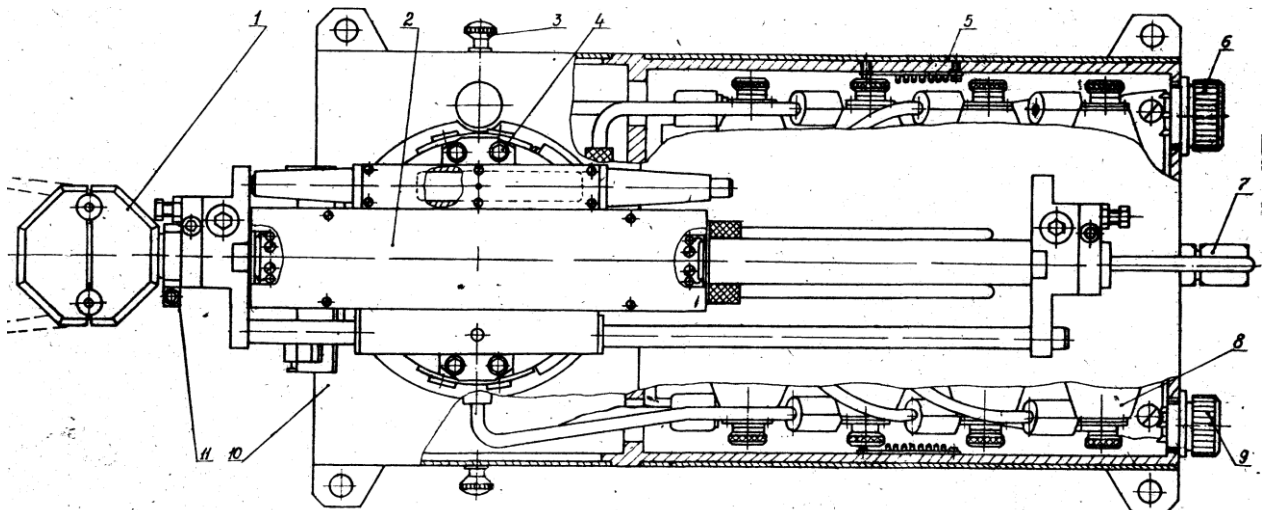


Рис. 5. Маніпулятор: 1 – захоплювач; 2 – рука; 3 – кришка; 4 – болт; 5 – кожух; 6 – штепсельний роз'єм; 7 – штуцер; 8 – вузол розподілу; 9 – штепсельний роз'єм; 10 – корпус; 11 – хомут.

2.3.2.2. Механізм підйому (рис. 6).

Механізм підйому призначений для забезпечення підйому (опускання) руки маніпулятора.

Механізм підйому складається з корпусу 6, штока 2 і кришок 8, 9 і 17. Порожнини пневмоциліндра герметизуються манжетами 7, 14 і прокладками 18.

Для покращення динаміки роботи при підніманні і опусканні штокові порожнини виконані з різними робочими площами. У середині штока на підшипниках 10 установлений вал 1 механізму повороту. На нижній частині штока є проточка і виступ, які призначені для встановлення і фіксації механізму повороту. На верхньому кінці вала 1 є лиски і різьбовий отвір, призначені для

встановлення і фіксації муфти з упорами. На верхній частині механізму підйому розміщений кронштейн, призначений для установки амортизатора повороту.

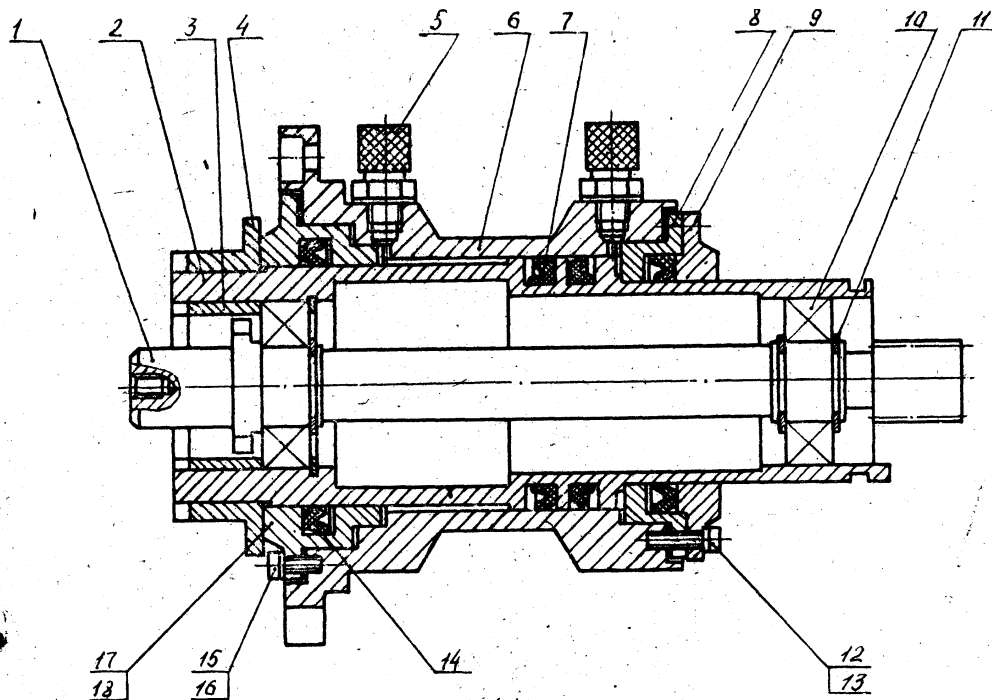


Рис. 6. Механізм підйому: 1 – вал; 2 – шток; 3 – втулка; 4 – кронштейн; 5 – з'єднання пряме кінцеве; 6 – корпус; 7 – манжета; 8 – кришка; 9 – кришка; 10 – підшипник; 11 – кільце пружинне; 12 – гвинт; 13 – шайба пружинна; 14 – манжета; 15 – гвинт; 16 – шайба пружинна; 17 – кришка; 18 – прокладка.

Розміщення упорів механізму підйому показано на рис. 7. Застосовуються два типи упорів. Упори 1 і 4 основні. Упор 6 допоміжний (регулювальний) призначений для полегшення регулювання нижнього основного упора, що знаходиться під час налагодження під дією ваги руки.

На основних упорах установлені КЕМи 12 і 17, а на кронштейні 14 – магніти 15.

Кронштейн 14 з'єднує механізм підйому з механізмом повороту і одночасно запобігає поворот останнього, взаємодіючи з направляючою 3.

Для забезпечення точності позиціонування гвинтом 13 встановлюють зазор не більше 0,05 мм.

Регулювання ходу механізму підйому проводять так:

- пересувають упори 4 і 6 на необхідний розмір, попередньо послабивши їхнє затягування до направляючої 3;
- затягують гвинт 10 упора 6;
- регулюють мікрогвинтом 7 точне положення упора 4 і затягують його гвинтом 5;
- послаблюють затяжку гвинта 2 упора 1;
- пересувають упор 1 на необхідний розмір і затягують гвинт 2.

При цьому враховують, що максимальний хід мікрогвинта 7 складає 2 мм

із контргайкою і 6 мм без неї, а необхідні при регулюванні вертикальні переміщення руки здійснюють вручну або від ЕЦПУ-6030 при тиску повітря 0,1- 0,15 МПа.

Після регулювання ходу механізму підйому проводять настроювання КЕМів, для цього:

- підводять кронштейн 14 із магнітами 15 до упора 1;
- установлюють переміщенням плати 16 і КЕМа 17, положення останнього при якому він надійно спрацьовує;
- закріплюють плату 16 гвинтами а КЕМ 17 клеєм. Аналогічно проводять установку і закріплення плати 11 і КЕМа 12.

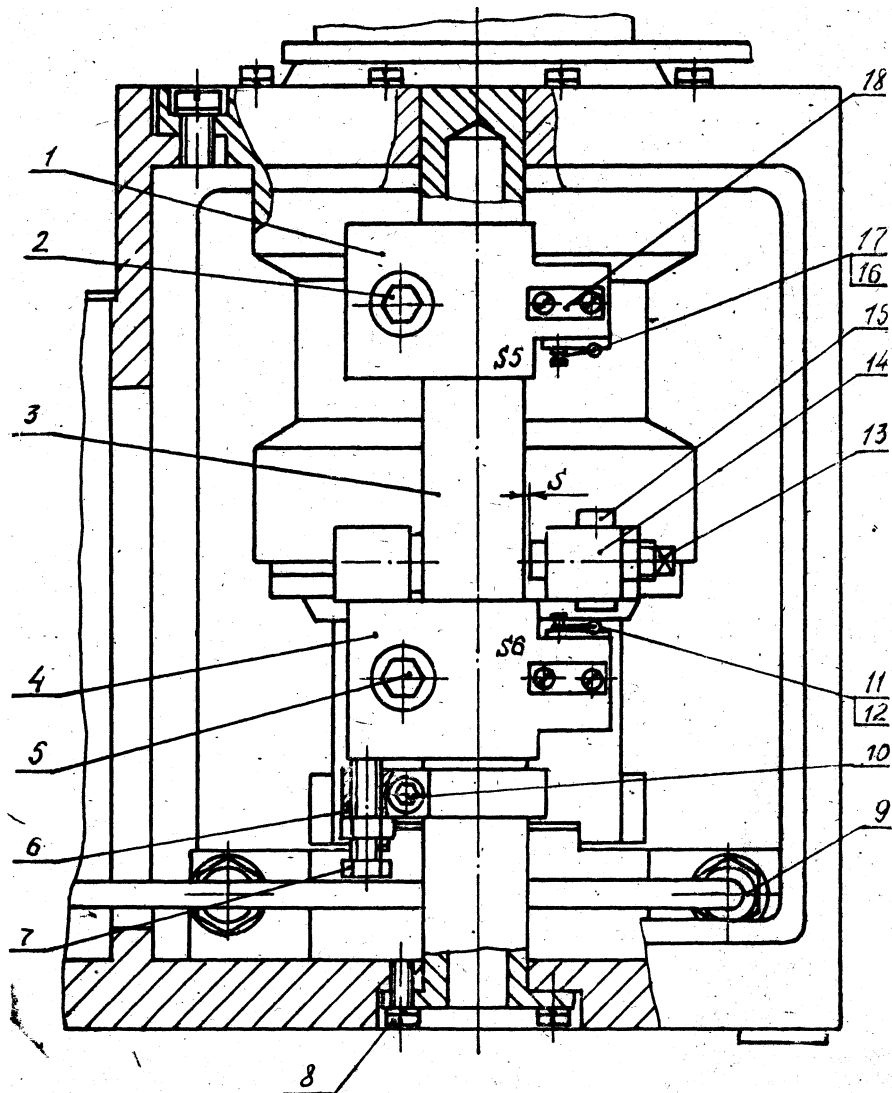


Рис. 7. Вид на упори механізму підйому: 1 – упор; 2 – гвинт; 3 – направляюча; 4 – упор; 5 – гвинт; 6 – упор регульовальний; 7 – мікрогвинт; 8 – гвинт; 9 – з'єднання пряме кінцеве; 10 – гвинт; 11 – плата; 12 – магнітокерований контакт; 13 – гвинт; 14 – кронштейн; 15 – магніт; 16 – плата; 17 – магнітокерований контакт; 18 – плата.

2.3.2.3. Механізм повороту (рис. 8).

Механізм повороту призначений для забезпечення повороту руки маніпулятора.

Механізм повороту складається з корпусу 13, у якому переміщується шток-рейка 12, ущільнена манжетами 11, фланців 1 з прокладками 2, що закривають поршневі порожнини. На рейці 12 встановлена планка 8 із магнітом 6, а на корпусі 13 встановлені планки 3 і плати 4 з КЕМами 5.

При монтуванні механізму повороту на механізмі підйому, зуби рейки 12 входять у зачеплення з валом, встановленим в штоку механізму підйому, а при подачі повітря в пневмоциліндр через отвір А поступальний рух рейки перетворюється в обертний рух. При переміщенні рейки магніт 6 підходить до КЕМу і відбувається спрацювання останнього.

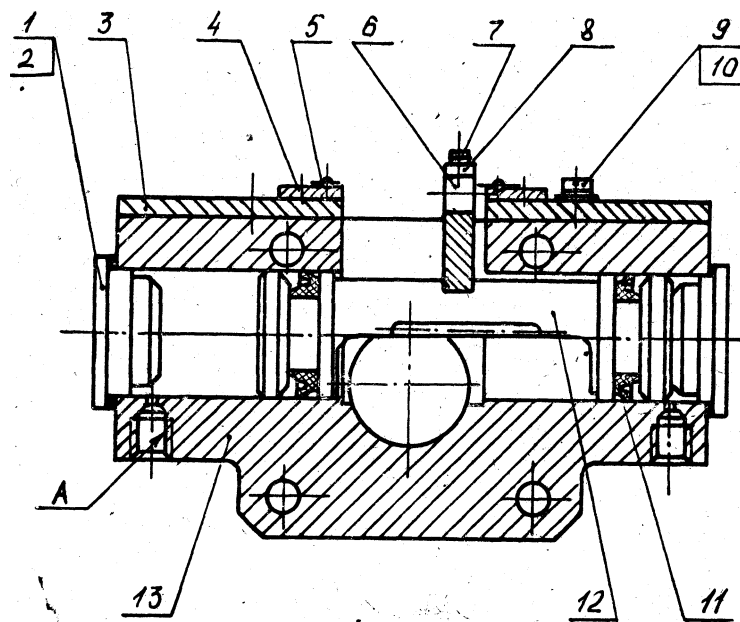


Рис. 8. Механізм повороту: 1 – фланець; 2 – прокладка; 3 – планка; 4 – плата; 5 – магнітокерований контакт (КЕМ); 6 – магніт; 7 – гвинт; 8 – планка; 9 – гвинт; 10 – шайба пружинная; 11 – манжета; 12 – рейка; 13 – корпус.

2.3.2.4. Муфта з упорами (рис. 9).

Муфта з упорами призначена для з'єднання руки з валом механізму повороту і для забезпечення регулювання кутів повороту руки. Муфта з упорами складається з муфти 1, упорів 2 і регулювальних упорів 4. При здійсненні повороту упор 2 заходить на виступ амортизатора 3 і дожимає останній до краю.

Регулювання механізму повороту зводиться до установки упорами 2 і 4 необхідного кута повороту руки в горизонтальній площині з наступним налагодженням КЕМів.

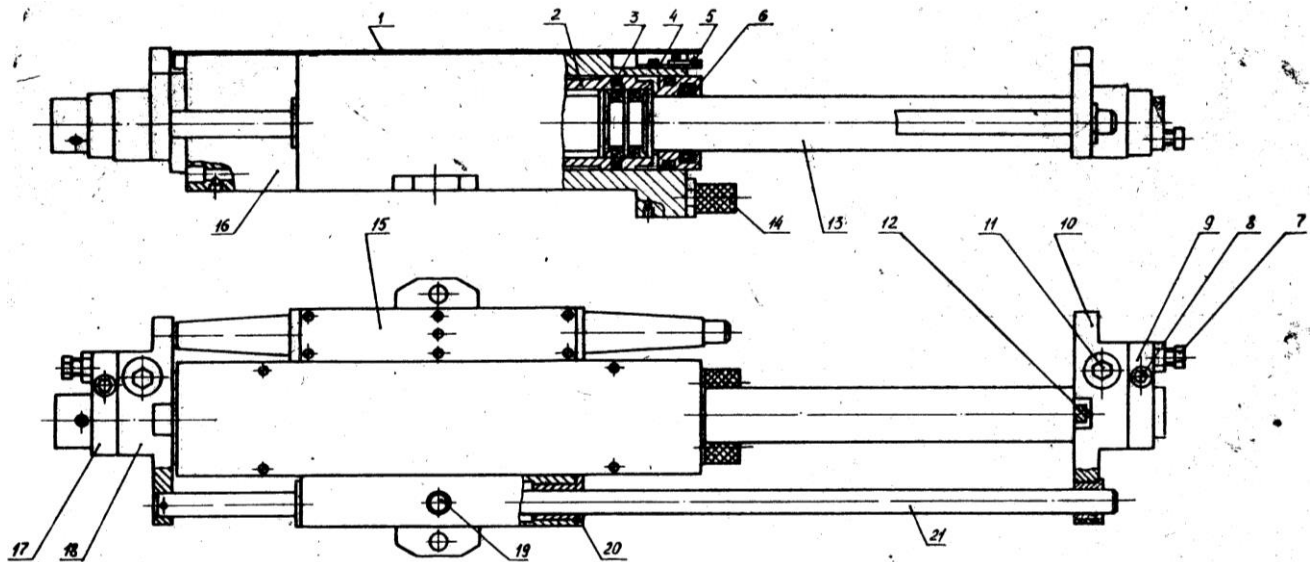


Рис. 10. Рука: 1 – кришка; 2 – гільза; 3 – кільце гумове; 4 – скоба; 5 – магнітокерований контакт (КЕМ); 6 – манжета; 7 – мікрогвинт; 8 – гвинт; 9 – упор регулювальний; 10 – упор; 11 – гвинт; 12 – магніт; 13 – шток; 14 – з'єднання пряме кінцеве; 15 – амортизатор; 16 – корпус; 17 – упор регулювальний; 18 – упор; 19 – масельничка; 20 – втулка; 21 – направляюча.

2.3.2.5. Рука (рис. 10).

Рука призначена для забезпечення висування захоплювача в робочу зону і складається з корпусу 16, штока 13, направляючої 21, основних упорів 10 і 18, регулювальних упорів 9 і 17, амортизатора 15. У корпусі встановлена ущільнена кільцями 3 гільза 2, в якій ходить шток-поршень 13, ущільнений манжетами 6. Повітря підводиться до штуцерів 14 і через канали, виконані усередині корпусу, надходить у штокові порожнини.

Направляюча 21 служить обмежувачем штока, а отже і захоплювача, від повороту. Періодичне змащування направляючих втулок 20 здійснюється через прес-масельничку 19.

Під кришкою 1 розміщені КЕМи 5 і проводи, підведені до них, а на основних упорах 10 і 18 установлені магніти 12.

При подачі повітря відбувається переміщення штока-поршня 13 разом із направляючою 21 і упорами 9, 10, 17, 18.

Упор 10 заходить на амортизатор, втискує шток амортизатора 15 до краю. Одночасно магніт 12 підходить до КЕМу 5, останній спрацьовує і видає сигнал про виконання команди.

Регулювання руки зводиться до установки упорами 9, 10, 17 і 18 необхідної величини висування штока.

2.3.2.6. Амортизатор руки (рис. 11).

Амортизатор руки призначений для забезпечення плавного гальмування рухомих елементів руки при виході на упор.

Амортизатор складається з корпусу 13, у якому встановлені два притертих і додатково ущільнених гумовими кільцями штоки 1, із регулювальної голки 10, притертого стержня 12, втулок 5 і 7, ущільнених кільцями 6 і фланців 8. Під кришкою 3 розміщений заповнений маслом живильний резервуар А.

При переміщенні штока 1 спочатку відбувається перекриття отвору, що з'єднує живильний резервуар із штоковою порожниною, а потім відсічений об'єм масла по каналі, задросьельованому голкою 10, передавлюється в протилежну штокову порожнину, що утворилася при висуванні протилежного штока 1. При повному вдавлюванні штока 1 відбувається перекачування масла в протилежну порожнину, повне висування протилежного штока 1 і з'єднання утвореної штокової порожнини з підживлюючим резервуаром А. Наявність підживлюючого резервуара дозволяє компенсувати можливі втрати масла і забезпечує надійну роботу амортизатора.

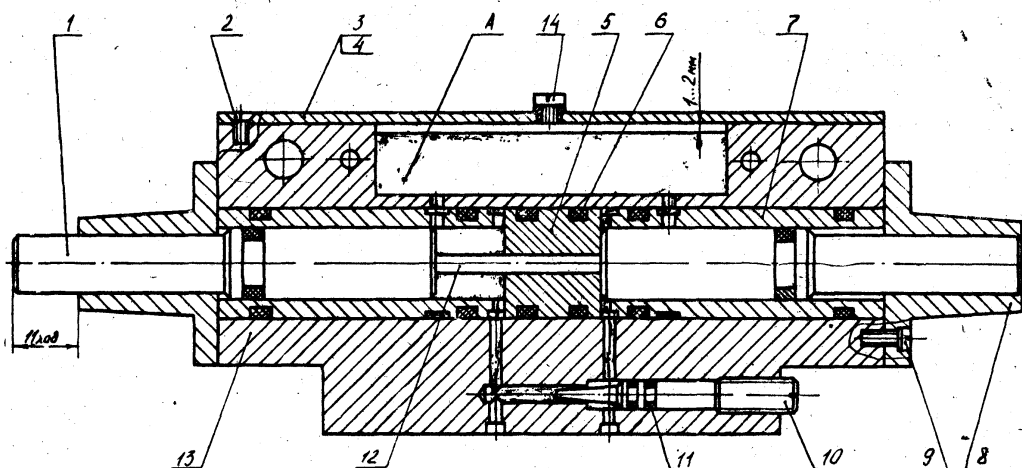


Рис. 11. Амортизатор руки: 1 – шток; 2 – гвинт; 3 – кришка; 4 – прокладка; 5 – втулка; 6 – кільце гумове; 7 – втулка; 8 – фланець; 9 – гвинт; 10 – голка; 11 – кільце гумове; 12 – стержень; 13 – корпус; 14 – гвинт.

Підживлюючий резервуар А заповнюється індустріальним маслом И-20А ГОСТ 20799-75. Верхній рівень масла повинен бути на 1-2 мм нижчим площини корпусу, а нижній рівень – повинен бути на 1-3 мм вище площини днища резервуара. Після заповнення амортизатора маслом здійснюється видалення повітря з внутрішніх об'ємів шляхом прокачування, тобто переміщенням штоків добиваються припинення виділення повітряних бульбашок. Після прокачування доливають масло до необхідного рівня.

Регулювання амортизатора зводиться до забезпечення плавного гальмування, для чого встановлюють необхідне прохідне січення голкою 10.

2.3.2.7. Амортизатор повороту (рис. 12).

Амортизатор повороту призначений для забезпечення плавного гальмування обертових елементів механізму повороту. Амортизатор повороту по виконанню, роботі і експлуатації аналогічний амортизатору руки, описаному в п. 3.2.6. Відмінність тільки в тому, що штоки 10 пов'язані між собою скобою 1, що має виступ, який при повороті руки взаємодіє з упорами.

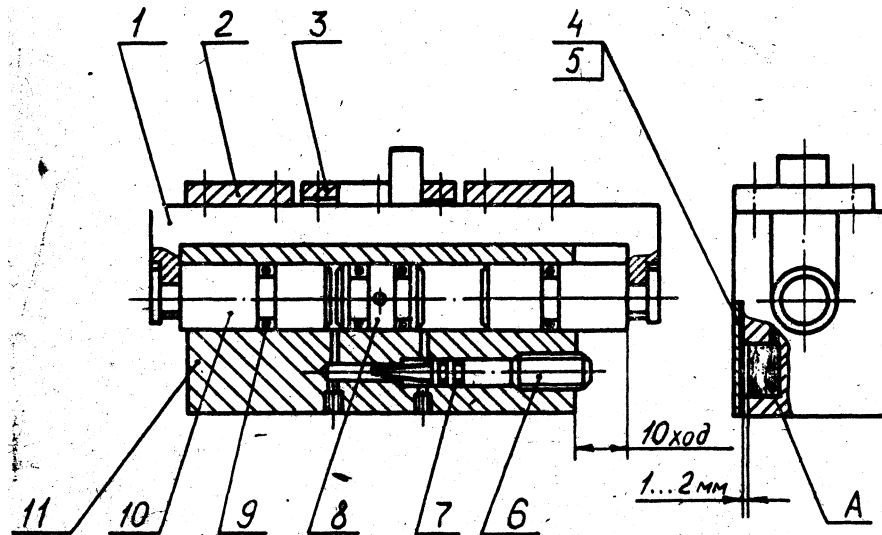


Рис. 12. Амортизатор повороту: 1 – скоба; 2 – пластина; 3 – накладка; 4 – кришка; 5 – прокладка; 6 – голка; 7 – кільце гумове; 8 – пробка; 9 – кільце гумове; 10 – шток; 11 – корпус.

3. Хід роботи

1. Вивчити принцип роботи і будову живильного механізму та промислового робота МП-9С використовуючи опис і реальну конструкцію. При вивченні конструкції необхідно зняти кожух і бокові кришки маніпулятора, а також захисні кожухи механізму живлення.
2. Визначити місця встановлення основних вузлів маніпулятора та механізму живлення.
3. Вивчити принцип роботи і конструкцію приводів лінійного переміщення стола живильного механізму та виконавчого органу промислового робота МП-9С. Звернути увагу на розташування демпферів, вивчити конструкцію дроселів і спосіб їх регулювання.
4. Вивчити принцип роботи і конструкцію механізмів підйому і повороту виконавчого органу промислового робота МП-9С.
5. Вивчити конструкцію електромагнітного захоплюючого пристрою використовуючи креслення (рис. 1) і реальну конструкцію.
6. При відсутності подачі повітря в пневмосхему оцінити вручну рухомість виконавчого органу робота при висуненні, підйомі і повороті, зусилля руху з початкового положення.
7. Схематично зарисувати компоувальну схему РТК завантаження

технологічного обладнання.

8. Визначити кількість степеней рухомості промислового робота і встановити в якій системі координат він працює.
9. Зобразити на компоувальній схемі РТК завантаження технологічного обладнання робочу зону промислового робота і вказати її розміри. Для визначення розмірів робочої зони необхідно зробити заміри величин лінійного і кутового переміщення рухомих ланок промислового робота.
10. Зобразити кінематичні схеми живильного механізму та промислового робота. На кінематичній схемі зобразити місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів РТК та місця кріплення демпфуючих пристроїв.
11. Зобразити пневматичну схему живлення приводів механізму живлення та промислового робота.
12. Вивчити послідовність роботи (рухів ланок промислового робота, спрацювання електромагнітного захоплювача, завантажувальних рухів стола живильного механізму) окремих елементів РТК. Зобразити алгоритм роботи РТК.
13. Оцінити час необхідний на виконання робочих рухів окремих елементів РТК. Зобразити циклограму роботи РТК.

4. Звіт по роботі

Звіт повинен містити:

1. Основні відомості по РТК завантаження технологічного обладнання;
2. Висновки по пунктах 1...6, 8 ходу роботи;
3. Компоувальну схему РТК завантаження технологічного обладнання на якій повинна бути зображена робоча зона промислового робота та вказані її розміри;
4. Кінематичні схеми живильного механізму та промислового робота, на якій повинні бути зображені місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів РТК та місця кріплення демпфуючих пристроїв;
5. Пневматичну схему живлення приводів механізму живлення та промислового робота;
6. Алгоритм та циклограму роботи РТК.

5. Контрольні запитання

1. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості живильного механізму.
2. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості пневмоприводів лінійного і обертового руху виконавчого пристрою робота МП-9С.
3. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості гідравлічних демпферів для амотизації поступальних і обертових рухів виконавчого пристрою промислового робота.

4. Вказати способи регулювання швидкості руху ланок пневматичних приводів живильного механізму та промислового робота.
5. Вказати негативні фактори, які впливають на роботу РТК викликані недостатнім демпфуванням руху виконавчого пристрою робота.
6. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості датчиків кінцевого положення виконавчих елементів живильного механізму і промислового робота.
7. Обґрунтувати у яких технологічних процесах допускається застосування циклових робіт.

Лабораторна робота №2. Вивчення системи керування РТК на базі промислового робота МП-9С

Мета роботи: вивчення принципу дії циклової системи програмного керування РТК завантаження штампувального обладнання; вивчення складу пристрою ЭЦПУ-6030, принципів його функціонування при реалізації різноманітних режимів і команд; освоєння методики програмування і придбання практичних навичок настроювання роботи РТК завантаження штампувального обладнання по заданій програмі.

1. Опис електронного циклового програмного пристрою ЭЦПУ-6030

Пристрій ЭЦПУ-6030 [1-3] призначений для керування маніпуляторами, що мають двохпозиційні ступені стану із позиціонуванням по упорах, а також відповідним технологічним обладнанням при автоматизації серійного виробництва. Конструкція пристрою виконана у вигляді настільного пульта.

Технічна характеристика пристрою ЭЦПУ-6030

Тип системи керування	циклова
Число керованих ланок маніпулятора	до 6
Число ланок, керованих по шляховому принципі	4
Число ланок, керованих по шляховому і по часовому принципі	2
Число точок зупинок керованої ланки	2
Число технологічних команд	6
Число блокувань	до 4
Число програмованих витримок часу	1
Діапазон регулювання програмованої витримки часу	від 0 до 0,7 с
Число кадрів програми	до 30
Число виходів керування ланкою маніпулятора	2
Пристрій забезпечує цифрову індикацію номера кадру програми	
Елементна база – мікросхеми серії К-155	

На рис. 1 показаний основний функціональний склад пристрою ЭЦПУ-6030 і характерні зв'язки між вузлами і блоками. Він побудований за принципом синхронного програмного автомата з жорстким циклом керування і складається з таких основних вузлів і блоків:

- блок керування, призначений для обробки інформації заданої програмою і видачі керуючих сигналів на маніпулятор і технологічне обладнання;
- пульт керування забезпечує задання режимів роботи пристрою, виконання операцій вмикання-вимикання живлення, запуску в роботу, а також ручне керування ланками маніпулятора;
- програмоносій, призначений для набору і збереження необхідної програми роботи РТК;
- блок підсилювачів забезпечує видачу керуючих команд на розподільники

- маніпулятора і технологічне обладнання;
- блок живлення забезпечує живлення електронного обладнання, датчиків маніпулятора і технологічного обладнання.



Рис. 1. Структурна схема пристрою ЭЦПУ-6030

Блок керування формує команди керування виконавчими органами маніпулятора і технологічного обладнання на основі інформації, що надходить від програмоносія, сигналів від датчиків положення ланок маніпулятора і стану керуючих органів на пульті керування.

Пульт керування призначений для оперативного керування пристроєм і відображення стану РТК.

З пульта керування можна задати один із наступних режимів роботи пристрою: РУЧНИЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.

У режимі РУЧНИЙ команди на маніпулятор задаються з пульта керування і надходять на блок підсилювачів і далі на маніпулятор для керування його рухомими органами. Контроль положення виконавчих органів маніпулятора здійснюється за допомогою табло індикації стану ланок маніпулятора.

У режимі КОМАНДА пристрій забезпечує відпрацювання одного кадру програми, набраної на програмоносії. Після відпрацювання команд, заданих у кадрі, відбувається зупинка пристрою.

У режимі ЦИКЛ пристрій забезпечує однократне відпрацювання всіх кадрів програми.

У режимі АВТОМАТ пристрій забезпечує багатократне відпрацювання робочого циклу РТК.

При натисканні кнопки режиму РУЧНИЙ на ланку маніпулятора видається команда, мнемонічне зображення якої нанесено на табло над кнопкою, табло при цьому загоряється.

Кнопка ПУСК функціонує тільки в режимах АВТОМАТ, ЦИКЛ і КОМАНДА. При натисканні на цю кнопку пристрій починає працювати по програмі, одночасно загоряється табло РАБОТА.

Кнопка СТОП служить для зупинки працюючого по програмі пристрою. При натисканні на цю кнопку табло РАБОТА гасне (живлення пристрою не виключається).

Кнопка СБРОС СЧК (лічильника кадрів) використовується для попередньої установки лічильника кадрів у початковий стан.

Кнопка +1СЧК використовується для зміни стану СЧК.

Кнопка СЕТЬ призначена для вмикання живлення.

При роботі РТК по програмі на табло індикації висвічується текучий номер виконуваного кадру.

У верхній частині пристрою розташована червона кнопка аварійного вимикання пристрою.

Розглянемо особливості вузлів пристрою.

Структурна схема блоку керування показана на рис. 2. Блок керування складається з вузлів керування 1 і 2 і вузла узгодження.

Вузол керування 1 містить такі функціональні схеми:

- лічильник кадрів;
- дешифратор вибірки кадрів;
- схему завадозахисту лічильника кадрів;
- схему пуску-зупинки;
- схему відпрацювання команд ПРОПУСК, ПЕРЕХІД.

Лічильник забезпечує прийом 6-розрядного коду номера кадру. З пульта керування можна задавати номер кадру кнопками СБРОС СЧК і +1СЧК, за допомогою котрих можна відповідно привести в нульовий стан вміст лічильника або збільшити його на 1. На пульті керування висвічується номер кадру. Схема відпрацювання команд ПРОПУСК і ПЕРЕХІД формує необхідний вміст лічильника. Скидання лічильника в режимі АВТОМАТ здійснюється схемою пуску-зупинки. У режимах АВТОМАТ і ЦИКЛ із схеми завадозахисту лічильника кадрів надходять сигнали, які збільшують вміст лічильника на 1.

До складу лічильника входять лічильники числа одиниць і десятків.

Дешифратор вибірки кадрів забезпечує вибірку команд із програмоносія відповідно до текучого номера кадру при наявності сигналу підтвердження.

Схема завадозахисту лічильника кадрів служить для уникнення вібрації контактів давачів маніпулятора і технологічного обладнання, що може призвести до помилкового спрацювання лічильника.

Схема пуску-зупинки забезпечує запуск і зупинку пристрою у всіх режимах роботи. Основним елементом схеми є тригер, що знаходиться в стані 1 при роботі пристрою по програмі і скидається в 0 при зупинці програми. Установка тригера в 1 здійснюється від кнопки ПУСК. Скидання тригера (установка нуля) здійснюється в двох випадках:

- 1) при зчитуванні команди ЗУПИНКА;

2) у режимі КОМАНДА після виконання кожного кадру програми.

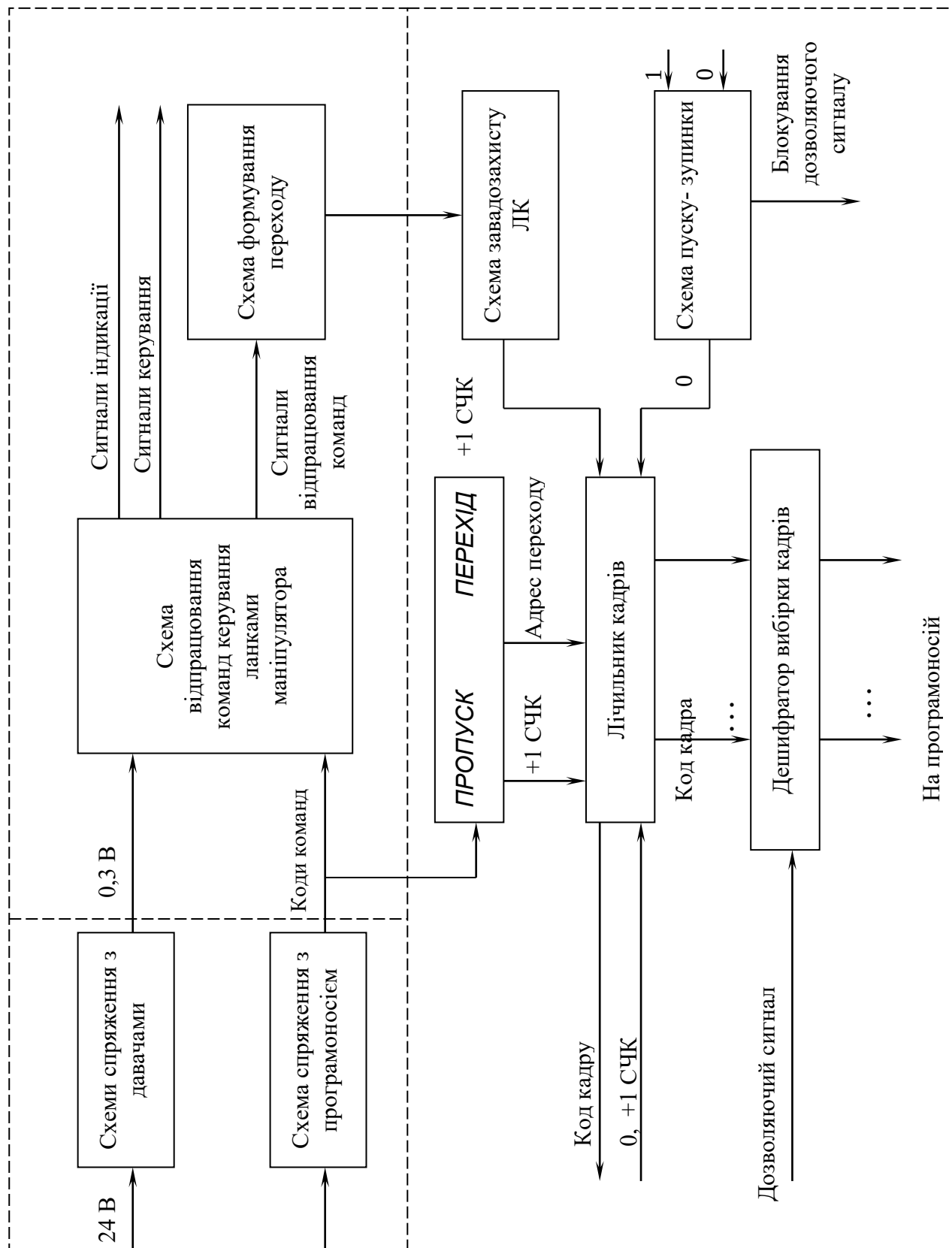


Схема відпрацювання команд ПРОПУСК і ПЕРЕХІД. По команді ПРОПУСК при відсутності сигналу -24 В на вході УСЛ ПРОП здійснюється

пропускання однієї команди, а при наявності сигналу на вході УСЛ ПРОП – перехід до наступної команди. Дозволяючий сигнал на дешифратор у першому випадку подається після збільшення вмісту лічильника на **2**, у другому – на **1**. По команді ПЕРЕХІД при відсутності сигналу на вході УСЛ ПРОП здійснюється перехід до кадру, номер якого реалізований схемним шляхом, а при наявності сигналу – перехід до наступного кадру програми.

Вузол керування 2 містить у собі такі схеми:

- відпрацювання команд керування ланками маніпулятора;
- відпрацювання технологічних команд;
- відпрацювання команд опитування давачів;
- відпрацювання команди витримки часу;
- відпрацювання команд ЗУПИНКА і КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ;
- формування сигналу переходу до наступного кроку.

Схема відпрацювання команд керування ланками маніпулятора забезпечує запам'ятовування команди, формування керуючого сигналу і видачу сигналу про відпрацювання команди. На рис. 3 приведена структурна схема відпрацювання команд керування ланками маніпулятора. Схема складається з регістра стану ланок, схеми опитування давачів, дешифратора команд і формувача витримки команд.

Регістр стану ланок складається із шести тригерів, на яких може запам'ятовуватися стан шести ланок маніпулятора. Інформація, що зберігається в регістрі, висвічується на пульті керування ланками маніпулятора. У випадку, коли пристрій керує роботом МП-9С, стан маніпулятора визначається чотирма ланками. Кожна ланка може знаходитися в одному із двох станів, наприклад: підключений або відключений електромагнітний захоплювач, висунутий або не висунутий виконавчий пристрій і т.д.

У дешифраторі команд код команди, що надходить із схеми спряження, перетворюється в логічний **0** на однім із виходів. З дешифратора надходить сигнал логічного **0** на підсилювач, що відповідає керованій ланці.

Схема опитування давачів приймає інформацію з давачів, установлених на ланках маніпулятора, опрацьовує її і видає керуючий сигнал на схему формування переходу. Відпрацьовування команди ЗАХОПЛЕННЯ може здійснюватися як по сигналу з давача, встановленого на захоплюючому пристрої, так і по витримці часу. Вибір режимів відпрацьовування захоплюючого пристрою здійснюється перемикачами ЗВ5В і ЗВ6В; регулювання витримки часу – підналагоджуванням потенціометру РЕГУЛИРОВКА ВВ1. Після того як витримка часу, необхідного для надійного спрацьовування захоплюючого пристрою, реалізована на формувачі витримки команд, можна переходити до наступного кадру програми.

Схема відпрацювання технологічних команд (рис. 4) забезпечує видачу керуючих сигналів на супутнє технологічне (до 6 одиниць) обладнання, наприклад вимикання штампа, після завершення циклу роботи маніпулятора в зв'язку з відсутністю деталей в магазинах живильника. У кадрі програми може записуватися одна технологічна команда. Підтвердження відпрацювання

технологічних команд може здійснюватися як по витримці заданого інтервалу часу, так і по сигналу з давача, встановленого на технологічному обладнанні.

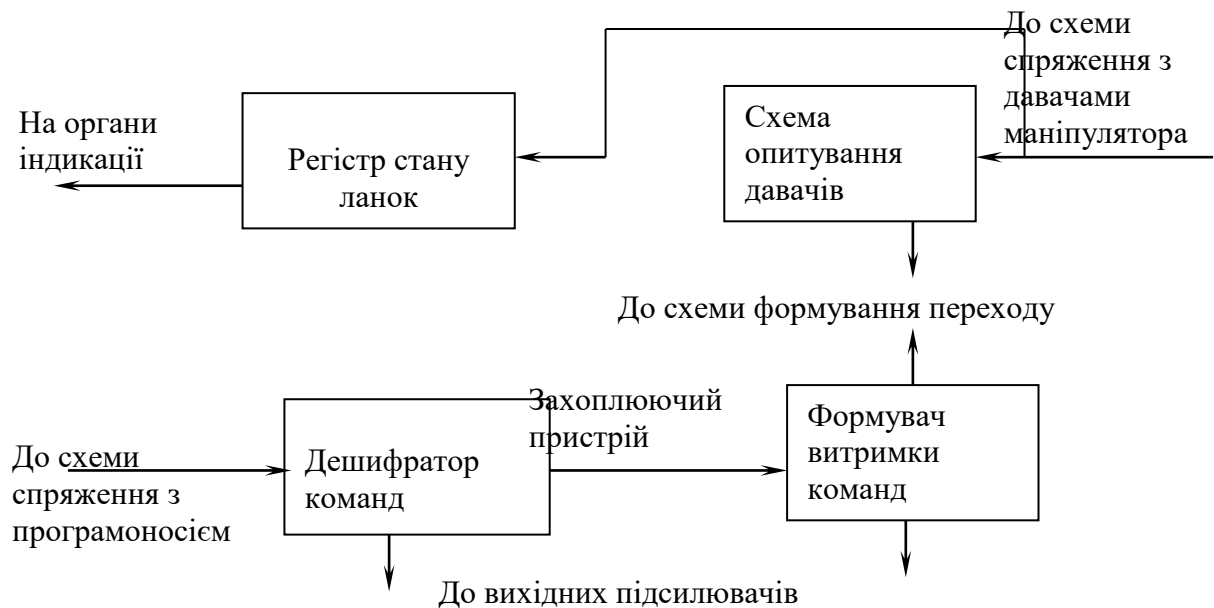


Рис. 3. Структурна схема відпрацювання команд керування

На рис. 5 приведена схема відпрацювання технологічних команд по сигналах з давачів. Схема видачі технологічної команди дешифрує код команди, що надходить із програмоносія, і формує керуючі сигнали для технологічного обладнання. Після відпрацювання технологічним обладнанням керуючого сигналу на схему надходять сигнали з давачів.

Схема опитування давачів формує сигнал для переходу до слідуючого кадру програми при наявності сигналів із давачів. На оберненій стороні панелі пристрою встановлені перемикачі ТК 1,2; ТК 3,4; ТК 5,6. Перемикачі ТК встановлюють режими відпрацювання одночасно двох технологічних команд. У верхньому положенні перемикачів команди відпрацьовуються по відповідних сигналах із давачів, у нижньому – по часу.

На рис. 6 приведена схема відпрацювання технологічних команд по часу. У даному режимі сигнал підтвердження відпрацювання технологічної команди формується після тимчасової витримки, що задається потенціометром РЕГУЛИРОВКА ВВ2.

Схема відпрацювання команд опитування давачів дозволяє істотно розширити функціональні можливості маніпулятора. Команда опитування давача записується в кадрі разом із командою керування одним із ланок на нижньому полі програмоносія. При надходженні сигналу з давача, встановленого в проміжному положенні на ланці маніпулятора, вміст лічильника кадрів збільшується на 1 і здійснюється перехід до наступного кадру програми, що дозволяє обходити перешкоди в зоні роботи маніпулятора.

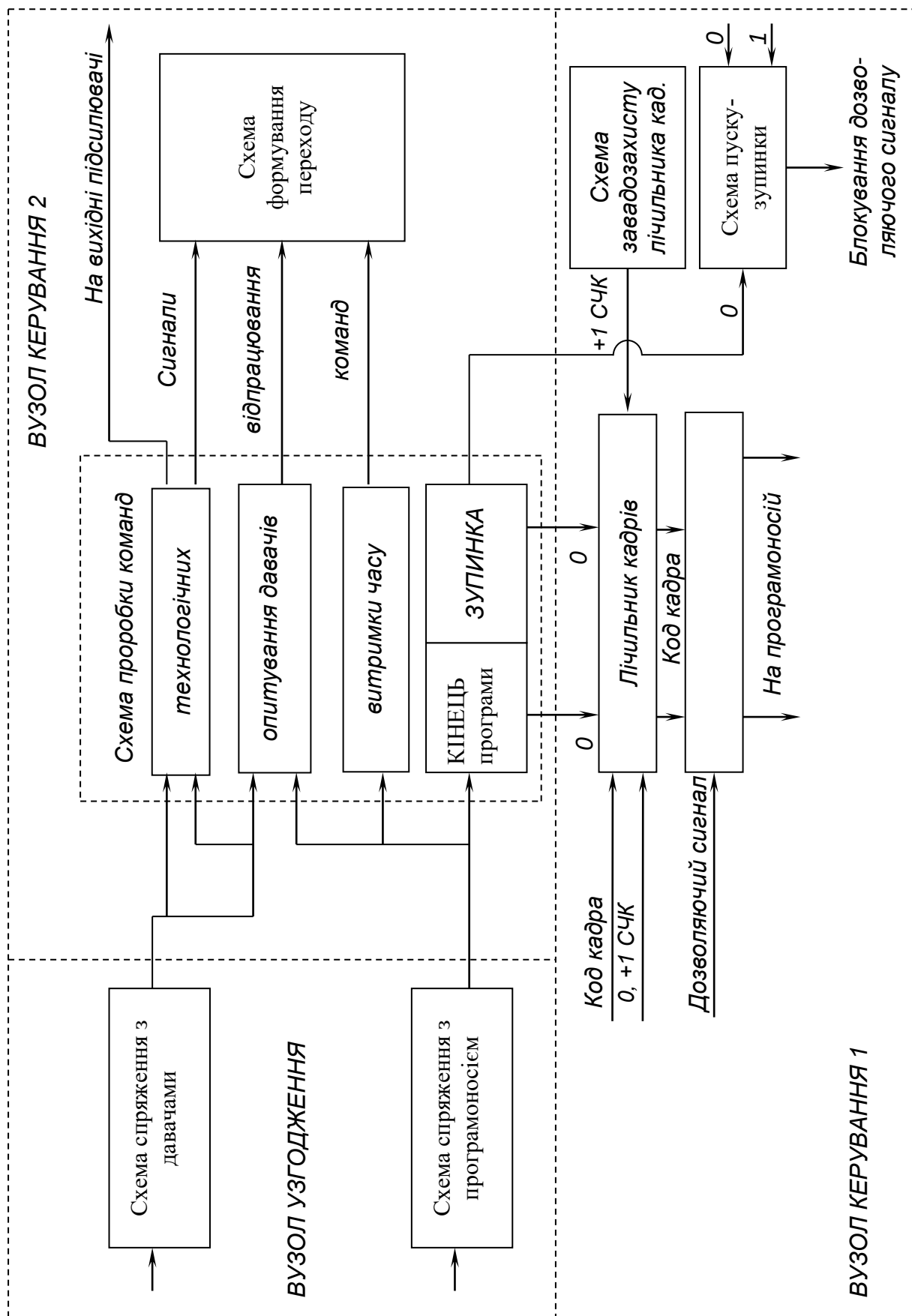


Рис. 4. Структурна схема блоку керування при відпрацюванні технологічних команд

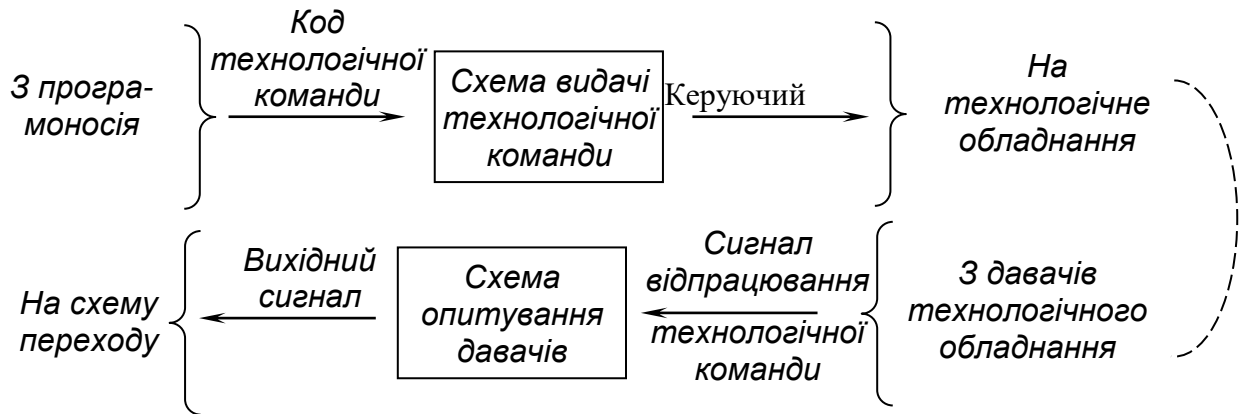


Рис. 5. Схема відпрацювання технологічних команд по сигналу з датчиків

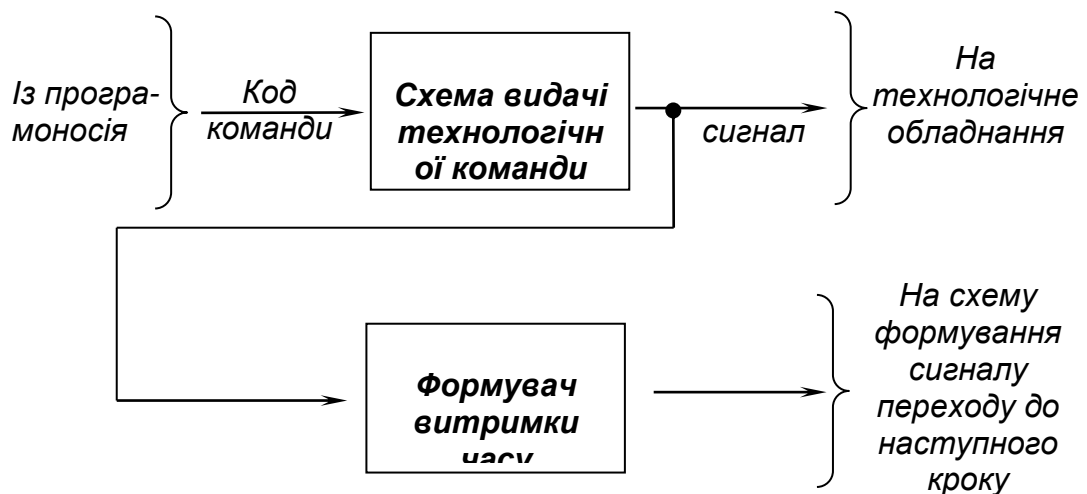


Рис. 6. Схема відпрацювання технологічних команд по часу

Схема відпрацювання команди ВІТРИМКА ЧАСУ забезпечує тимчасову затримку для синхронізації роботи маніпулятора, живильника та штапувального обладнання, і призначена для того, щоб перехід до наступного елемента руху починався після згасання вібрацій, що виникають наприкінці руху руки маніпулятора. Схема затримки побудована на *RC* ланках.

Схема відпрацювання команд ЗУПИНКА, КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ. По команді ЗУПИНКА тригер схеми пуску-зупинки скидається в 0, і маніпулятор зупиняється. Команда ЗУПИНКА, включена в програму після команди ПРОПУСК, може використовуватися для припинення роботи після приходу сигналу з датчика, встановленого на зовнішньому обладнанні (наприклад, живильнику).

Команда КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ може використовуватися для зациклювання програми. По цій команді лічильник кадрів скидається в нульовий стан, і програма виконується знову.

Схема формування сигналу переходу забезпечує об'єднання по АБО сигналів відпрацювання всіх команд і формування сигналу прибавлення 1 у лічильник команди (+1СЧК) після відпрацювання будь-якої команди, а також

при натисканні кнопки +1СЧК на пульті керування (див. рис. 4).

Вузол узгодження складається зі схем сполучення з давачами і програмоносієм (див. рис. 2).

Схема спряження з давачами забезпечує узгодження рівнів сигналів давачів із рівнями логічних сигналів пристрою. Сигнал із давача з рівнем -24 В відповідає рівню $-0,3\text{ В}$ (логічний **0**) в пристрої керування.

У схемі з'єднання з програмоносієм є 20 діодно-резисторних комірок, сполучених із відповідними контактами перемикачів програмоносія. Комірки формують логічні **0** і **1** на відповідних виходах. Ці сигнали подаються на дешифратори кодів команд, що входять до складу схем відпрацювання команд. Виходи всіх комірок програмоносія, що відповідають однаковим позиціям перемикачів, з'єднані по схемі АБО. У блоці дешифраторів в залежності від коду команди на вході подається низький потенціал на вихід, що відповідає реалізованій команді.

Блок підсилювачів призначений для видачі керуючих команд на ланки маніпулятора і технологічне обладнання. Блок перетворює сигнали логічних **0** і **1**, що надходять із блока керування, у сигнали, що управляють електромагнітами маніпулятора і технологічного обладнання.

Блок живлення призначений для перетворення змінної напруги (220 В , 50 Гц) у постійні стабілізовані напруги (5 В ; $6,3\text{ В}$; -24 В), необхідні для живлення електронного обладнання програмного пристрою, керування електромагнітами маніпулятора і технологічного обладнання.

2. Принципи програмування МПЦУ-6030

Програмоносій побудований на базі багатопозиційних перемикачів, згрупованих у два набірних поля по 30 штук у кожному. Кожна з 30 комірок програмоносія складається з двох перемикачів (верхнього і нижнього). Програмоносій виконує функції вводу, збереження інформації, а також функції комутатора. Кадр програми набирається на двох 10-позиційних перемикачах. Кожній позиції перемикача відповідає визначений вихід програмоносія. У залежності від положення перемикачів комутуються два з 20 виходів комірок, на які у вузлі узгодження подаються логічні **0**, а на інші виходи – **1**. Визначення коду стану комірки (кадру програми) здійснюється подачею **0** з одного з виходів дешифратора вибірки кадрів на контакти необхідної комірки.

Програма складається по циклограмі роботи робота, живильника та штампувального обладнання, і розбивається по кроках. Максимальне число кроків робочого циклу (а відповідно і програми) – 30. Програмоносій, на якому набирається програма, виконаний у виді двох набірних полів багатопозиційних перемикачів по 30 шт. у кожному полі (число кроків програми).

Система команд пристрою ЕЦПУ-6030 приведена в табл. 1.

Наявність верхнього і нижнього полів програмоносія дозволяє виконувати одну або дві команди. Якщо в кадрі при програмуванні відповідна команда набирається на верхньому полі програмоносія, а на нижньому полі замість знака * встановлюється цифра **0**, то даний кадр складається з однієї команди. Кадр також складається з однієї команди, якщо на верхньому полі

замість знака * встановлюється цифра 0.

Кадр спільного відпрацювання формується з двох команд. Вони набираються в одному кроці на верхньому і нижньому полях. Перехід до такого кроку відбувається тільки після відпрацювання команд керування ланками маніпулятора, набраних на програмоносії.

Таблиця 1

Номер коман-ди	Назва команди		Код кадру	
			верхнє поле	нижнє поле
1	Рух виконавчого пристрою вперед		1	*
2	Рух виконавчого пристрою назад		2	*
3	Поворот вправо		3	*
4	Поворот вліво		4	*
5	Підйом вгору		*	1
6	Рух вниз		*	2
7	Живлення електромагнітного захоплювача увімкнено		*	5
8	Живлення електромагнітного захоплювача вимкнено		*	6
9	Технологічна команда 1		9	1
10	Те ж, 2		9	2
11	» , 3		9	3
12	» , 4		9	4
13	» , 5		9	5
14	» , 6		9	6
15	Витримка часу		*	9
16	Пропуск		9	7
17	Перехід		9	8
18	Зупинка		9	9
19	Кінець програми		0	0

Технологічна команда – команда управління технологічним обладнанням. В кадрі програми може бути набрана тільки одна технологічна команда.

Команда ВИТРИМКА ЧАСУ служить для введення затримки між кроками програми. В цьому випадку в коді команди замість значка * набирається цифра 0. С допомогою команди ВИТРИМКА ЧАСУ може бути реалізований і режим сумісного відпрацювання команд, в якому одна команда починає відпрацьовуватися після заданого часу (в залежності від того, скільки

раз був набраний код 09) після початку іншої.

Команда ПРОПУСК служить для організації пропуску одного кадру програми при виконанні зовнішньої умови. У випадку якщо не приходить сигнал з давача, встановленого на зовнішньому обладнанні, пристрій переходить до виконання кадру, записаного на $(i+1)$ -му кроці (на i -му кроці – ПРОПУСК). Якщо зовнішня умова виконується, тобто присутній сигнал -24 В, то пропуск кадру не відбувається.

Команда ПЕРЕХІД служить для організації умовного переходу до фіксованого кроку з довільного місця програми. Умовний перехід виконується при відсутності на вході пристрою -24 В; якщо сигнал -24 В присутній, то перехід не виконується, і пристрій переходить до виконання кроку, який слідує за командою ПЕРЕХІД.

Команда ЗУПИНКА служить для зупинки пристрою, що працює по програмі. Команда КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ служить для зациклювання програми роботи РТК. При виконанні цієї команди лічильник кадрів скидається в вихідний нульовий стан, після чого виконання набраної програми повторюється.

В режимі ЦИКЛ, крім цього, при виконанні команди КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ відбувається зупинка пристрою.

Для набору режимів роботи слід скласти програму, приклад якої приведений в табл. 2.

Налагодження програми здійснюється послідовно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ і АВТОМАТ при включеному пристрої. Перед початком відладки необхідно ланки маніпулятора і живильника вивести у вихідне положення в режимі РУЧНИЙ.

Таблиця 2

Номер кроку	Код кадру	Назва команд в кадрі
0	11	Вперед. Підйом
1	05	Спрацювання захоплюючого пристрою

В режимі КОМАНДА, встановлюючи лічильник в нульовий стан кнопкою СБРОС СЧК і натискуючи послідовно на кнопку ПУСК, відпрацювати всю програму. Потім програму перевірити в режимах ЦИКЛ і АВТОМАТ.

3. Експлуатація пристрою ЭЦПУ-6030

При вмиканні живлення ланки маніпулятора і живильника автоматично встановлюються в положення, яке відповідає показам в нижньому ряду табло індикації стану ланок маніпулятора та обладнання. Щоб уникнути небажаних переміщень при включенні живлення, ланки маніпулятора і живильника перед включенням мережі необхідно вручну вивести в вихідне положення згідно табло індикації стану ланок і обладнання.

Пристій приводиться в робочий стан у слідуючому порядку:

- натисненням кнопки СЕТЬ включити живлення;

- встановити режим роботи РУЧНИЙ і с допомогою кнопок ручного керування вивести ланки маніпулятора і живильника у вихідний стан;
- встановити режим роботи АВТОМАТ;
- натиснути кнопку СБРОС СЧК;
- натиснути кнопку ПУСК. При цьому РТК почне функціонувати по програмі;
- перед зупинкою пристрою встановити режим роботи ЦИКЛ. РТК допрацьовує останній цикл і зупиняється, маніпулятор рухається у вихідний стан;
- виключити живлення пристрою натисненням кнопки аварійного виключення живлення.

4. Програма виконання роботи

1. Вивчити функціональну схему, принцип дії і конструктивні особливості системи управління.

2. Візуально освоїти систему управління ЕЦПУ-6030. Оглянути пульт керування. Точно знати функціональне призначення кожної клавіші і покази табло пульта управління.

3. Ззовні оглянути робот МП-9С і живильник з магазинами. Вивчити напрямки переміщення ланок маніпулятора і живильника (рухаючи їх вручну).

Відзвітуватися перед викладачем в знаннях функціонального призначення керуючих органів – пульта керування системи ЕЦПУ-6030.

У відповідності з розділом «Експлуатація пристрою ЕЦПУ-6030» практично вивчити всі режими роботи системи керування. В режимі РУЧНИЙ здійснити відпрацювання всіх команд управління РТК.

4. Скласти алгоритм функціонування РТК, як це показано в табл. 2. Число кроків повинно бути не менше 7 і не більш 15. Записати в кожному кроці код кадру, що відповідає словесному опису алгоритму. Програма повинна бути оформлена у вигляді таблиці (аналогічно табл. 2).

Набрати програму на програмоносії. Налаштування програми зробити послідовно в режимах КОМАНДА, ЦИКЛ і АВТОМАТ.

Продемонструвати викладачу функціонування РТК по складеній програмі. За вказівкою викладача, скориставшись командами 15, 16, 17, 18 (однією або декількома) із табл. 1, ускладнити програму. Модифіковану програму відлагодити і знову продемонструвати викладачу.

5. Відповідно до варіанту, запропонованого викладачем, скласти алгоритм роботи пристрою при виконанні різноманітних команд і режимів. Варіанти завдань приведені в табл. 3.

Таблиця 3

Номер варіанту	Завдання (назва команди або режиму)
1	2
1	2
1	Вверх. Пропуск
2	Команда. Автомат
3	Цикл. Перехід
4	Ручне управління. Кінець програми
5	Опитування давачів. Витримка часу
6	Зупинка
7	Технологічна команда

5. Звіт по роботі

Звіт повинен містити:

- 1) схему пристрою ЭЦПУ-6030 і блоку керування;
- 2) завдання;
- 3) алгоритм програми;
- 4) результати налагодження програми роботи РТК;
- 5) особливості роботи системи керування в різноманітних режимах;
- 6) результати роботи програми з додатковими командами;
- 7) аналіз результатів роботи і висновки.

Пункт 2 звіту повинен містити таблицю (аналогічну табл. 2), у якій приводиться словесний опис алгоритму функціонування РТК і програма у виді кодів кадрів; коротке обґрунтування складання алгоритму, тобто співставлення алгоритму деякої технологічної операції, де можливі аналогічні послідовності руху робота.

Пункт 3 звіту повинен містити відомості про процес програмування і про налагодження програми РТК: перелік помилок при програмуванні і налагодженні, їхні зовнішні прояви, причини, номер кроку програми, спосіб усунення помилок програмування.

Пункт 4 звіту повинен містити відомості про різноманітні режими системи керування ЭЦПУ-6030: привести порівняльну оцінку функціональних можливостей різноманітних режимів і використання їх при програмуванні і налагодженні.

Пункт 5 звіту повинен включати опис додаткових змін у раніше складеній програмі роботи РТК. У ньому варто показати, як ці зміни вплинули на програмування і налагодження, описати, які можливості являють собою внесені команди при виконанні яких-небудь технологічних операцій.

У висновках відзначається відповідність роботи РТК програмі; вказуються переваги і недоліки циклових систем керування обладнанням.

6. Контрольні запитання

1. Пояснити принцип позиціювання в циклових роботах.
2. Зобразити графічно укрупнену схему циклових систем керування і зазначити функціональне призначення блоків.
3. Назвати види програмоносіїв і методи запису програм у циклових системах керування.
4. Пояснити функціональне призначення таких команд у системі ЭЦПУ-6030: ТЕХНОЛОГІЧНА КОМАНДА, ВИТРИМКА ЧАСУ, ПРОПУСК, ПЕРЕХІД, ЗУПИНКА, КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ.
5. Пояснити функціональні можливості системи ЭЦПУ-6030 у режимах: РУЧНИЙ, КОМАНДА, ЦИКЛ, АВТОМАТ.
6. Що таке робота по шляховому принципу?
7. Що таке робота по часовому принципу?
8. Пояснити функціональне призначення зворотних зв'язків у циклових системах керування.
9. У яких технологічних процесах допускається застосування циклових робіт?
10. Пояснити принцип роботи блоку керування, програмоносія, пульта керування, лічильника кадрів, дешифратора вибірки кадрів, схеми пуску-зупинки, схеми переходу, вузла узгодження.
11. Пояснити призначення роз'ємів, розташованих на задній стінці пристрою.
12. Пояснити принцип дії схеми відпрацювання технологічних команд.
13. Пояснити принцип дії схеми відпрацювання команд опитування давачів.
14. Пояснити роботу схеми відпрацювання команд ЗУПИНКА і КІНЕЦЬ ПРОГРАМИ.

7. Рекомендована література

1. Устройство прмышленных роботов / Юревич Е.И., Аветиков Б.Г., Корытко О.Б. и др. – Л.: Машиностроение, 1980.
2. Системы управления промышленными роботами и манипуляторами / Юревич Е.И., Андрианов Ю.Д., Новаченко С.И. и др. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1980.
3. Управляющие системы промышленных роботов / Андрианов Ю.Д., Глейзер Л.Я., Игнатьев М.Б. и др. – М.: Машиностроение, 1984.

Лабораторна робота № 3. Вивчення будови промислового робота «Циклон-5» і проектування його наладок для роботи в робототехнічному комплексі

Мета роботи: вивчити конструктивну будову основних механізмів, приводів, демпферів та давачів промислового робота «Циклон-5»; зобразити компоновальну та кінематичну схеми промислового робота; розробити алгоритм та циклограму роботи РТК холодного листового штампування деталей на базі роботів «Циклон-5».

1. Призначення промислового робота «Циклон-5»

Промисловий робот «Циклон-5» призначений для автоматизації процесів холодного штампування в умовах серійного і дрібносерійного виробництва, а також для механізації й автоматизації технологічних позицій із метою їхнього завантаження і розвантаження, міжверстатного транспортування і міжопераційного складування в механічних, заготівельних і інших цехах. Робот заміняє основних робітників на циклічно повторюваних, небезпечних роботах по завантаженню-розвантаженню основного, а також допоміжного технологічного обладнання, включаючи міжверстатне обладнання.

Промисловий робот «Циклон-5» випускається у двох модифікаціях:
модифікація 01 – робот без модуля зсуву («Циклон-5-01»);
модифікація 02 – робот із модулем зсуву («Циклон-5-02»).

2. Основні технічні дані і характеристики промислового робота «Циклон-5»

- 2.1. Номінальна вантажопідіймальність однієї руки (при масі захоплювача, не більше 1 кг), кг 5
- Примітка:** Вантажопідіймальність відповідає значенню, приведеному вище, при умові, що маса захоплювача з губками не перевищує 1 кг. При установці спеціального захоплювача, із збільшеною масою, маса транспортованого вантажу відповідно повинна бути зменшена.
- 2.2. Тип системи програмного керування.....циклова
- 2.3. Спосіб задання координат по упорах
- 2.4. Програмоносії блок пам'яті
- 2.5. Кількість програмованих координат,
загальна 6 (7)
із них:
- транспортних: поворот і підйом рук, висування
кожної руки, (зсув) 4 (5)
- орієнтуючих: поворот кожного захоплювача 2
- 2.6. Кількість опорних точок по координатах:

поворот рук	4 шт.
всі інші	по 2
2.7 Максимальне число переходів у циклі, шт,	100
2.8. Кількість команд:	
на маніпулятор	22
на обслуговуване обладнання	7
2.9. Робоча напруга	змінна трьохфазна, 50 Гц, 220/380В
2.10. Споживаюча потужність, Вт, не більше	700
2.11. Тиск повітря в мережі, кгс/см ²	4,5-10
Тиск повітря в системі маніпулятора, кгс/см ² , не менше	4,5
Клас забруднення повітря, не нижче	10
2.12. Максимальна витрата повітря, м ³ /хв	2,2
2.13. Відстань від осі кожної руки до вертикальної осі повороту рук, мм	250
2.14. Найбільший регульований кут повороту рук у горизонтальній площині, град, не менше	180
2.15. Межі регулювання кутового розташування кожної руки відносно поздовжньої осі маніпулятора (при знятих внутрішніх циліндрах повороту захоплювача), град.	+30, -15
2.16. Найменша висота осі руки від рівня підлоги, мм, не більше	860 (1060)
2.17. Найбільший регульований вертикальний хід руки, мм, не менше	100
2.18. Найбільша висота осі руки від рівня підлоги, мм	1100 (1300)
2.19. Розміри робочої зони робота подані на рис. 2	
2.20. Найбільший регульований хід висування руки, мм, не менше	600
2.21. Найбільший кут повороту захоплювача навколо поздовжньої осі руки, град, не менше	180
2.22. Найбільший регульований хід по зсуву, мм	400
2.23. Час виконання одного робочого руху на контрольних відрізках шляху або кутах повороту при вантажах масою 5 кг у захоплювачі кожної руки робота зазначено в табл. 1.	
2.24. Точність позиціонування переносимих об'єктів, мм: при повороті рук на радіусі 1385 мм.	+/- 0,25
по решта координатах	+/- 0,1
2.25. Габаритні розміри подані на рис. 2	
2.26. Маса робота (робот із двома руками), кг, не більше	560 (880)
у тому числі:	
маса маніпулятора	660
(маса модуля зсуву)	(320)

Таблиця 1

Назва руху	Величина контрольних відрізків шляху, мм, або кутів, град.	Час виконання руху, с.
Поворот рук	180°	2,2
Підйом (опускання) рук	100 мм	0,8
Висування (втягування) руки	600 мм	1,0
Поворот захоплювача	180°	1,0
(Зсув)	(400) мм	(1,8)

Примітка: 1. Час виконання рухів приведений для маніпулятора із двома руками з урахуванням часу гальмування. Циліндри висування рук зміщені в крайнє переднє положення і штоки рук втягнені;
 2. Час виконання одного робочого руху – це час від моменту подачі команди на виконання даного робочого руху до моменту подачі команди на виконання наступного аналогічного руху;
 3. Поворот рук здійснюється без підштовхування упорами.

3. Технічний опис промислового робота «Циклон-5»

3.1. Будова і принцип роботи промислового робота «Циклон-5»

3.1.1 Промисловий робот «Циклон-5-01» являє собою комплекс (рис. 1), що складається з маніпулятора «Циклон-5» (поз. 1) і пристрою циклового програмного керування УЦМ-30 (поз. 2).

3.1.2. Маніпулятор – виконавча складова частина робота – містить у собі робочий орган (дві руки), механізми приводів, що забезпечують переміщення робочого органу і пневмосистему, що забезпечує підготування і розподіл повітря до пневматичних циліндрів механізмів приводів.

3.1.3. Пристрій циклового програмного керування містить у собі обладнання і прилади, системи програмного керування і електрообладнання, що забезпечують роботу виконавчих механізмів маніпулятора.

3.1.4. Функціональна схема роботи промислового робота «Циклон-5» така;

– при надходженні команди з УЦМ-30 комутуються електромагніти відповідних пневморозподільників. Пневморозподільники відкривають подачу повітря в пневмоциліндри відповідних механізмів приводів і рука здійснює заданий рух. При підході руки до заданого положення спрацьовують кінцеві вимикачі, які контролюють виконання відповідного руху і дають підтвердження на початок виконання наступного руху;

– поворот захоплювача, затиск-розтиск захоплювача, а також встановлення упорів повороту в необхідні точки, кінцевими вимикачами не контролюються. На виконання цих рухів відводиться визначений інтервал часу (дискретність 0,2 с).

3.2. Будова і принцип роботи маніпулятора «Циклон-5».

3.2.1. Маніпулятор є виконавчим механізмом ПР. Основними складовими одиницями маніпулятора є:

- дві руки;
- механізм підйому і повороту рук;
- пневмосистема.

3.2.2. Рука – збірна конструкція призначена для захоплення, утримання та орієнтації в просторі заготовок, деталей та інших предметів масою до 5 кг (рис. 6).

Для здійснення зазначених вище операцій рука оснащена спеціальним захоплювачем для утримання об'єктів і містить у собі привід затиску захоплювача, привід повороту захоплювача і привід висування руки:

– захоплення й утримання предмета здійснюється губками, встановленими на захоплювачі, який своїм фланцем кріпиться до фланця 6 розміщеного на шліцевому хвостовику вала 14.

Розміри і конфігурації губок можуть бути різноманітними в залежності від форми і маси деталі; у разі потреби допускається заміна захоплювача.

Затиск і розтиск захоплювача здійснюється таким чином:

– до штуцера 42 підводиться стиснуте повітря, яке через отвір у втулці 19 і внутрішні порожнини валів 22, 14 надходить у робочу порожнину пневмоциліндра 3. Під тиском повітря шток-поршень 5 і закріплене на ньому водило 2 переміщуються вліво. Водило зв'язано з важелями 1 і осями 32, які переміщуючись у пазах важелів, повертають їх навколо осі 31. При цьому губки, закріплені на важелях, затискають деталь. Розтиск захоплювача відбувається під дією пружини 4 після зняття тиску повітря в робочій порожнині циліндра;

– максимальний кут повороту захоплювача – 180° .

Привід повороту захоплювача складається з двох пневмоциліндрів 36, 40, розташованих на корпусі 20, двох поршнів 37, 39, гвинтів обмежувачів 35, 41, зубчатої рейки 38 і шестерні 21, що знаходиться з нею у зачепленні і сидить на валі 22, який через шліцеву втулку 25 зв'язаний з валом 14.

При подачі стиснутого повітря в робочу порожнину одного з циліндрів, наприклад, лівого, поршень 37 разом із рейкою 38 рухається вправо, приводячи в обертання шестерню 21, вал 22, вал 14 і захоплювач. Порожнина правого циліндра при цьому з'єднується з атмосферою

Для повороту захоплювача в протилежну сторону стиснуте повітря подається в перший циліндр. Кут повороту захоплювача регулюється гвинтами обмежувачами 35, 41, які обмежують рух поршнів 37, 39.

У тому випадку, коли в повороті захоплювача немає необхідності, механізм повороту захоплювача знімається з корпусу 20, а отвори закриваються кришками 46. Рейка для усунення люфту між шестернею 21 і рейкою 38 підтискується гвинтами 53.

Для забезпечення рівномірної швидкості повороту захоплювача використовується гідродемпфер, який являє собою гідроквадрант, корпус якого

23 кріпиться до корпусу 20. Лопасть 43 встановлена на валі, який знаходиться в зачепленні з валом 22. При повороті захоплювача лопасть, повертаючись, переганяє масло з порожнини А в порожнину Б через дросель 44, за допомогою якого регулюється швидкість повороту захоплювача;

– максимальний хід висування руки – 600 мм.

Привід висування руки являє собою пневмоциліндр, що складається з труби 16 з привареними на кінцях фланцями 24 і 18. В середині труби розміщений порожнинний шток-поршень 17, на передньому кінці якого закріплений захоплювач. До фланців кріпляться корпуси 13, 20.

У корпусі 13 запресована бронзова втулка 26, що являється направляючою штока 17.

На штоку жорстко закріплений хомут 7, до якого кріпиться штанга 8 з двома упорами 9 і 15, які призначені для обмеження ходу штока. Пересуваючи упори по штанзі можна регулювати хід руки. Положення упорів фіксується гвинтами 10. Штанга 8 одночасно служить для уникнення провороту штока-поршня 17 відносно поздовжньої осі руки.

Пневмоциліндр включений у пневмосистему таким чином, що його штокова порожнина постійно знаходиться під тиском. Для висування руки стиснуте повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра і, шток-поршень внаслідок різниці ефективних площ поршня починає переміщатися вліво разом із штангою 8 і упорами 9, 15; відбувається висування руки. Висування руки продовжується до моменту зіткнення упора 15 із корпусом 13. У цей момент упор 15 натискає на підпружинений палець 11 датчика положення 12. Датчик видає сигнал у систему керування про спрацьовування механізму висування. Для втягування руки тиск у безштоковій порожнині знімається і шток-поршень під дією тиску повітря в штоковій порожнині починає рухатися назад.

Для збільшення швидкості втягування руки, в магістралі підводу повітря з мережі встановлюється клапан швидкого скидання.

У корпусі 13 (рис. 6) розташований здвоєний гідродемпфер, що забезпечує гальмування руки при її висуванні і втягуванні при підході до точки позиціонування.

На рис. 6 приведена схема гідродемпфера. Принцип його роботи полягає в наступному:

Рухомі разом із штоком руки (жорстко з ним зв'язані), упор 15 (при висуванні руки), або упор 9 (при зворотному ході) натискають на виступаючі кінці золотників 51 або 54, втоплюючи їх у корпус. Масло при руху золотника 51 (54) витісняється з порожнини В (Г) через кільцевий отвір, утворений внутрішнім кінцем золотника і просвердленим у корпусі отвором. При переміщенні золотника збільшується довжина кільцевого отвору, плавно збільшуючи опір рухові руки. Відбувається гальмування руки. Швидкість гальмування можна регулювати дроселем 34. Відкриваючи дросель, збільшуємо додатковий вихід масла з порожнини В (Г), збільшуючи цим швидкість гальмування руки. Масло, витиснуте при русі золотника 51 (54) частково перетікає в порожнину А і переміщає поршень 50 у праву сторону, долаючи

тиск постійно подаваного через штуцер повітря.

При зворотному русі руки упор 15 (9) відходить від хвостовика золотника і масло з порожнини А під дією тиску повітря в порожнині Б, відкриваючи зворотні клапани 55 і 56, перетікає в порожнину В (Г) і повертає золотник у вихідне положення.

3.2.3. Механізм підйому і повороту рук призначений для здійснення переміщення рук уздовж вертикальної осі маніпулятора і повороту рук навколо неї (рис. 7, 8).

Руки (рука) кріпиться на торці рухомого циліндра 9, що є пневмоциліндром механізму підйому. У пристрій підйому рук входить також шток 11 із поршнем 10, установлений на підшипниках 16 і 18 у корпусі 19, тормозний клапан 8 і вмонтований тормозний пристрій – дросель 21.

Для підйому руки стиснуте повітря через отвори в кришці 17 і в штоку 11 подається в безштокову порожнину циліндра 9. Верхнє положення циліндра з закріпленими на ньому руками визначається гвинтом 5, який, впираючись у корпус тормозного клапана 8, перешкоджає дальшому переміщенню циліндра 9.

При підході циліндра до упора натискується кнопка тормозного клапана і зупинка відбувається без ударів.

Тормозний клапан 8 працює наступним чином: (рис. 7)

При підйомі рук, упор 5 циліндра підйому натискає на шток золотника 35, який піднімаючись, витискує масло з порожнини А в порожнину Б через дросель 36 і кільцевий отвір «а» змінного перерізу.

Час (швидкість) гальмування визначається часом перетікання масла і регулюється за допомогою дроселя 36. При цьому дросель настраюють так, щоб кінцева швидкість забезпечувала безударну зупинку рухомого циліндра з гвинтом 5 у верхньому положенні.

При опусканні рук (при відході гвинта 5) повернення штока-золотника 35 у вихідне положення здійснюється стиснутим повітрям, яке постійно подається від мережі в порожнину В.

Для прискореного повернення золотника, масло в порожнину А перетікає через зворотній клапан 33.

Інтенсивність гальмування при опусканні рук регулюється дроселем 21. Повільність ходу і регулювання швидкості підйому та опускання рук здійснюється за допомогою гідродемпферів 39, 40.

Гідродемпфер зображений на рис. 7. Корпус його кріпиться до стійки станини, а шток 41 з'єднаний з колектором 13. При підйомі і опусканні циліндра разом із штоком 41 відбувається перетікання масла з порожнини Д в порожнину Е і, навпаки, через дросель 42, за допомогою якого регулюється швидкість підйому або опускання рук.

Нижнє положення циліндра визначається поршнем 10 (рис. 8), в який впирається заглушка 6. По приході циліндра в задане положення спрацьовує давач БК-А-5-0, в паз головки якого входять прапорці, і сигналізує про виконання даного руху.

Пристрій повороту складається з двох малих пневмоциліндрів 27 і двох великих пневмоциліндрів 29. Штоки-рейки 23 поршнів 25 малих пневмоциліндрів виконані у вигляді рейок, у задніх порожнинних кінцях яких знаходяться гальмівні давачі БК-А-О (поз. 26), а передні кінці штоків служать плунжерами порожнин гідроциліндра 22 гальмування повороту рук. На штоках 28 великих пневмоциліндрів 29 закріплені планки 31, які, впираючись у регульовані гайки-упори 30, обмежують переміщення штоків 28. Штоки-рейки 23 зачеплені із шестернею 24, закріпленою на штоку 11. Передача обертового моменту зі штока на рухомий циліндр 9 здійснюється за допомогою качалки 12, що закріплена на затискачі 15 і передає рух водилу 14, яке жорстко зв'язане з рухомих циліндром 9.

Для здійснення повороту рук стиснуте повітря подається в безштокову порожнину одного з пневмоциліндрів 27, і шток-рейка, переміщуючись під тиском повітря до стику з штоком 28, приводить в обертання шестерню 24, а, отже, і зв'язаний з нею, як згадувалося вище, рухомий циліндр 9 із закріпленими на ньому руками.

Для зменшення опору при повороті стиснуте повітря в пневмоциліндри 27 подається через клапани швидкого випуску (поз. 45, рис. 7).

Фіксація будь-яких чотирьох точок у зоні обслуговування робота при повороті рук здійснюється шляхом послідовної подачі стиснутого повітря у відповідні порожнини пневмоциліндрів 27 і 29. Нижче наводиться приклад позиціювання в одній з точок при повороті рук.

При подачі стиснутого повітря в задню порожнину пневмоциліндра 29 планка 31 впирається в заздалегідь установлену при налагодженні гайку 30.

Потім стиснуте повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра 27. Поршень цього пневмоциліндра починає переміщатися вперед, приводячи в обертання шестерню 24, одночасно шток-рейка 23 пневмоциліндра 27, зв'язана через шестерню з правим штоком, починає відходити назад до упора в передній кінець штока 28 пневмоциліндра 29. Так як площа поршня пневмоциліндра 29 більша площі поршня пневмоциліндра 27, поворот шестерні зупиняється.

При контакті штока-рейки 23 з упором в УЦМ-30 видається електричний сигнал від давача БК-А-5-0 повороту (поз. 34), у пази головок якого входять прапорці 20, закріплені в обоймах 4. Безударна зупинка руки при повороті досягається за допомогою гальмівного пристрою 3. Порожнини гідроциліндра 22 і корпусу 19 заповнені маслом, в яких переміщаються штоки-рейки 23. Вони з'єднуються між собою через канали *а*, *б*, *в* тормозного пристрою і розподільник золотниковий (поз. 4, рис. 9). При переміщенні рейок масло перетікає з однієї порожнини в іншу, і при крайньому лівому положенні плунжера 8 тормозного пристрою ніщо не перешкоджає перетіканню масла. Переміщуючи гвинтом 7 плунжер вправо, частково перекриваючи канал *в*, можна регулювати швидкість повороту рук.

Гальмування здійснюється таким чином:

При підході штока-рейки (поз. 23, рис. 8) до штока 28 останній натискає підпружинену кнопку гальмівного давача 26 (рис. 8), який дає команду після

тимчасової витримки заданої в програмі на переключення розподільника 4 (рис. 9). Розподільник стає в позицію гальмування, при якій масло з однієї порожнини гідроциліндра в іншу починає перетікати через дросель 3, внаслідок чого, у порожнинах створюється протитиск масла, який перешкоджає переміщенню рейок. Інтенсивність гальмування регулюється дроселем 3. Золотник напірний (поз. 5) зливає частину масла, пом'якшуючи удар.

Бачок 6 служить для наповнення системи маслом через золотник зворотного клапана 2. Кнопка 1 служить для випуску із системи повітря. Золотник зворотного клапана 2 запобігає виливанню масла з бачка в момент гальмування. Заправка масла в бачок здійснюється через наливну масельничку 9.

На рухомому циліндрі закріплені два колектори. Верхній колектор є одночасно основою кронштейна руки (або консолей рук).

Стиснуте повітря для приводу рук подається з пневморозподільників по гнучких трубках у нижній колектор 13 (рис. 8), що дає можливість тільки вертикального переміщення, і далі по каналах в рухомому циліндрі і верхньому колекторі в руку.

3.2.4. Пневмосистема призначена для підготування повітря і підводу його до пневмоциліндрів механізмів приводів.

Повітря з мережі, надходить у блок пневматичний П-БІ 16/10 (поз. 3, рис. 6).

Блок пневматичний призначений:

- для очищення стиснутого повітря від твердих часток, води і компресорного масла;
- для контролю тиску і підтримки його сталим;
- для захисту системи від перевантаження;
- для подачі електричного сигналу при досягненні мінімального тиску;
- для відключення системи від тиску.

Очищене повітря надходить через зворотній клапан 4 (рис. 5) у ресивер, розташований на основі станини 6. З ресивера повітря направляється через маслорозпилювачі 2 до пневмопанелей (лівої 1 і правої 5) і через пневморозподільники, розташовані на пневмопанелях, у циліндри відповідних пневмоприводів.

З'єднання всіх складових частин пневмосистеми здійснюється гнучкими трубопроводами у відповідності з маркуванням на панелях, колекторах, гальмівних золотниках і пневмоциліндрах (див. схему гідропневматичну рис. 3).

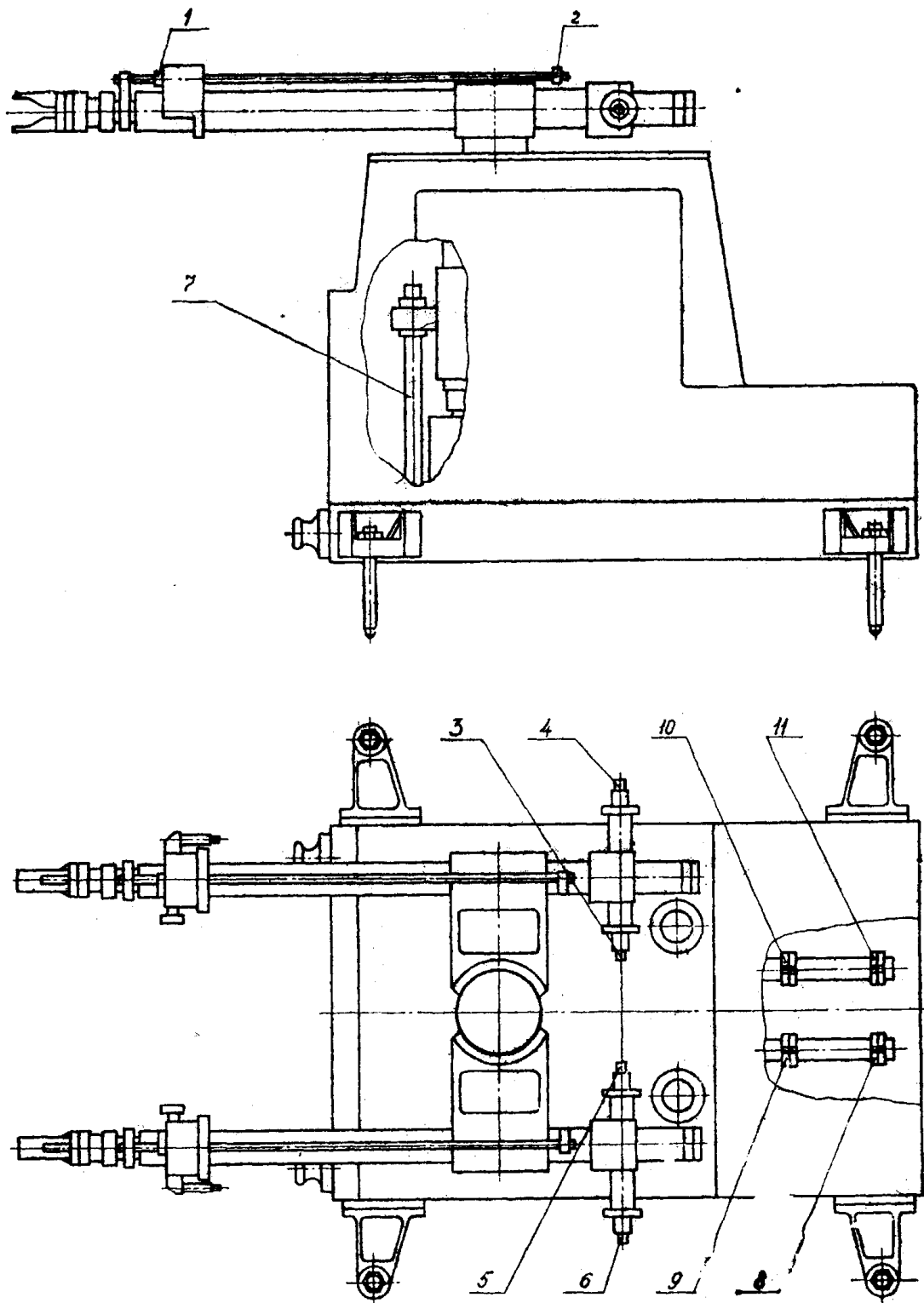


Рис. 1. Загальний вигляд промислового робота "Циклон-5".
Схема розташування упорів.

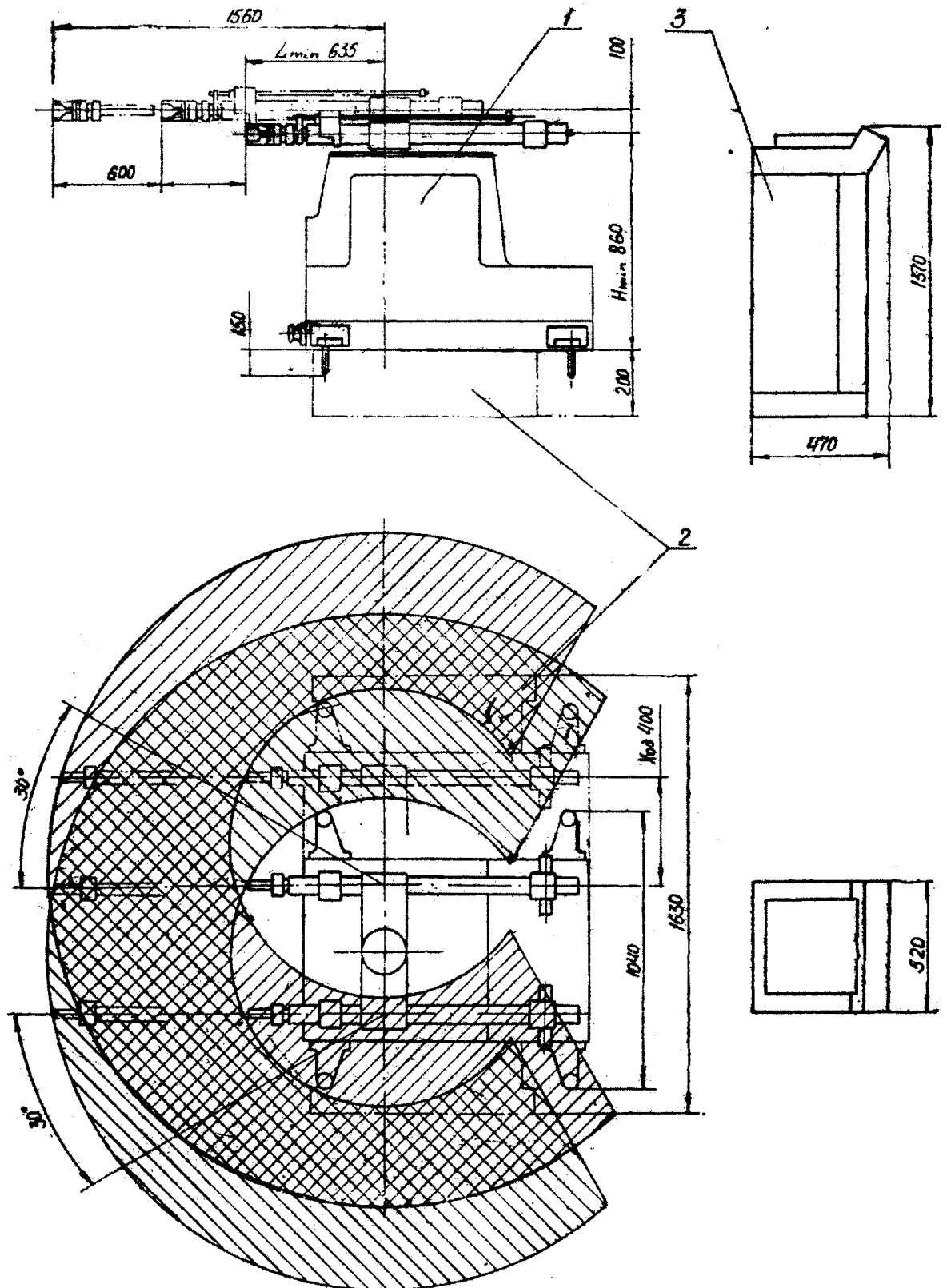


Рис. 2. Рабочая зона промышленного робота "Циклон-5"

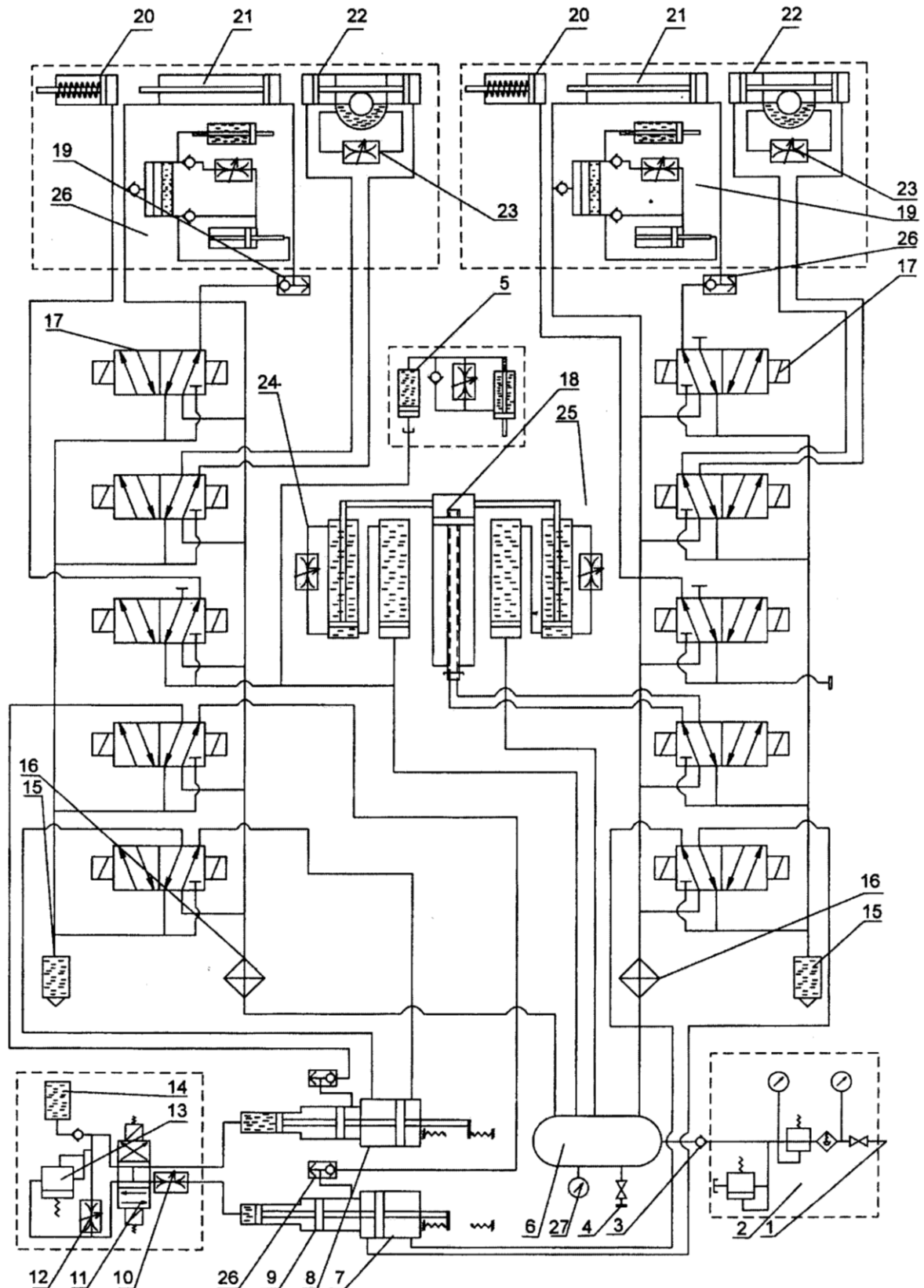


Рис. 3. Маніпулятор "Циклон-5". Схема гідропневматична

1 – трубопровід підводу стисненого повітря від магістралі; 2 – блок пневматичний ПБ1 16/10; 3 – клапан зворотній ПК 16-10; 4 – вентиль запірний муфтовий; 5 – клапан гальмівний; 6 – ресивер; 7 – пневмоциліндр упора лівого; 8 – пневмоциліндр упора правого; 9 – пневмоциліндри повороту рук; 10 – дросель; 11 – розподільник золотниковий Р102 АЛ14-110; 12 – дросель з регулятором ПГ-77-12; 13 – золотник напірний БПГ-54-22; 14 – бачок підживлення; 15 – глушник; 16 – маслорозпилювач; 17 – повітророзподільник РПЗУ-2м; 18 – пневмоциліндр підйому; 19 – блок гальмівний; 20 – пневмоциліндр захоплювача; 21 – пневмоциліндр руки; 22 – пневмоциліндр повороту захоплювача; 23 – гідродемпфер; 24 – гідродемпфер лівий; 25 – гідродемпфер правий; 26 – клапан швидкого вихлопу повітря; 27 – манометр МТП-60/4.

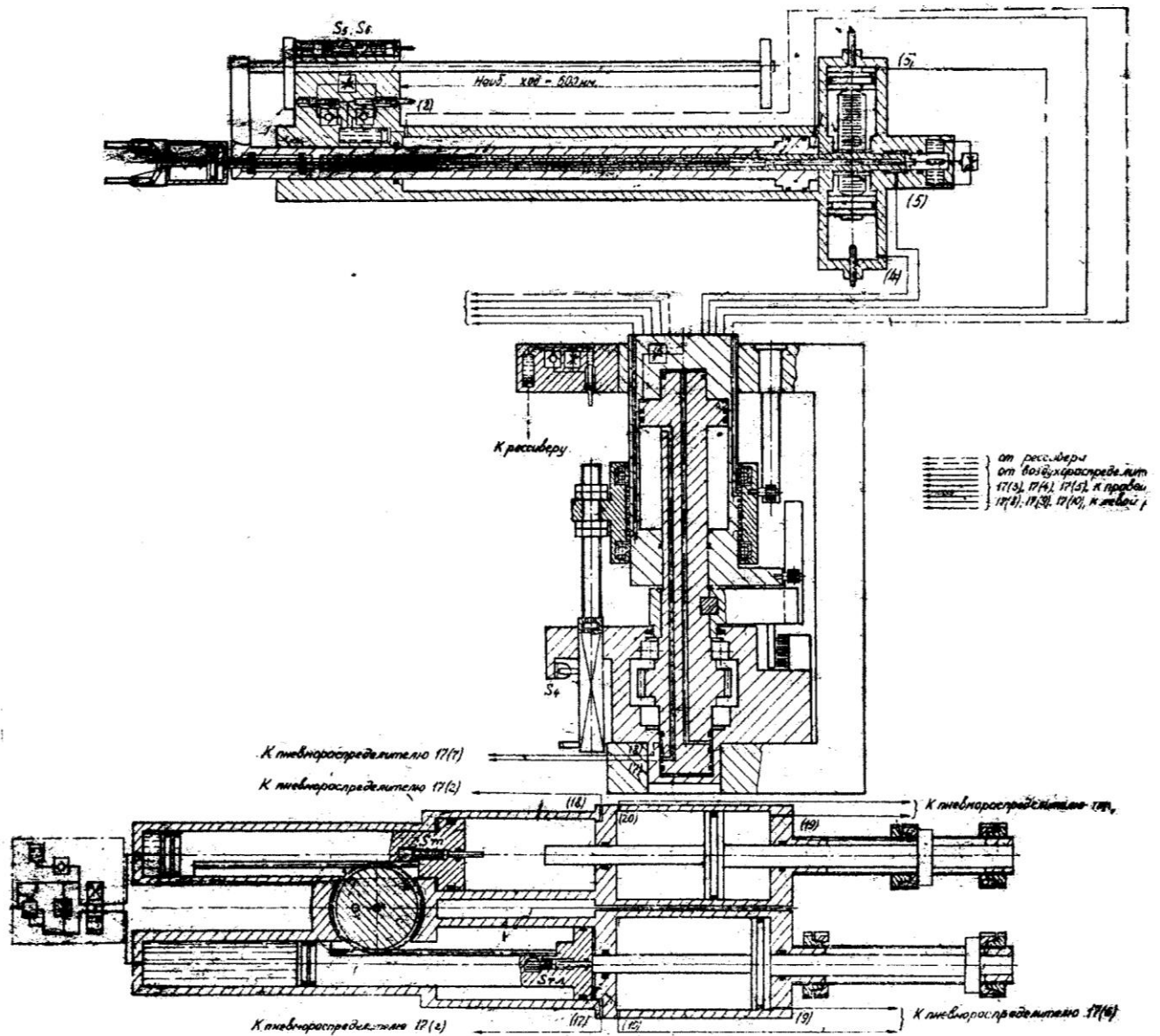


Рис. 4. Маніпулятор “Циклон-5”. Схема кінематична

ВК1...ВК8 – кінцеві вимикачі. Позначення повітророзподільників 17(1) – 1(10) і маркування пневматичних магістралей відповідає позначенням на схемі гідропневматичній (рис. 3).

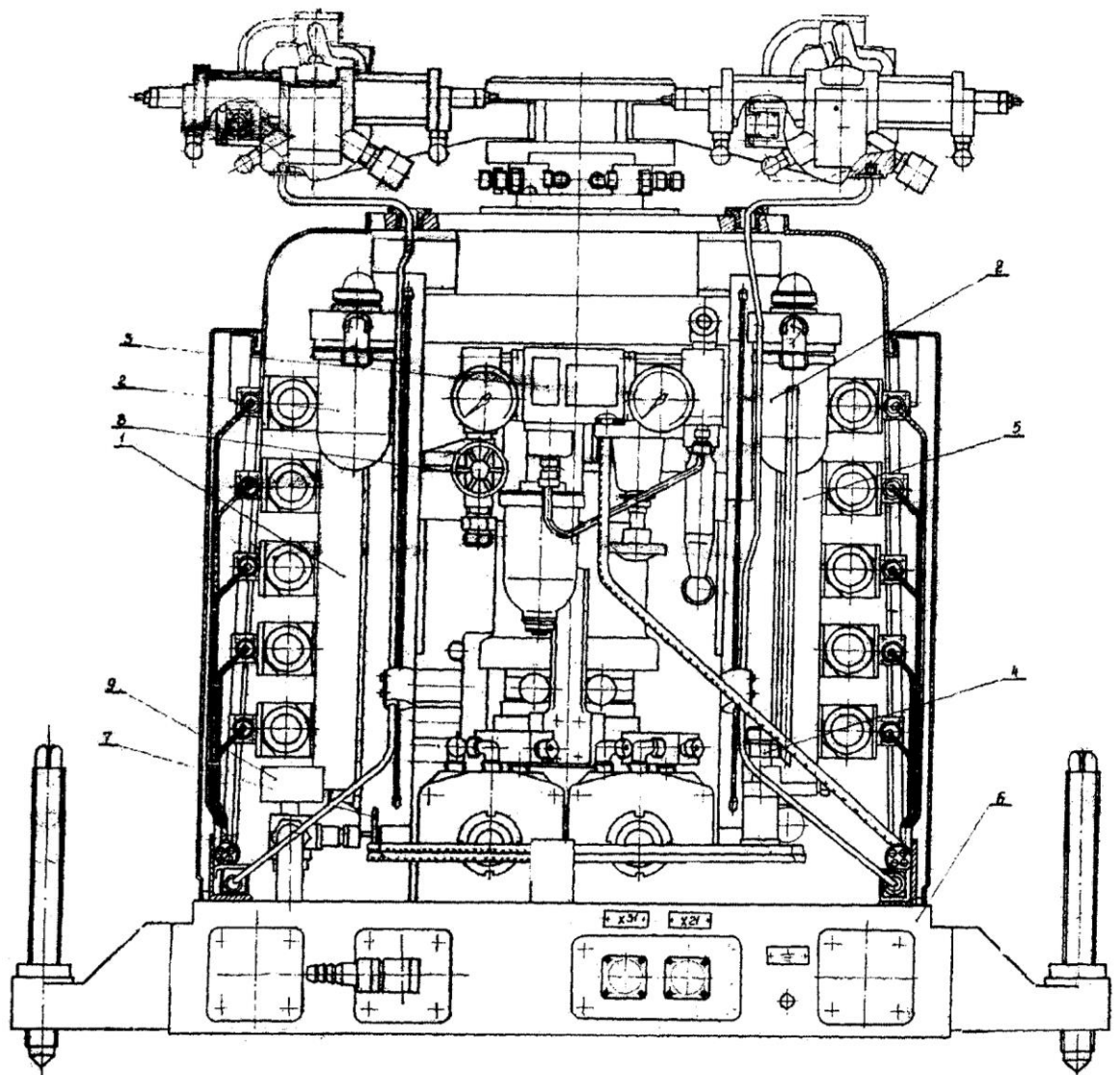


Рис. 5. Маніпулятор “Циклон-5”. Вид із знятою задньою стінкою каркаса:

1 – пневмопанель ліва; 2 – маслорозпилювач; 3 – блок пневматичний П-Б1 16/10; 4 – клапан зворотній; 5 – пневмопанель права; 6 – станина; 7 – кран випуску повітря; 8 – вентиль; 9 – манометр.

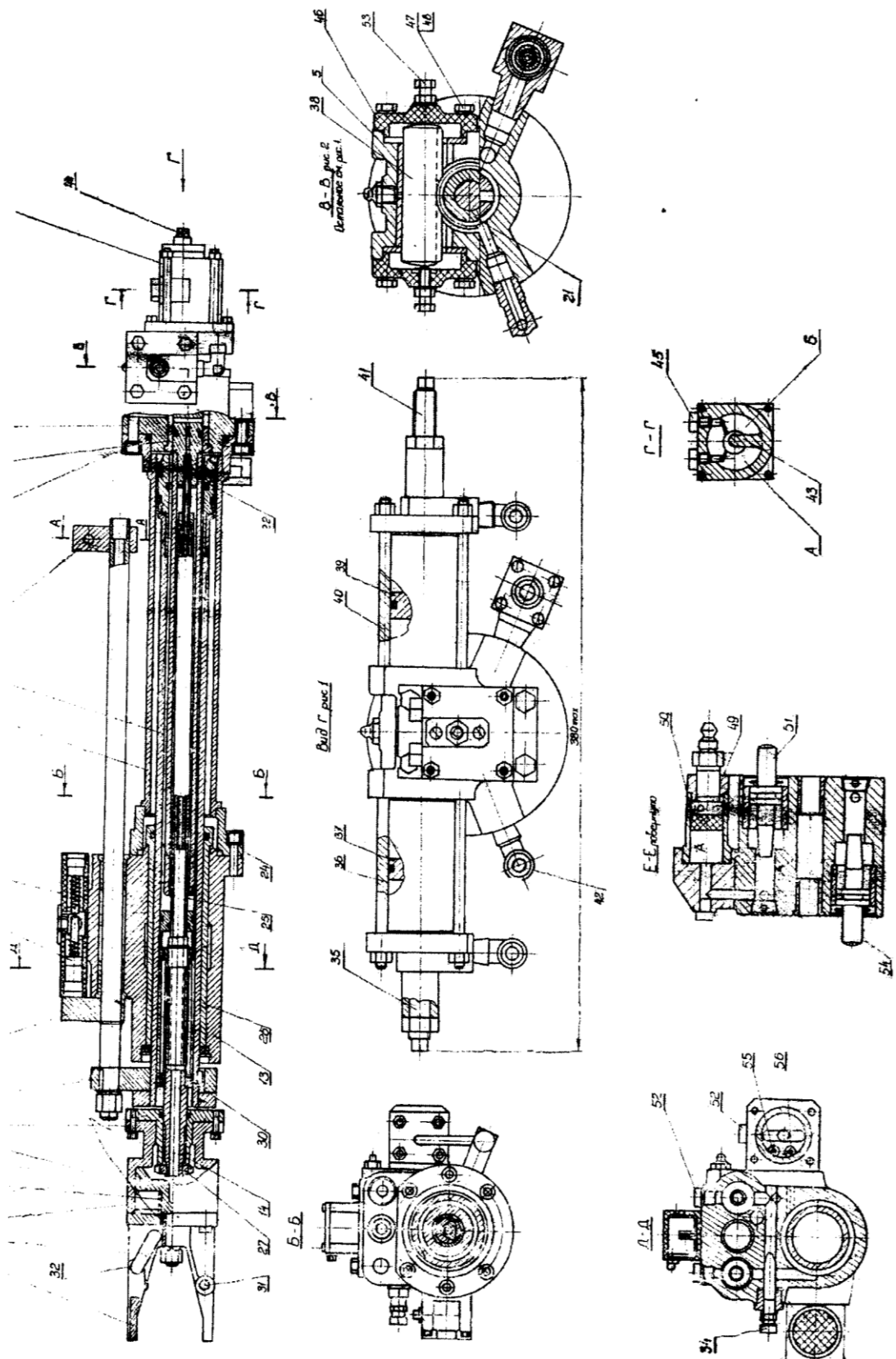


Рис. 6. Рука:

1 – важіль; 2 – водило; 3 – пневмоциліндр; 4 – пружина; 5 – шток-поршень; 6 – фланець; 7 – хомут; 8 – штанга; 9 – упор; 10 – гвинт; 11 – палець; 12 – давач положення; 13 – корпус; 14 – вал; 15 – упор; 16 – труба; 17 – шток; 18 – фланець; 19 – втулка; 20 – корпус; 21 – шестерня; 22 – вал; 23 – корпус; 24 – фланець; 25 – втулка; 26 – втулка; 27 – гайка; 30 – підшипник; 31 – вісь; 32 – вісь; 34 – дросель; 35 – гвинт-обмежувач; 36 – пневмоциліндр; 37 – поршень; 38 – рейка; 39 – поршень; 40 – пневмоциліндр; 41 – гвинт-обмежувач; 42 – штуцер; 43 – лопасть; 44 – дросель; 45 – пробка; 46 – кришка; 47 – болт; 48 – шайба; 49 – кришка; 50 – поршень; 51 – золотник; 52 – пробка; 53 – гвинт; 54 – золотник; 55 – клапан; 56 – клапан.

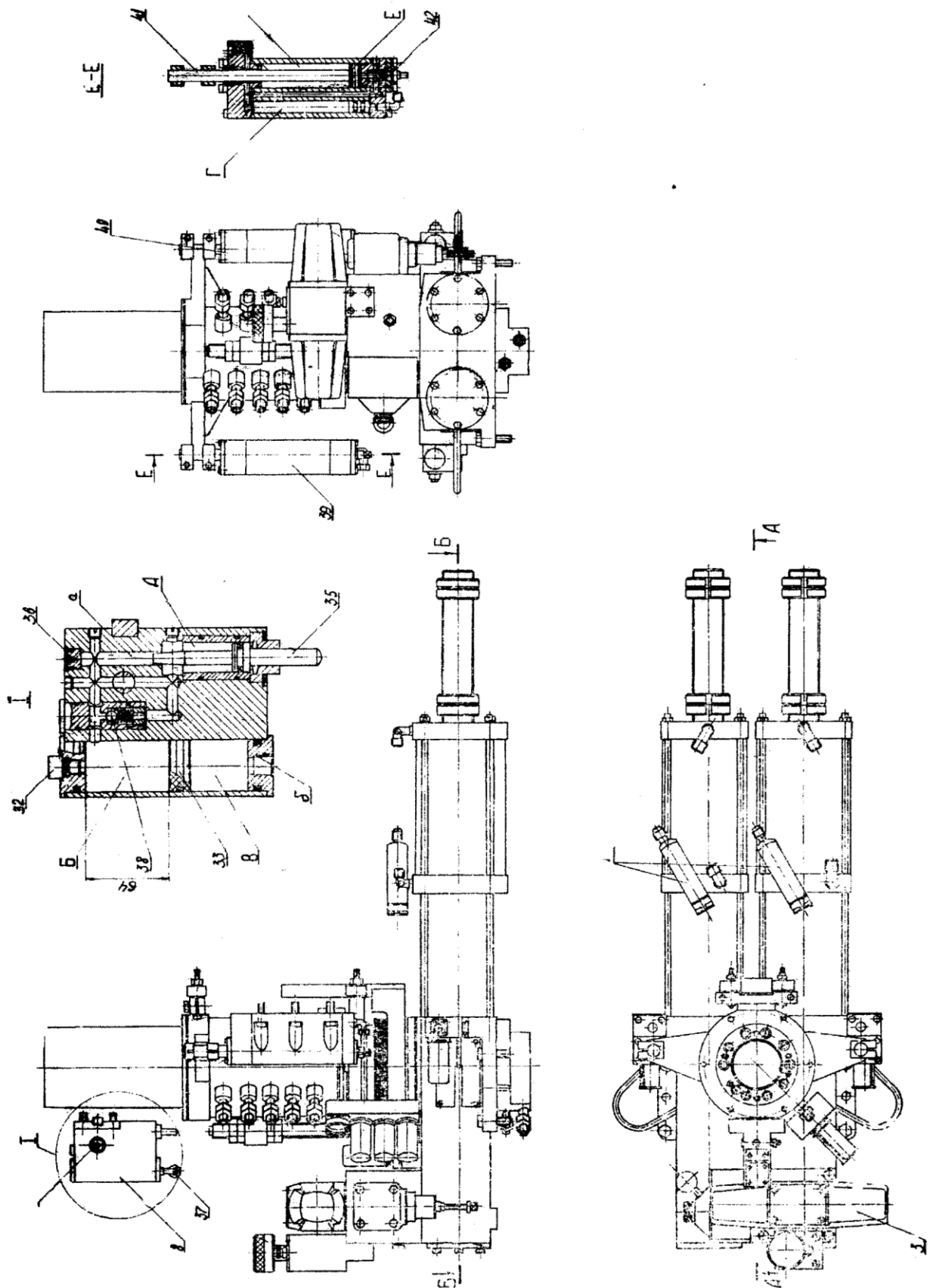


Рис. 7. Механізм підйому і повороту рук:

3 – гальмівний пристрій; 7 – дросель; 8 – клапан гальмівний; 32 – пробка; 33 – поршень; 35 – шток золотника; 36 – дросель; 37 – кутник; 38 – зворотній клапан; 39 – гідродемпфер; 40 – гідродемпфер; 41 – шток; 42 – дросель; 45 – клапан швидкого впуску.

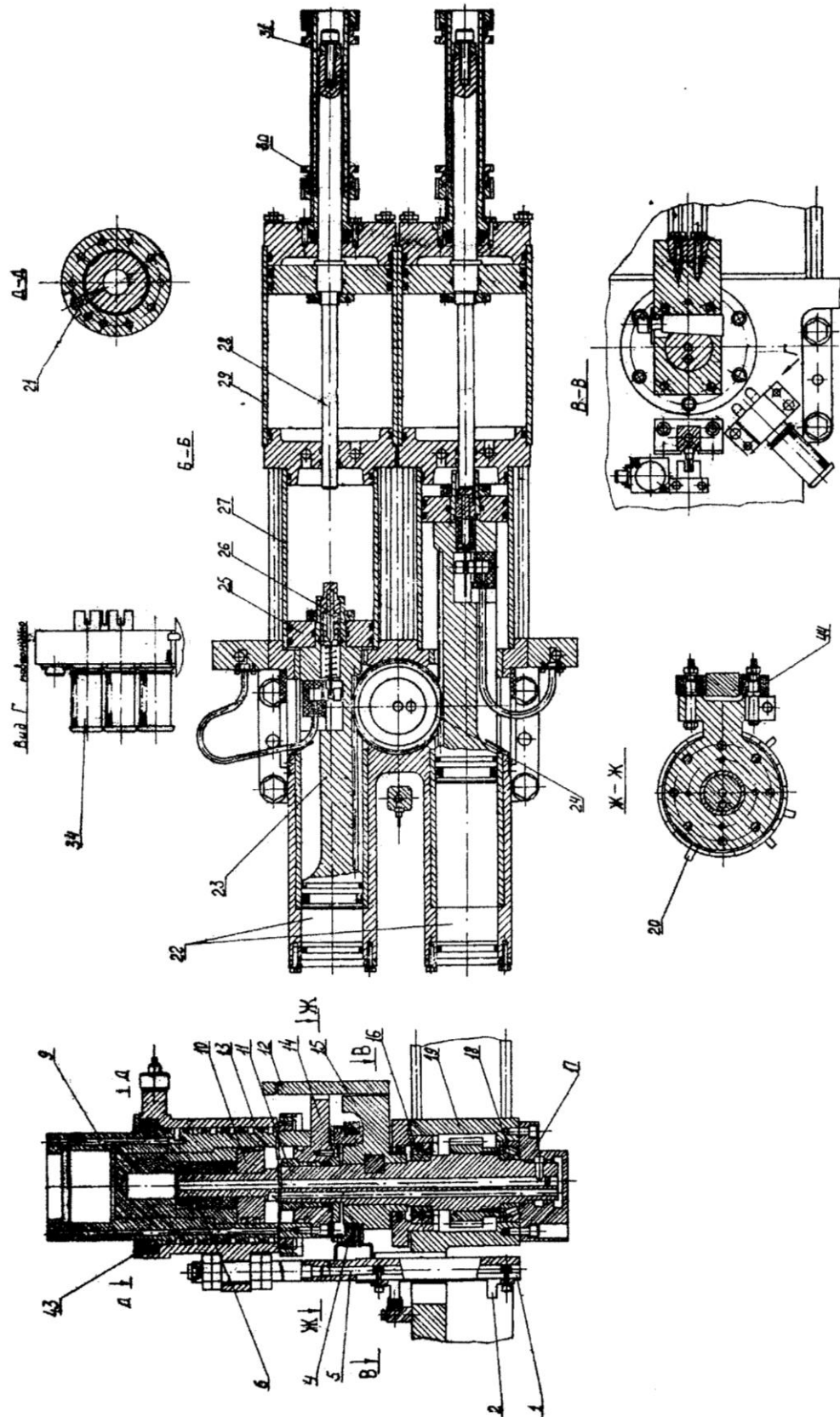


Рис. 8. Механізм підйому і повороту рук;

1 – качалка; 2 – флажок; 4 – обойма; 5 – гвинт; 6 – заглушка; 9 – циліндр; 10 – поршень; 11 – шток; 12 – качалка; 13 – колектор; 14 – водило; 15 – зажим; 16 – підшипник; 17 – кришка; 18 – підшипник; 19 – корпус; 20 – флажок; 21 – дросель; 22 – порожнини гідроциліндра; 23 – шток-рейка; 24 – шестерня; 25 – поршень; 26 – давач гальмівний; 27 – пневмоциліндр; 28 – шток; 29 – пневмоциліндр; 30 – гайка; 31 – планка; 34 – давач повороту; 43 – підшипник.

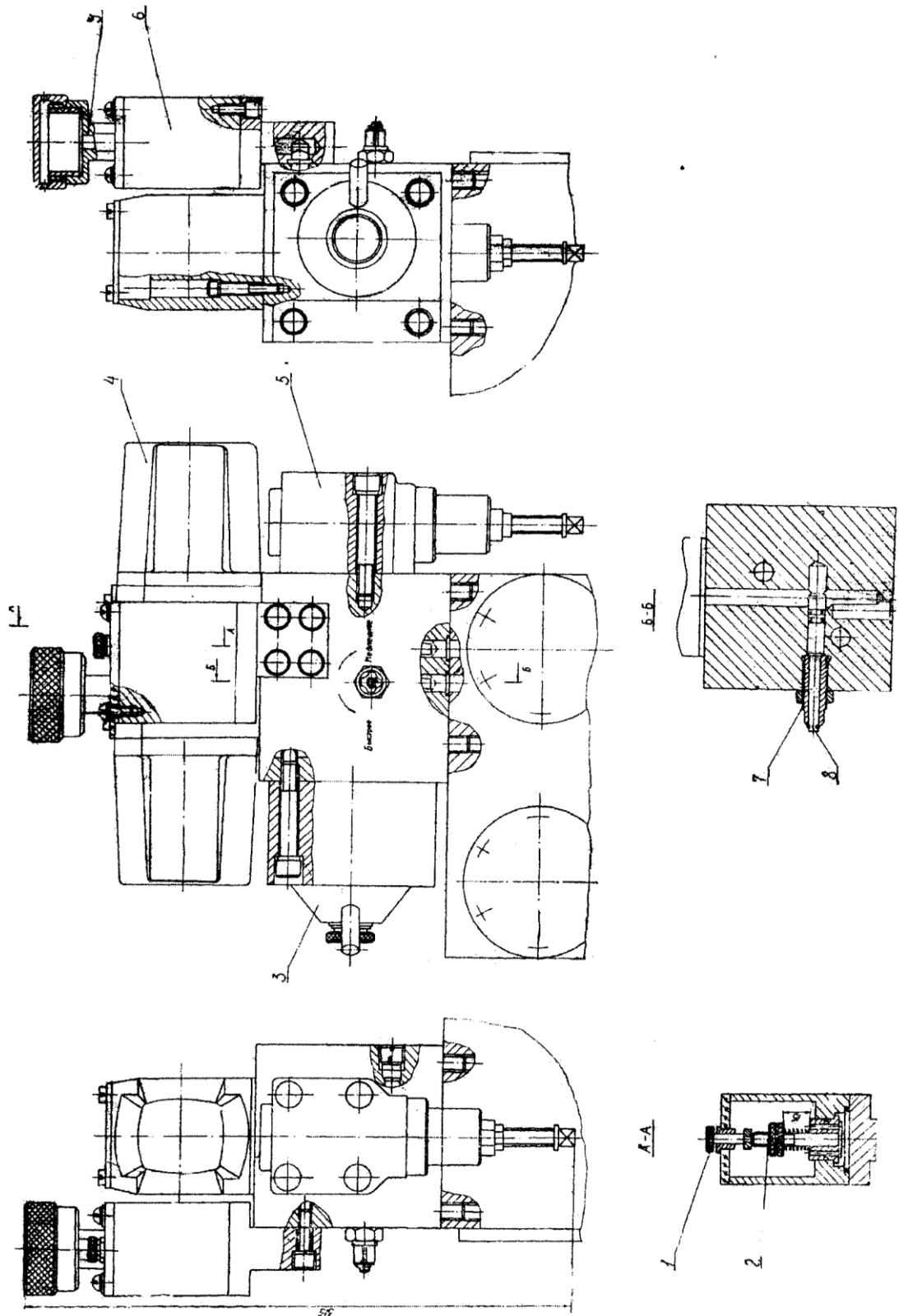


Рис. 9. Пристрій гальмівний повороту рук:

1 – кнопка; 2 – золотник зворотнього клапана; 3 – дросель ПГ77-12; 4 – розподільник золотниковий Р102-АЛ14-110; 5 – золотник напорний БПГ-54-22; 6 – бачок; 7 – гвинт; 8 – плунжер; 9 – масельничка.

4. Інструкція по експлуатації ПР

4.1. Вказівки по техніці безпеки:

4.1.1. Перед вмиканням ПР необхідно прибрати з маніпулятора і його робочої зони всі сторонні предмети та інструмент.

4.1.2. Забороняється працювати з ПР особам, які не пройшли інструктаж по техніці безпеки.

4.1.3. Категорично забороняється входити в робочу зону включеного ПР.

4.1.4. При перших ознаках неполадки і некерованості ПР його варто негайно відключити (кнопка «СТОП» на УЦМ-30).

4.2. Порядок встановлення:

4.2.1. УЦМ-30 повинен бути встановлений у такому місці, щоб оператор мав можливість візуально контролювати роботу маніпулятора.

4.2.2. Закріпити на захоплювачі, відповідно до форми об'єкта маніпулювання, губки, або, при необхідності, замінити захоплювач. Вага захоплювача з вантажем не повинна перевищувати 5 кг.

4.2.3. Відповідно до висоти обслуговуваного обладнання відрегулювати висоту руки робота від рівня підлоги.

4.2.4. Відповідно до розташування обслуговуваного обладнання відрегулювати взаємне кутове розташування рук шляхом повороту консолей і забезпечити необхідний мінімальний або максимальний радіус робочої зони обслуговування переміщенням корпусу руки в консолях.

4.3. Підготовка промислового робота до роботи.

4.3.1. Підготовка промислового робота до роботи складається з таких основних етапів:

- підготовка технологічної карти переходів;
- підготовка УЦМ-30 до роботи;
- вмикання УЦМ-30;
- запис програми на платі задання програм;
- підготовка маніпулятора до роботи.

4.3.2. Підготовка технологічної карти переходів.

4.3.2.1. Весь цикл роботи робота на виробничій ділянці повинен бути розбитий на окремі технологічні переходи, які повинен виконати робот:

- а) переміщення деталі в просторі від однієї точки до іншої;
- б) затиск або розтиск захоплювача;
- в) подачу команд на обладнання і прийом відповідних команд;
- г) витримку часу для прискореного проходу точок без позиціонування.

Зазначені переходи записуються послідовно в порядку їхнього відпрацювання в циклі в технологічну карту переходів.

4.3.2.2. На основі технологічної карти переходів формується програма циклу робота. В одному кадрі програми (рядок плати задання програм) можуть бути записані відразу декілька із зазначених переходів, виконуваних послідовно.

4.3.2.3. Кадри програми переміщення рук робота в просторі, прямі команди на обладнання і отримані команди з обладнання, витримки часу для

прискореного проходу точок нумерується окремо в порядку їхнього проходження в циклі.

4.3.2.4. Число прямих і підтверджуючих команд повинно бути не більше 7, число команд на витримку часу для прискореного проходу точок – не більше 3. Число кадрів – не більше 32.

4.4. Підготовка пристрою циклового програмного керування УЦМ-30 до роботи.

4.5. Підготовка маніпулятора до роботи.

Підготовка маніпулятора до роботи складається з таких етапів:

- настроювання кінцевого положення рук;
- настроювання давачів положення;
- настроювання швидкості переміщення рук;
- настроювання інтенсивності гальмування;
- перевірка перед роботою.

4.5.1. Настроювання кінцевого положення рук

У відповідності з розташуванням технологічного обладнання послідовно виставити упори, забезпечивши необхідні розміри переміщень рук по всіх координатах (рис. 1):

- упор 1 обмежує втягування руки;
- упор 2 обмежує висування руки;
- упори 3, 4, 5, 6 обмежують поворот захоплювача;
- упор 7 обмежує підйом рук;

– упори 8, 9, 10, 11 визначають відповідно точки позиціювання 1, 2, 3, 4 при повороті рук. Налагодження упорів 8, 9, 10, 11 здійснюють таким чином: за допомогою пульта ручного керування повертають руки в необхідне положення. Гайками упорів 8, 9, 10, 11 відрегульовують точне положення рук.

4.5.2. Настроювання давачів положення

Настроювання здійснюють таким чином. Виставити руки робота на упор у потрібне положення і переміщати відповідний флажок (табл. 2) за допомогою спецключа доти, поки не загориться лампочка «контроль» на УЦМ-30. Це положення прапорця зафіксувати.

Таблиця 2

Назва руху	Що визначає момент вмикання давача	№ рисунка, на якому винесені зазначені позиції
Підйом і опускання рук	Положення двох прапорців поз. 2 на качалці поз. 1	
Поворот рук	Положення чотирьох прапорців позиція 20 на обіймах поз. 4. Верхній і нижній прапорці сигналізують про поворот рук у положення 2 і 3, а два середні прапорці – про поворот рук у положення 1 і 4.	Рис. 8

4.5.3. Настроювання швидкості переміщення рук

Швидкість повороту рук навколо вертикальної осі регулювати гвинтом на гальмівному золотнику (рис. 9).

Швидкість підйому рук регулюється дроселем 42 (рис. 7).

Швидкість повороту захоплювача регулюється дроселем 44 (рис. 6).

4.5.4. Настроювання інтенсивності гальмування

Здійснити регулювання інтенсивності гальмування, забезпечивши безударну зупинку робочого органа маніпулятора. У табл. 3 зазначено яким дроселем провадиться регулювання інтенсивності гальмування при переміщенні робочого органа по відповідних координатах.

Таблиця 3

Назва	Номер позиції	Номер рисунка, на якому винесені зазначені позиції
Висування і втягування руки	34	6
Підйом рук	36	7
Опускання рук	21	8
Поворот рук	3	9

4.5.5. Перевірка перед роботою:

а) зробити зовнішній огляд маніпулятора; наявність сторонніх предметів та інструменту на механізмах і в робочій зоні недопускається;

б) перевірити наявність тиску повітря в мережі, відкривши вентиль 8 (рис. 5). Тиск повітря в пневмосистемі повинен бути не менший $4,5 \text{ кгс/см}^2$ по показам манометра 9 (рис. 5);

в) перевірити настройку регулятора тиску;

г) випробувати за допомогою пульта наладки роботу маніпулятора.

4.5.6. Перед запуском усього комплексу в автоматичному режимі оглянути і випробувати в налагоджувальних режимах технологічне обладнання, яке обслуговується роботом.

5. Типова компоновальна схема РТК холодного листового штампування деталей на базі промислових роботів «Циклон-5»

Типова компоновальна схема роботизованого комплексу холодного листового штампування на базі роботів «Циклон-5» показана на рис. 10. РТК може працювати або як два незалежних роботизованих модулі, або як лінія двоопераційного штампування. При необхідності на основі цих комплексів можна створювати лінії багатоопераційного штампування.

Різноманіття форм штампованих заготовок і різноманітні властивості маніпуляторів обумовили наявність у складі РТК завантажувальних пристроїв двох типів: магазинного і шибєрного. Магазинний пристрій 11 із верхньою

необхідності можна використовувати механічні захоплювачі. Для нормальної роботи штампа 2 і преса 1 необхідно мати інформацію про положення заготовки в робочій зоні штампа в момент робочого ходу преса. Цю інформацію видає на систему керування РТК пристрій 7 контролю знімання деталі зі штампа. На шляху переміщення маніпулятора з захопленою заготовкою в штампі встановлений електричний безконтактний давач. Як тільки заготовка виявиться в зоні дії датчика, у ланцюг блокування надійде сигнал на продовження циклу роботи РТК і вмикання преса. Якщо в захоплювачі не виявиться деталі, то при його проході над датчиком у ланцюг блокування надійде сигнал на заборону роботи РТК і пуску преса. За допомогою системи керування РТК здійснює електричний зв'язок між роботом, пресом і всіма допоміжними пристроями. Система керування являє собою стаціонарний блок-стійку, на якій розташовані блок системи зовнішньої інформації, блок керування і пульт керування.

У комплекс входять також відкатний пристрій 10, блоки 13 керування пресами, тара 4 і пристрій 8 керування робота типу УЦМ-30.

6. Хід роботи

14. Вивчити принцип роботи і будову промислового робота «Циклон-5» використовуючи опис і реальну конструкцію. Визначити місця встановлення основних вузлів маніпулятора.
15. Вивчити принцип роботи і конструкцію приводів лінійного переміщення виконавчого органу промислового робота «Циклон-5». Звернути увагу на розташування демпферів, вивчити конструкції дроселів і спосіб їх регулювання.
16. Вивчити принцип роботи і конструкцію механізмів підйому і повороту виконавчого органу промислового робота «Циклон-5».
17. Вивчити конструкцію захоплюючого пристрою, використовуючи креслення і реальну конструкцію.
18. При відсутності подачі повітря в пневмосхему оцінити вручну рухомість виконавчого органу робота при висуненні і повороті, зусилля руху з початкового положення.
19. Схематично зарисувати компоувальну схему ПР.
20. Визначити кількість степеней рухомості промислового робота і встановити в якій системі координат він працює.
21. Зобразити на компоувальній схемі робочу зону промислового робота і вказати її розміри. Для визначення розмірів робочої зони необхідно зробити заміри величин лінійного і кутового переміщення рухомих ланок промислового робота.
22. Зобразити кінематичну схему промислового робота. На кінематичній схемі зобразити місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів ПР та місця кріплення демпфуючих пристроїв.
23. Вивчити послідовність роботи окремих елементів ПР. Зобразити алгоритм роботи РТК холодного листового штампування деталей на базі роботів

«Циклон-5» (див. п. 5 і рис. 10), для цього: сформулювати функції, виконувані кожним елементом РТК; скласти перелік контрольних функцій; скласти перелік позациклових функцій; побудувати алгоритм функціонування РТК (див. додаток А).

24. Оцінити час необхідний на виконання робочих рухів окремих ланок ПР (див. табл. 1). Зобразити циклограму роботи РТК холодного листового штампування деталей, приймаючи час штампування деталі кожним пресом рівним 2 с.
25. Обчислити продуктивність РТК холодного листового штампування деталей.

7. Звіт по роботі

Звіт повинен містити:

7. Основні відомості про ПР «Циклон-5»;
8. Висновки по пунктах 1...5, 7 ходу роботи;
9. Компонувальну схему ПР на якій повинна бути зображена його робоча зона та вказані її розміри;
10. Кінематичну схему промислового робота, на якій повинні бути зображені місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів ПР та місця кріплення демпфуючих пристроїв;
11. Компонувальну схему РТК холодного листового штампування деталей на базі роботів «Циклон-5».
12. Алгоритм та циклограму роботи РТК холодного листового штампування деталей.

8. Контрольні запитання

1. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості пневмоприводів лінійного і обертового руху виконавчого пристрою робота «Циклон-5».
2. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості гідравлічних демпферів для амортизації поступальних і обертових рухів виконавчого пристрою промислового робота.
3. Вказати способи регулювання швидкості руху ланок пневматичних приводів промислового робота.
4. Вказати негативні фактори, які впливають на роботу ПР викликані недостатнім демпфуванням руху виконавчого пристрою робота.
5. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості давачів кінцевого положення виконавчих елементів промислового робота.
6. Обґрунтувати у яких технологічних процесах допускається застосування циклових роботів.
7. Які ви знаєте методи оптимізації розміщення обладнання у виробничих системах? Дайте їм порівняльну характеристику.
8. Приведіть постановку задачі оптимізації розміщення обладнання на ділянці гнучкого виробництва як квадратичну задачу про призначення.
9. Приведіть перелік техніко-економічних показників, що можуть бути використані в якості цільової функції розміщення обладнання.
10. У чому суть ітеративного методу оптимізації компоновочних рішень ГВС?

11. У чому полягає метод попарних перестановок? Які типи перестановок ви знаєте?
12. Які ви знаєте засоби виміру відстаней між розміщуваними об'єктами?
13. Для чого розробляють алгоритм функціонування РТК?
14. Склад і послідовність робіт по алгоритмізації.
15. З яких елементів складається принципова схема алгоритму управління?

Лабораторна робота № 4. Вивчення мікропроцесорної системи керування промисловим роботом МП-11.

1. Технічні відомості.

Робот МП-11 призначений для виконання операцій транспортування та орієнтації деталей при автоматизації технологічних процесів збирання, штампування, тощо, при одночасній видачі на технологічне обладнання команд керування, прийом і обробку відповідних сигналів.

Маніпулятор робота має 6 степенів рухомості. Кінематична схема маніпуляторів з позначенням степені рухомості показана на рис. 1. Привід маніпуляторів – пневматичний. Спосіб управління – цикловий, програмно-логічний. Спосіб програмування – ручний ввід програми. Маніпулятор обладнаний двома механічними універсальними захоплювачами кліщового типу.

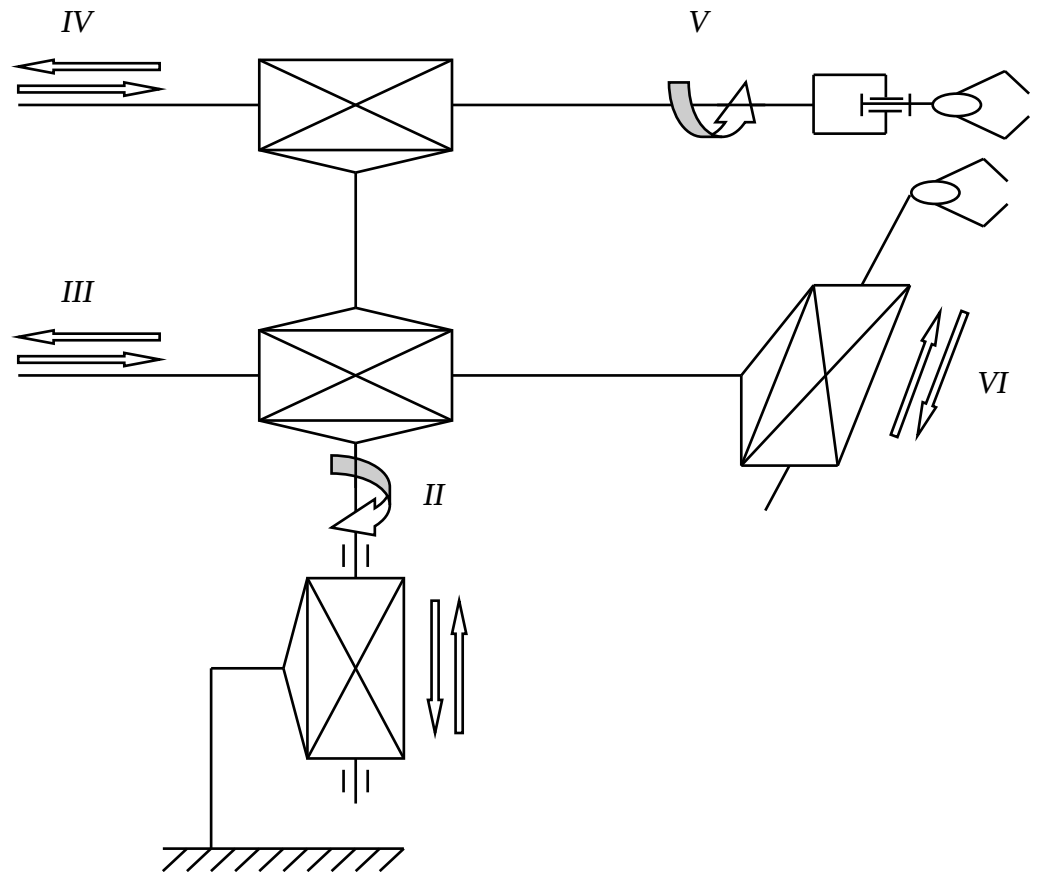


Рис. 1.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТА.

Номінальна вантажопідйомність з урахуванням маси захоплювача і губок, кг	1.0
в кожній руці	
Сумарна	2.0
Максимальна абсолютна похибка позиціювання робота, мм	≤0,1
Показники степені рухомості 1	
– максимальна величина вертикального переміщення підйому рук, мм	≥65
– час підйому (опускання) рук при максимальній величині переміщення, с	≤0,5
– максимальна швидкість підйому (опускання) рук при максимальному переміщенні, м/с	≥0,15
– максимальне прискорення підйому (опускання) рук при максимальному переміщенні, м/с ²	≥0,2
– максимальна абсолютна похибка позиціювання при підйомі (опусканні) рук, мм	≤0,04
Показники степені рухомості 2	
– максимальний кут повороту рук в горизонтальній площині, °	≥120
– час повороту рук в горизонтальній площині при максимальному куті повороту, с	≤0,85
– максимальна швидкість повороту при максимальному куті повороту, м/с	≥250
– максимальне прискорення повороту рук при максимальному куті повороту,	≥550
– максимальна абсолютна похибка позиціювання, мм	≤0,04
Показники степені рухомості 3 і 4	
– максимальна величина горизонтального переміщення (втягування, витягування) рук, мм	≥200
– час втягування (втягування) рук при максимальній величині переміщення, с	≤0,8
– максимальна швидкість втягування (втягування) рук при максимальній величині переміщення, м/с	≥0,5
– максимальне прискорення витягування (втягування) рук при максимальній величині переміщення, м/с ²	≥3,0
– максимальна абсолютна похибка позиціювання, мм	≤0,04
Показники степені рухомості 5	
– максимальний кут повороту захоплювача навколо повздовжньої осі (ротації), °	≥200
– час ротації захоплювача при максимальному куті ротації, с	≤0,4
– максимальна швидкість ротації	≥1000
– максимальне прискорення ротації захоплювача при максимальному куті ротації	≥50 000
– максимальна абсолютна похибка позиціювання, мм	≤0,04
Показники степені рухомості 6	
– максимальна величина зсуву захоплювача, мм	≥25
– час зсуву при максимальній величині зсуву, с	≥0,35
– максимальна швидкість зсуву захоплювача при максимальному зсуві, м/с	≥0,35

– максимальне прискорення зсуву захоплювача при максимальному зсуві, м/с ²	≥0,75
– максимальна абсолютна похибка позиціонування, мм	≤0,04
– число точок позиціонування по кожній ступені рухомості	2

Показники захоплюючого пристрою

– зусилля захоплення контрольного вантажу, Н (кгс)	≥12 (1,2)
– час захоплення (розтиску), с	≤0,75
– хакактерні розміри захоплювального предмету, типу вал, фланець	
діаметр, мм	50
довжина, мм	43
– максимальний кут між руками, °	≥100
– мінімальний кут між руками, °	≤20

Показники пристрою керування

– число одночасно керованих рухів по степенях рухомості (крім повороту і висунення руки)	4
– число каналів зв'язку з зовнішнім обладнанням (крім маніпулятора):	
на вхід	32
з них під'єднаних до внутрішнього джерела живлення +1,2 (24–3,6) В	16

Параметри вхідних сигналів

– напруга живлення каналів, з'єднаних з внутрішнім джерелом живлення (зовнішнє обладнання і маніпулятор), В пост.струму	+1,2 24–3,3
– напруга живлення вільних входів (що живляться від зовнішнього джерела живлення), В пост.струму	20–30
– струм, що соживає один канал, при $U_{жив}=24$ В, мА	≤13

Параметри вихідних сигналів

– максимальний струм навантаження одного каналу, А	≤0,5
– напруга живлення каналів, під'єднаних до внутрішнього джерела живлення, В	+1,2 24–3,6
– робоча напруга вільних каналів (що живляться від зовнішнього джерела живлення), В пост.струму	20–30

Інші параметри

– об'єм пам'яті робочих програм, КБайт/команд	1/512
– час зберігання рообчої програми при відключені живлення, місяців	≥6
– тиск пневмосистеми, МПа (кг/см ²)	0,4+0,1 (4+1)
– розхід стиснутого повітря, м ³ /с	≤0,002
– енергоживлення: мережа змінного струму	
напруга, В	220 ⁺²² ₋₃₃
частота, Гц	50±1
повна потужність, що споживається, В·А	≤250

Маса робота, кг ≤93

Габаритні розміри:

маніпулятора МП–11, мм	≤990♦990♦445
пристрою МПЦУ, мм	≤450♦395♦205
вузла підготовки повітря, мм	≤480♦240♦180
з'єднувальних кабелів, мм	≥5000

2. Будова і принцип роботи комплексу

Комплекс включає в себе маніпулятор, з'єднаний пневмотрубною з вузлом підготовки повітря і кабелями з пристроями керування.

Пристрій під'єднується до пневмомережі і однофазної мережі живлення змінного струму. Повітря надходить з вузла підготовки повітря, який забезпечує регулювання величини необхідного тиску повітря, його очищення від вологи і змащування пневмоциліндрів ступеней рухомості. Перемикання електро-пневморозподільників виробу у відповідності з заданою програмою забезпечує пристрій керування, видаючи на котушки електро-пневморозподільників керуючі команди.

Послідовність і необхідна кількість рухів ступеней рухомості встановлюється в пам'яті робочих програм за допомогою пульта пристрою керування. Сигнал про виконання запрограмованого руху (крім захоплювачів) видають давачі – магнітокеровані електричні контакти при роботі по шляховому принципу – або він формується в пристрої керування при роботі по часовому принципу. При відсутності сигналу підтвердження виконавчого руху маніпулятор зупиняється.

Пристрій керування забезпечує керування технологічним обладнанням, що працює разом з виробом, а також приймання і обробку відповідних сигналів.

Маніпулятор МП–11.

Маніпулятор призначений для виконання операцій транспортування і орієнтації деталей при роботі в автоматичному режимі по командах з пристрою керування.

Маніпулятор виконаний у модульному виконанні, який дозволяє проводити перекомпоновку вузлів – модулів з метою отримання деякого ряду виконань.

Пристрій керування (ПК).

ПК призначений для формування керуючих сигналів на маніпулятор МП–11 і технологічне обладнання у відповідності з послідовністю, яка задана програмою і технологічного обладнання і проведення логічної обробки сигналів давачів.

Основні режими роботи ПК:

- **АВТОМАТИЧНИЙ** (режим “А”);
- **КРОКОВИЙ** (режим “Ш”);
- **РУЧНИЙ** (режим “Р”);
- **ОГЛЯД ПРОГРАМИ** (режим “ПП”);
- **ВВІД ПРОГРАМИ** (режим “ВП”);
- **ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАВІАТУРА** (режим “Р” з доповнюючою індикацією на дисплеї).

В режимі **АВТОМАТИЧНИЙ** здійснюється керування окремими модулями маніпулятора і механізмами технологічного обладнання роботехнічного комплексу безперервно у відповідності з програмою, яка записана в пам'ять робочих програм.

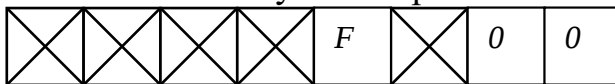
В режимі **КРОКОВИЙ** проводиться покрокове виконання програми. Після кожного виконання команди робота ПК перебивається; обробка наступної команди здійснюється після повторного натискання будь-якої кнопки пульта керування ПК (крім кнопки “**P**”).

В режимі **ВВІД ПРОГРАМИ** проходить запис робочої програми, яка вводиться з пульта керування ПК.

В режимі **ОГЛЯД ПРОГРАМИ** проводиться послідовний ввід вмісту пам’яті робочих програм на однострічковий дисплей ПК. Цей режим служить для перевірки правильності вводу програми.

В режимі **РУЧНИЙ** ПК обробляє команду, яка введена з пульта керування. Після виконання команди ПК переходить в режим чекання вводу.

Режим **ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАВІАТУРА** є модифікацією режиму **РУЧНИЙ**. В режимі **ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАВІАТУРА** ПК виробляє сигнал керування модулями маніпулятора натисканням однієї кнопки. По цій команді ПК виробляє сигнали, які необхідні для здійснення якого-небудь руху, видаючи команди виконання і вимикання відповідного електропневморозподільвачів маніпулятора і контролюючи виконання руху по сигналах давачів. Вмикання режиму проводиться одночасним натисканням кнопок “**P**” і “**6**”. При цьому засвічується індикатор режиму “**P**”, а на дисплеї появляється наступне зображення:



– елемент погашений.

При натисканні кнопки відповідно до таблиці будуть виконуватись команди керування маніпулятором.

Формат команди для запису в пам’ять	Кнопка, що натискається в режимі ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАВІАТУРА	Дія, яка виконується	Найменування використуван их входів / виходів
F000	0	Висування руки	00
F100	1	Втягування руки	01
F200	2	Поворот вправо	02
F300	3	Поворот вліво	03
F400	4	Підйом	04
F500	5	Опускання	05
F600	6	Зсув захоплювача вправо	06
F700	7	Зсув захоплювача вліво	07
F800	8	Обертання захоплювача по годинниковій стрілці	08
F900	9	Обертання захоплювача проти годинникової стрілки	09
FA00	A	Розтиск	0A
FB00	B	Затиск	0A

ПРИМІТКА: Позначення $\overline{0A}$ показує що вихід $0A$ при виконанні цієї команди відключається

Під час виконання команди, до її закінчення, на елементі дисплея після F з'являється код руху (символ натисненої кнопки), який зникає після виконання команди.

Команди функціональної клавіатури програмно доступні: вони можуть включатись в програму роботи робота. Формат команди наведений в таблиці 1. Замість коду затиску захоплювача FB00 можна набрати 060A, а замість коду команди розтиску захоплювача FA00 можна набрати 050A – ці команди рівнозначні.

Контроль положення робочих органів маніпулятора і технологічного обладнання здійснюється з допомогою світлодіодних індикаторів на ПК з'єднаних з давачами маніпулятора і технологічного обладнання. Програма роботи робототехнологічного комплексу формується послідовним вводом команд з пульта управління в пам'ять робочих програм ПК.

Вузол підготовки повітря (ВПП) призначений для регулювання тиску повітря, яке подається в маніпулятор, очистка повітря від твердих частинок і води, розпилювання масла для змащування чатин пневмоциліндрів маніпулятора, які труться. ВПП забезпечує розпилення 1–2 крапель масла в хвилину і точність фільтрації до 80 мкм. ВПП складається з фільтра – вологовідділювача –, маслорозприскувача, клапана, зворотнього вентиля, під'єднувального штуцера, стійки.

3. Правила безпеки.

1. Перед вмиканням виробу необхідно заземлити ПК і маніпулятор до мідної шни або мідним багатожильним проводом січенням не менше 10 мм². Опір заземлення не повинен перевищувати 0,1 Ом.
2. Робоча зона виробу повинна бути обмежена. Загальні вимоги безпеки по ГОСТ 12.2.072–82.
 - 2.1. Обладнання не повинно обмежувати технологічні можливості маніпулятора, зручності обслуговування і візуального спостереження за роботою маніпулятора в автоматичному режимі.
 - 2.2. Відстань від огороження до маніпулятора в крайніх положеннях повинна бути не менше 100 мм.
3. ПК повинен бути встановлений за границями зони огороження.

4. Підготовка до роботи.

1. Заберіть з робочої зони всі посторонні предмети.
2. Перевірте з'єднання складових частин виробу.
3. Випустіть конденсат з фільтра – вологовідділювача і ВПП.
4. Перевірте наявність масла в маслорозприскувачі. Він повинен бути заповнений на $\frac{3}{4}$ маслом індустриальним И–20А ГОСТ 20779–75. При необхідності долийте його.
5. Роз'єми 06–0F↑, 10–1F↓ і 10–1F↓↑ ПК з'єднайте, при необхідності, кабелем з технологічним обладнанням.

6. Клапаном встановіть тиск пневмомісткості 0,2–0,3 МПа (2–3 кг/см²), контролюючи його величину по манометру.
7. Складіть програму, яка відповідає заданому алгоритму роботи виробу, помістивши на початковому адресі переходу до програми приведення маніпулятора в вихідне положення. Включіть ПК кнопкою “Сеть”. В режимі **ВВІД ПРОГРАМИ** введіть програму в пам’ять ПК.
8. Перевірте правильність вводу програми в режимі **ОГЛЯД ПРОГРАМИ**. Якщо введеон правильно порахуйте контрольні суми по кожній сторінці пам’яті і запишіть ці цифри для подальшого контролю зберігання програми.
9. Встановіть режим **ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАВІАТУРА** одночасним натиском кнопок “Р” і “6”.
10. Клапаном ВПП послідовно доведіть тиск в пневмомережі до 0,4–0,5 МПа (4–5 кг/см²).
11. Натисканням почергово на кнопки “0” – “А” впевніться в справності амортизатора повороту, демпфера і в забезпечені необхідної швидкості спрацювання ланок маніпулятора.
12. При необхідності відрегулюйте швидкість спрацювання ланок, амортизаторів, демпферів.
13. Кнопками “0” – “А” встановіть маніпулятор в положення, яке відповідає початку циклу при його спільній роботі з технологічним обладнанням.
14. Перевірте стан технологічного обладнання, при еобхідності встановіть його в положення, яке відповідає циклу при його спільній роботі з маніпулятором.
15. Натисніть кнопку “СБРОС”.
16. Встановіть **КРОКОВИЙ** режим одночасним натиском кнопок “Р” і “2”.
17. Натисканням будь-якої із кнопок (крім “Р”) впевніться в правильності відпрацювання кроку програми. Послідовно натискаючи на кнопки впевнитись в правильності відпрацювання всієї програми.
18. При необхідності поведіть корекцію потрібних кадрів програми.
19. Натисніть одночасно кнопки “Р” і “0”. Перевірте правильність відпрацювання повного циклу роботи комплексу.
20. Перевірте по циклограмі роботи комплексу час відпрацювання одного циклу. При необхідності проведіть корекцію програми, вводячи в програму часові затримки.
21. При необхідності зупинки роботи виробу переключіться в режим **РУЧНЕ УПРАВЛІННЯ** одночасним натиском кнопок “Р” і “1”. Для продовження роботи виробу натисніть одночасно кнопки “Р” і “0” при цьому ПК продовжує виконання програми в режимі **АВТОМАТИЧНИЙ**.
22. В вихідному положенні маніпулятора і технологічного обладнання встановіть перемикач режиму в положення **АВТОМАТИЧНИЙ**, натиснувши одночасно кнопки “Р” і “0” . при цьому виріб повинен працювати в автоматичному режимі, багаторазово виконуючи запрограмовані дії.
23. Для зупинки виробу, який працює в автоматичному режимі натисніть одночасно кнопки “Р” і “1”, при цьому відпрацювавши текучу команду

програми, виріб зупиняється і переходить в режим **РУЧНИЙ**.

24. Повне виключення виробу проводиться кнопкою “**АВАРИЙНЫЙ СТОП**”.
25. При роботі виробу разом з технологічним обладнанням треба дотримуватись наступного порядку вмикання і вимикання виробу: виріб повинен вмикатись першим, а вимикатись останім по відношенню до технологічного обладнання.
26. Вмикання виробу проводити при пониженому (0,2–0.3 МПа), а вимикання при знятому тиску в пневмомережі.
27. При тривалій перерві в роботі робототехнічного комплексу перед початком роботи перевірте контрольні суми сторінок програми. При розходженні з раніше записаними, перевірте програму в режимі **ОГЛЯД ПРОГРАМИ** і, при необхідності, відкоректуйте програму в режимі **ВВІД ПРОГРАМИ**.

Хід роботи.

1. Отримайте у викладача алгоритм програми.
2. Скасти програму (зліва повинен стояти номер кадру у гексагональній системі числення. Далі код операції, операнд і назва операції).
3. Ввести програму в пам'ять стійки керування.
4. Зробити перевірку у прямому чи зворотньому напрямку використовуючи режим **P4** або **P5**.
5. Подати стиснуте повітря від пневмомережі, відкривши вхідний кран.
6. Перейти в **КРОКОВИЙ РЕЖИМ** та перевірити виконання кожної команди.
7. Виставити початкове положення (в ручному режимі).
8. Перейти в автоматичний режим і спострігати роботу робота.

Лабораторна робота № 5. Визначення статичних і динамічних характеристик термоелектричних давачів методом математичного моделювання

МЕТА РОБОТИ

1. Ознайомитися з конструкцією та принципом роботи датчика.
2. Зняти дослідним шляхом вихідну характеристику датчика.
3. Визначити ціну поділки і чутливість, а також встановити вплив напруги на точність роботи датчика.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Температурою називається величина, що характеризує степінь теплоти речовини. Це визначення температури базується на явищі теплообміну між двома тілами, що знаходяться в тепловому контакті. Найбільше розповсюдження в харчовій промисловості набули методи визначення температур, побудовані на зміні наступних властивостей вимірюваного тіла при змінах температури: об'єм (довжина); тиск при сталому об'ємі; термоелектрорушійна сила в місті дотику двох різнорідних металів; електричний опір провідників; інтенсивність випромінюваність нагрітих тіл.

В залежності від характеристик тіла розрізняють термометри розширення, манометричні термометри, термопари, термометри опору і пірометри випромінювання (оптичні, радіаційні, фотоелектричні та ін.).

Біметалічні термометри розширення найбільш часто використовуються в релейних системах і являють собою дві тонкі металічні пластинки з різними температурними коефіцієнтами лінійного розширення (наприклад, інвар і сталь), жорстко з'єднані між собою по всій площі дотику. В стержневому (дилатометричному) термометрі розширення при зміні температури проходить розтягнення стержня (кварцевого чи з інвара), що впирається в дно сталюї трубки. Манометричні термометри використовуються в регуляторах прямої дії.

В автоматичних регуляторах найбільш часто використовуються термометри опору і термопари.

Дія термометрів опору базується на зміні опору провідників і напівпровідників в залежності від температури. Найбільш широке використання в якості датчиків температури получили металічні і напівпровідникові (термістори) термоопору.

Металічні термоопори виготовляються з чистих металів: міді, заліза, нікеля та платини. Залежність опору від температури приблизно підпорядковується лінійному закону до температур 100-200°C, а вище цих температур відхиляться від лінійності різноманітної для різних металів (наприклад, для міді в межах -50 – +150°C). З збільшенням температури опір таких датчиків зростає. Залежність опору від температури виражається наступним чином:

$$R_t = R_0(1 + at)$$

де R_t – опір при робочій температурі;

R_0 – опір при 0°C ;

α – температурний коефіцієнт опору (для міді $\alpha = 4,3 \times 10^{-3}$).

Найбільш стабільний та часто використовуваний в автоматичі є платиновий термоопір. Його характеристика в діапазоні температур $-50 \div +660^\circ\text{C}$ виражається формулою:

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2),$$

де $A = 3,94 \cdot 10^{-3}$; $B = -5,8 \cdot 10^{-7}$.

Платинові термометри опору позначаються ТСП, мідні-ТСМ. Платина використовується в виді тонкого дроту діаметром 0,05-0,07 мм, мідь в виді дроту діаметром 0,1 мм.

В вітчизняних термометрах величина опору датчика складає для платинових 10,46 і 100 Ом, для мідних-53 і 100 Ом (при $t = 0^\circ\text{C}$). Одним з недоліків термоопорів є велика інерційність (стала часу), що досягає декількох хвилин. Передаточна функція такого датчика:

$$W(p) = \frac{K}{Tp + 1}$$

де K - коефіцієнт підсилення;

T - стала часу.

Напівпровідниковий термопір, в якого електричний опір різко зменшується при збільшенні температури, називається термістором. Термістори виготовляються з окисів металів (окису міді, нікелю, марганцю, кобальта, титану тощо), а також із сульфідів, нітрідів і карбідів цих металів. Залежність між опором і температурою для широкого класу напівпровідників виражається формулою:

$$R = Ae^{\frac{B}{T}},$$

де A і B – постійні; T - температура, К.

Чутливість напівпровідникових термоопорів значно вища, чим металічних. Термістори при температурі 20°C мають опір від сотень до сотень тисяч Ом. Вони можуть працювати при температурах від -100°C і нижче до

+400°C і вище. Постійна часу термисторів в залежності від конструкції може змінюватися від долей секунди до десятків секунд.

Термоелектричні датчики (термопари) складаються з двох різнорідних провідників (термоелектродів) А і Б, кінці яких спаяні між собою (Рис. 1). При різній температурі в точках з'єднання (t_1 і t_2) в ланцюзі термопари з'являється ЕРС тим більша, чим більша різниця температур на її кінцях. Робочим кінцем термопари називається, спай, який поміщається в середовище, температуру якої потрібно виміряти. При використанні термопари в якості датчика її попередньо градуують, тобто визначають залежність ЕРС від температури робочого кінця при певній температурі вільного кінця, яка, як правило рівна 0 і 20°C.

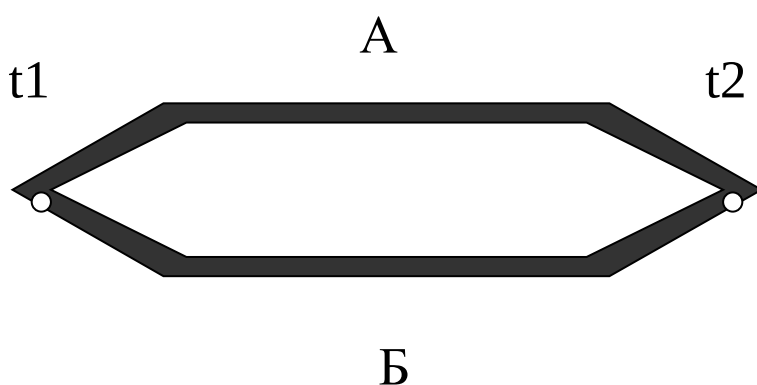


Рис. 1. Термопара.

Термоелектроди можна розділити на термопозитивні і термонегативні. Термопозитивними називається термоелектрод, на якому при з'єднанні його з хімічно чистою пластиною при температурі робочого кінця, більш високою, чим температура вільного кінця, утворюється позитивний потенціал по відношенню до платини. Термонегативним називається термоелектрод, на якому в тих самих умовах утворюється від'ємний потенціал по відношенню до платини.

В таблиці 1. наведені найбільш широко застусовані термопари робоча температура застосування яких при тривалому нагріві і термо-ЕРС при максимально робочій температурі вільного кінця 0°C. В найменуванні термопар першим вказаний позитивний термоелектрод.

Таблиця 1.

Матеріал термопар	Максимальна робоча температура, °C	ЕРС при максимальній робочій температурі, мВ
-------------------	------------------------------------	--

Мідь- константан	350	17,1
Залізо- копель	600	37,4
Хромель копель	600	49,0
Ніхром- нікель	1000	36,7
Хромель- алюмель	1000	41,31
Платинородій- платина	1300	13,15

Конструктивні форми виконання термопар досить таки різноманітні. Постійна часу термопар змінюється від декількох хвилин до десятих долей секунди. Термопари використовуються при регулюванні температури електронним регулятором ЭР-Т-59 та інші.

Передаточна функція датчиків має вигляд:

$$W(p) = \frac{1}{Tp + 1}$$

ХІД ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Ознайомитись з конструкцією та принципом роботи різних типів термічних датчиків.
2. Отримати допуск до лабораторної роботи.
3. Визначити статичні і динамічні характеристики термоелектричних давачів у відповідності з варіантом.
4. Представити отримані характеристики в табличному вигляді.
5. Оформити звіт.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕННЯ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості
3. Функційні залежності.
4. Таблиці функційних залежностей.
5. Висновки по роботі.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Пояснити принцип дії біметалічного термометра розширення?
2. На чому базується робота термометрів опору?
3. В чому полягає залежність опору від температури в термоопорах?

4. Перечислити недоліки термоопорів?
5. Що таке термістор?
6. Яким чином впливає конструкція термісторів на сталу часу?
7. З чого складаються термоелектричні датчики?
8. Що таке робочий кінець термопари?
9. Пояснити різницю між термопозитивними і термонегативними термоелектродами?
10. Де використовуються термопари?

Лабораторна робота № 6. Побудова кривої перехідного процесу в системах автоматизованого регулювання температури методом трапецеїдальних характеристик

Мета: Під час виконання лабораторної роботи ознайомитись з методом частотних трапецеїдальних характеристик, який служить для побудови кривої перехідного процесу.

1.Короткі теоретичні відомості.

Вибір параметрів автоматичних систем із умов статичного розрахунку, стійкості і якості перехідного процесу є наближеним. Для цього в кінці досліду будується крива перехідного процесу і безпосередньо по ній оцінюють наскільки виконані умови при проектуванні автоматичних систем.

Побудувати криву перехідного процесу – це означає розв’язати тим чи іншим методом диференціальне рівняння з даними коефіцієнтами, які описують дану автоматичну систему. Існує декілька методів побудови кривої перехідного процесу.

Для побудови кривих перехідних процесів в лінійних системах при довільному вигляді правої частини використовують операційний метод. Для побудови кривої перехідного процесу на лінійну систему діють одиничною функцією чи імпульсом. Для цього може бути використаний метод трапецеїдальних частотних характеристик. Перевагами цього методу є те, що його можна використати в системі в якій відомі рівняння не всіх ланок: для деяких ланок частотні характеристики зняті експериментально.

Вказаний метод оснований на зв’язку перехідного процесу з суттєвою частотною характеристикою $U(\omega)$ замкнутої автоматичної системи. Для одиничного скачка цей зв’язок визначається формулою:

$$x(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} \frac{U(w)}{w} \sin w \cdot t dw \quad (1)$$

і при зовнішній дії в вигляді одиничного імпульсу – формулою:

$$x(t) = \frac{2}{\pi} \cdot \int_0^{\infty} U(w) \cdot \cos w \cdot t dw \quad (2)$$

Оскільки частотна характеристика $U(\omega)$ знаходиться в складній залежності від ω то порахувати інтеграл по формулах (1), (2) важко. Точну частотну характеристику можна замінити приблизною, апроксимуючи її ламаною так, щоби можна було $U(\omega)$ представити в вигляді суми трапецеїдальних частотних характеристик (мал.1а). Трапеції повинні вибиратися так, щоб кожна з них мала

одну бокову сторону, перпендикулярну до основи, і щоб загальна площа з врахуванням знаків трапецій була рівна площі (з точністю апроксимації), яка знаходиться між кривою $U(\omega)$ і віссю ω . Сума початкових ординат трапецій повинна бути рівна початковій ординаті частотної характеристики (мал. 1б). Частина характеристики при великих частотах, де значення ординат малі, відкидаються. В силу заміни точної характеристики сумою трапецій метод стає наближеним. Тоді обчислення інтегралів рівнянь (1), (2) для трапецеїдальних характеристик значно спрощується.

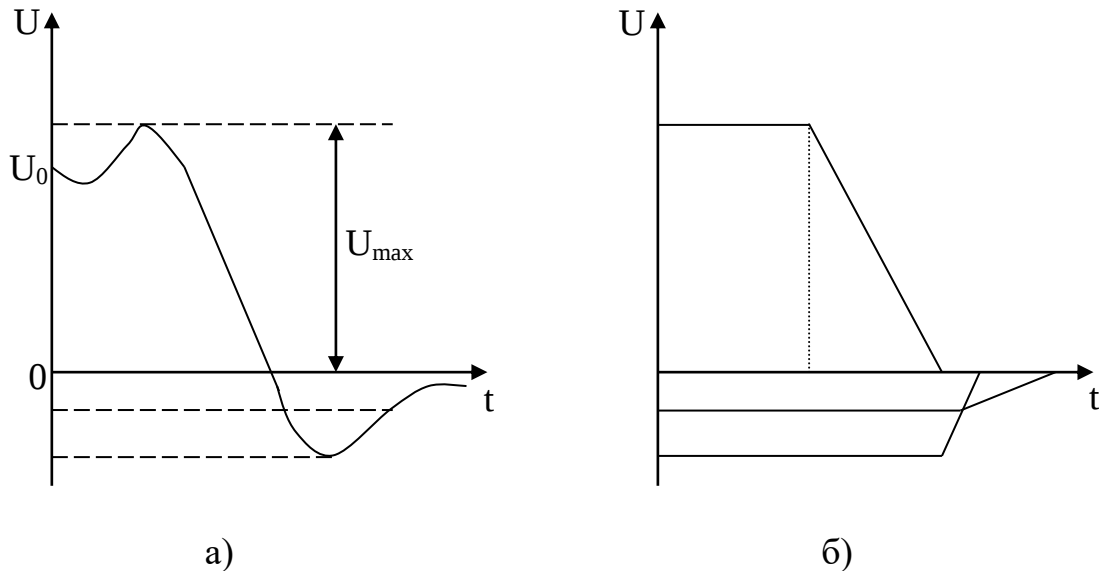


Рис.1. Частотна характеристика дослідної системи.

1.1. Побудова кривої перехідного процесу в САР.

Побудова кривої перехідного процесу по методу В.В.Солоднікова базується на заміні істинної $\varphi x U_3(\omega)$ замкнутої системи САР сумою трапецій. Для кожної трапеції знаходиться крива перехідного процесу за допомогою h -функцій. Сума кривих, одержаних окремих трапецій, дасть криву перехідного процесу системи.

Методика побудови кривої перехідного процесу по частотній характеристиці замкнутої системи:

1. Розбиття істинної частотної характеристики (φx) на i трапеції.
Визначення для кожної з трапецій w_{d_i} , w_{cp_i} , h_i .
2. Визначення для кожної з трапецій нахил:

$$\chi_i = \frac{w_{d_i}}{w_{cp_i}}$$

3. В залежності від χ_i визначається інтервал часу $\bar{t}$ для розрахунку h -функцій (по таблиці).

Примітка: для більших коефіцієнтів χ вибирається менший інтервал часу t .

4. По вибраних χ_i та t знаходиться значення h -функцій.

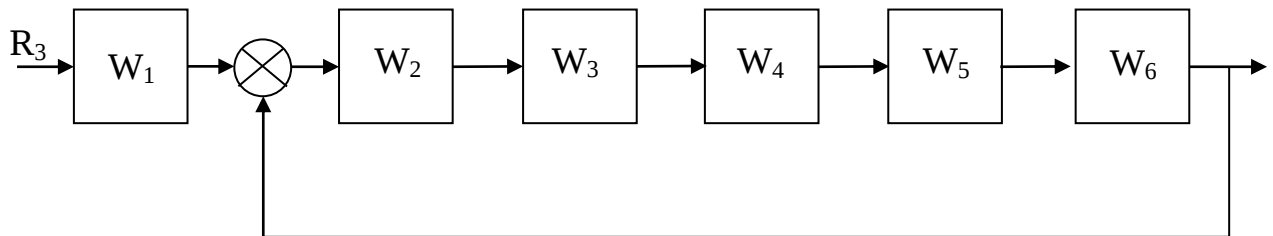
5. Одержані значення h множаться на висоту трапеції h_i .

6. Будується графік $y_i=f(t)$, де

$$t = \frac{\bar{t}}{w_{cp}} \quad (3)$$

$y=h_i \cdot h$ отримуються складові кривої перехідного процесу.

1.2. Структурна схема САР температури



$$W_p(p) = \prod_{i=1}^n W_i(p)$$

$$W_p(p) = \frac{K_p}{p} \cdot K_\alpha \cdot \frac{K_H}{T_H \cdot p + 1} \cdot \frac{K_M}{T_M \cdot p + 1} \cdot K_m \cdot K_{UM} -$$

передаточна функція розімкненої системи.

$$\text{ПФ:} \quad W(p) = \frac{U_{ВНХ}}{U_3} = \frac{K_O \cdot K_p}{p \cdot (T_M \cdot p + 1)(T_H \cdot p + 1) + K_O \cdot K_p}$$

Якщо прирівняти знаменник даного рівняння, то отримається характеристичне рівняння замкнутої системи:

$$p \cdot (T_M \cdot p + 1) \cdot (T_H \cdot p + 1) + K_O \cdot K_p = 0 \quad \text{або}$$

$$T_M \cdot T_H \cdot p^3 + (T_H + T_M) \cdot p^2 + p + K_O \cdot K_p = 0.$$

Це рівняння використовується при аналізі стійкої системи.

КПФ:

$$W(j\omega) = \frac{K_O \cdot K_p}{j\omega(T_M \cdot j\omega + 1) \cdot (T_H \cdot j\omega + 1) + K_O \cdot K_p} = \frac{K \cdot (K - (T_H + T_M)\omega^2 - j \cdot (\omega - T_H \cdot T_M \cdot \omega^3))}{(K - (T_H + T_M) \cdot \omega^2)^2 + ((\omega - T_H \cdot T_M \cdot \omega^3))^2}$$

$$R_e(\omega) = \frac{K^2 - K \cdot (T_H + T_M) \cdot \omega^2}{(K - (T_H + T_M) \cdot \omega^2 + (\omega - T_H \cdot T_M \cdot \omega^3))^2}$$

$$I_m(\omega) = \frac{\omega - T_H \cdot T_M \cdot \omega^3}{(K - (T_H + T_M) \cdot \omega^2 + (\omega - T_H \cdot T_M \cdot \omega^3))^2}$$

ПФ типових ланок, що входять до складу АС:

K_{UM} - безінерційна ланка

$\frac{K_p}{p}$ - ідеальна інтегруюча ланка

K_α - безінерційна ланка

$\frac{K_H}{T_H \cdot p + 1}$ - аперіодична ланка 1 порядку

$\frac{K_M}{K_M \cdot p + 1}$ - аперіодична ланка 1 порядку

K_T - безінерційна ланка

Звільнившись від уявності в знаменнику виразу (2) і виділивши тільки дійсну частину, отримаємо аналітичний вираз для дійсної частотної характеристики замкнутої системи:

$$U_s(\omega) = \frac{K \cdot [K - (T_1 + T_2) \cdot \omega^2]}{[K - (T_1 + T_2) \cdot \omega^2]^2 + (\omega - T_1 \cdot T_2 \cdot \omega^3)^2} \quad (4)$$

Підставивши в рівняння (4) значення параметрів: $T_1=0,02(c)$, $T_2=0,1(c)$, $K=10(1/c)$, отримаємо розрахункову формулу для побудови дійсної частотної характеристики:

$$U_s(\omega) = \frac{25 \cdot 10^6 - 3 \cdot 10^5 \cdot \omega^2}{25 \cdot 10^6 - 35 \cdot 10^4 \cdot \omega^2 + 26 \cdot 10^2 + \omega^6}$$

По отриманим даним будуємо графік U_s (рис.2). Апроксимуючи отриманий графік ламаною, отримаємо три трапецеїдальні характеристики (трапеції): перша з додатніми ординатами, друга і третя – з від'ємними.

Параметри трапеції:

I- $U_{10}=1,55$;	$w_{1d}=6$;	$w_{1c}=10,9$;	$\chi_1=0,55$;
II- $U_{20}=-0,42$;	$w_{2d}=15$;	$w_{2c}=23$;	$\chi_2=0,65$;
III- $U_{30}=-0,13$;	$w_{3d}=23$;	$w_{3c}=51$;	$\chi_3=0,45$.

$$\chi_1=6/10,9=w_{1d}/w_{1c}$$

Знаючи значення χ кожної трапеції і задавшись значеннями безрозмірного часу t по таблиці h – функцій, визначаємо значення безрозмірних ординат складових перехідного процесу.

2. Порядок роботи з програмою.

Лабораторна робота виконується з використанням ПЕОМ типу IBM. Програма виконана в діалоговому режимі.

Для виконання лабораторної роботи Вам необхідно отримати допуск. Після запуску програмою буде запропоновано декілька запитань і варіанти відповідей на них. Якщо правильних відповідей буде більше 60%, то Ви допускаєтесь до виконання лабораторної роботи, в протилежному випадку програма видає звуковий сигнал і припиняє своє виконання.

Після отримання Вами допуску на моніторі з'явиться вікно-меню.

Переміщення курсора між меню здійснюється клавішами "↑" або "↓".

Спочатку необхідно вибирати пункт "Вибір варіанту роботи", у якому вибирається вказаний викладачем варіант виконання (від 1 до 5) лабораторної роботи і відповідні йому числові дані.

Після завершення виконання лабораторної роботи слід вибрати пункт "Вихід з програми".

3. Порядок оформлення звіту.

Звіт повинен містити:

- тему і мету роботи;
- короткі теоретичні відомості;
- графік перехідного процесу;
- вхідні та вихідні параметри;
- структурну схему;
- таблицю значень;
- висновки по лабораторній роботі.

Лабораторна робота № 7. Вибір і розрахунок параметрів налагодження автоматичного регулятора

Мета роботи:

На основі експериментальних даних провести вибір типового регулятора та розрахувати його основні параметри налагодження.

Теоретичні відомості.

I. Визначення і класифікація регуляторів.

По роду дії регулятори поділяються на регулятори прямої і непрямой дії. Регулятори прямої дії – пристрої, які не потребують сторонніх джерел енергії для приведення в дію регулюючого органу. Вони застосовуються в тих випадках, коли для приведення в дію регулюючого органу не потрібно великих зусиль і чутливий елемент володіє необхідною для цього потужністю.

Регулятори непрямой дії – пристрої, які потребують для переміщення регулюючого органу додаткової енергії, що підводиться ззовні.

По роду використовуваної енергії регулятори поділяються на електричні, пневматичні, гідравлічні і комбіновані.

По способу дії регулятори бувають безперервної і перервної (дискретної) дії. Якщо відхилення регульованої величини безперервне і регулятор здійснює безперервне переміщення регулюючого органу, то такий регулятор називається регулятором безперервної дії. Регулятори, у яких при безперервному відхиленні регульованої величини регулюючий вплив змінюється через деякі проміжки часу, називаються регуляторами перервної дії. До них відносяться релейні та імпульсні регулятори.

В залежності від підтримання потрібної регульованої величини в часі регулятори поділяються на стабілізуючі, програмні і слідкуючі.

Стабілізуючі регулятори підтримують регульовану величину навколо деякого постійного значення. Якщо необхідно змінити задане значення регульованої величини, то це можна здійснити вручну при допомозі задатчика. Стабілізуючі регулятори знайшли широке застосування у харчовій промисловості. В програмних регуляторах регульована величина змінюється в часі по раніше заданій програмі, яка визначається ходом технологічного процесу, при допомозі спеціальних задатчиків. Слідкуючі регулятори змінюють значення регульованої величини в часі у відповідності із змінами якої-небудь іншої величини, яка впливає на задатчик регулятора.

В залежності від характеру вхідного сигналу, тобто від того, який показник ходу технологічного процесу використовується керуючим пристроєм, регулятор відпрацьовує той чи інший вид вихідного сигналу, що використовується для регулюючого впливу на об'єкт. Характер регулюючого впливу називається законом регулювання. Математично закон регулювання виражається алгебраїчним або диференціальним рівнянням і визначається

умовами забезпечення стійкості системи і надання потрібної якості процесу регулювання.

По відпрацьовуваному закону регулювання регулятори поділяються на пропорційні, інтегральні, ізодромні, ізодромні з випередженням.

II. Вибір регуляторів.

У практиці автоматичного регулювання промислових об'єктів особливе значення має правильний вибір регуляторів і розрахунок їх оптимальних налагоджень. Ці задачі вирішуються на стадії проектування автоматичних систем регулювання (АСР) і уточнюються в процесі налагодження регуляторів безпосередньо на працюючому об'єкті.

Цілі, які реалізуються в процесі вибору регуляторів і розрахунку їх оптимальних налагоджень, зводяться до наступного:

- АСР і регулятори, що входять в неї, повинні відповідати технологічним і експлуатаційним вимогам даного виробництва і режимним умовам регульованого об'єкту;
- система повинна бути стійкою при найбільш характерних збуреннях, властивих об'єкту;
- повинна бути забезпечена потрібна якість процесу регулювання в динамічному і статичному станах системи, включаючи динамічну точність при безперервно змінних збуреннях, експлуатаційну надійність, мінімальну вартість і економічну ефективність.

При виборі регуляторів і їх налагоджень потрібно враховувати максимально можливі збурення в умовах нормальної експлуатації, але у деяких випадках система може бути перевірена при аварійних збуреннях.

Збурення можуть бути тривалі, що перевищують по часу період регулювання, і короткочасні пікові. Тривалі збурення бувають стрибкоподібні і безперервно монотонні. Характер збурень може бути практично оцінений шляхом систематичних спостережень за роботою об'єкта по записам реєструючих пристроїв.

Методика проектування АСР в частині вибору раціонального типу регулятора і розрахунку параметрів його налагоджування визначає таку орієнтовану послідовність рішення цієї задачі, яка може змінюватися, наприклад, при постановці спеціальних досліджень, моделюванні і т. п.:

1. Складають спрощену технологічну схему регульованого об'єкта і визначають умови його регулювання.
2. Вибирають із технологічних умов регулювані величини кожної ділянки об'єкта і оцінюють необхідну точність їх підтримання.
3. Вияснюють динамічні характеристики об'єкта на основі наявних даних, або визначають їх експериментально одним із відомих методів.
4. Визначають збурюючі дії для даного об'єкту та їх характер.
5. На основі даних про динамічні характеристики об'єкта у передбаченні вибору спочатку одноконтурної АСР встановлюють тип регулюючої дії – перервне релейне або безперервне.

6. Встановлюють показники потрібної якості перехідного процесу.
7. В залежності від характеру регулюючої дії і на основі прийнятого типу перехідного процесу і показників якості встановлюють тип регулятора (закон регулювання) і перевіряють його придатність для прийнятих умов.
8. Якщо прийнятий тип регулятора не задовільняє вимоги, аналізують питання про можливість покращення динамічних характеристик ланок системи.
9. Якщо заходи по покращенню динамічних характеристик ланок системи не забезпечують стійкості і якості процесу регулювання, то переходять до аналізу імпульсного або багатоконтурного регулювання, шукаючи його раціональний варіант.

Далі вибирають рід енергоносія, конкретний конструктивний тип регулятора, вибирають і розраховують виконавчий механізм і регулюючий орган, встановлюють їх статичні характеристики.

Вибір регулюючої дії проводиться по співвідношенню часу запізнення об'єкта $\tau_{об}$ і постійної часу $T_{об}$ за слідуючою системою:

при $\tau_{об}/T_{об} < 0.2$ – релейний регулятор;

при $0.2 < \tau_{об}/T_{об} < 1$ – регулятор безперервної дії;

при $\tau_{об}/T_{об} > 1$ – імпульсний регулятор або безперервний із зміною динаміки;

Для оцінки якості перехідного процесу у відповідності з технологічними і експлуатаційними вимогами із врахуванням техніко-економічних міркувань оптимальним може виявитися процес із різним характером перехідної функції.

Для реальних умов перехідні функції процесу регулювання можуть наближатися до обмеженого числа типових перехідних процесів, один із яких буде близьким до оптимального для даного конкретного об'єкту.

Такими типовими процесами являються наступні (рис. 1):

- граничний аперіодичний із перерегулюванням, рівним нулю, мінімальним часом регулювання $t_{p.min}$ і максимальним динамічним відхиленням (рис. 1, а);
- із 20%-ним перерегулюванням при мініальному часі першого півперіода коливання t_{min} і дещо меншим динамічним відхиленням (рис. 1, б);

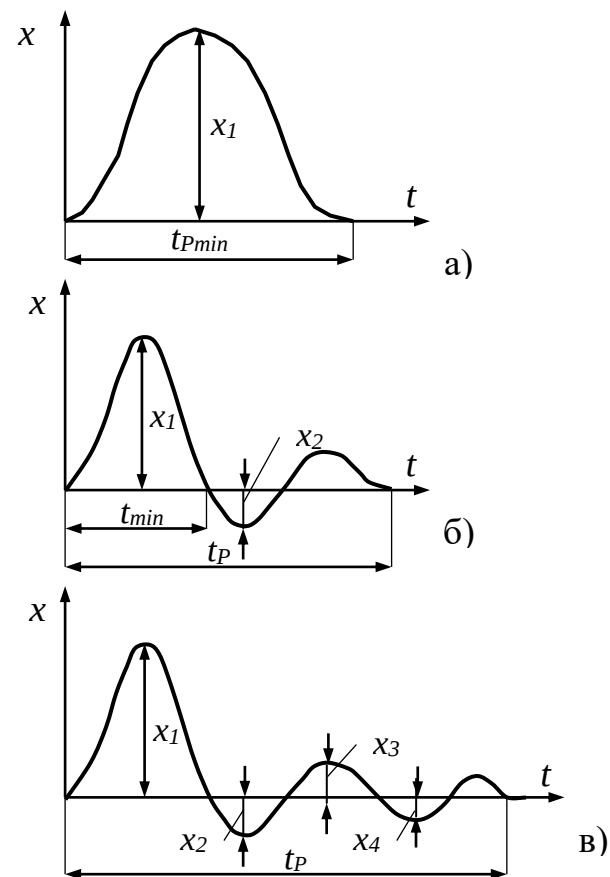


Рисунок 1.
Типові перехідні процеси

- із 40–50%-ним перерегулюванням, або з мінімальною квадратичною інтегральною оцінкою $\min \int x^2 dt$, що дає найменше відносне динамічне відхилення, але збільшений час регулювання (рис. 1, в).

Після вибору одного із типових перехідних процесів, використовуючи вихідні дані, визначають задане значення динамічного коефіцієнта регулювання, який характеризує максимальне динамічне відхилення.

Динамічний коефіцієнт регулювання для статичних об'єктів K_d являє собою відношення максимально допустимого відхилення регульованої величини x_1 в перехідному періоді, викликаного деяким одноразовим стрибкоподібним збуренням, до відношення x_0 при такому ж збуренні, але без регулюючої дії:

$$R_d = \frac{x_1}{x_0} = \frac{x_1}{k_{об} y_{\epsilon}},$$

де $k_{об}$ – коефіцієнт передачі об'єкта.

y_{ϵ} – найбільша величина стрибкоподібного збурення, в % ходу регулюючого органу.

На основі табличних даних R_d для типових перехідних процесів при різних значеннях $\tau_{об}/T_{об}$ вибирають тип регулятора.

Після вибору регулятора треба перевірити, чи забезпечує даний регулятор потрібний час регулювання при вибраному перехідному процесі. У протилежному випадку необхідно вибрати більш складний тип регулятора.

Фактичний час регулювання перевіряють по залежності між відносним часом регулювання $t_p/\tau_{об}$ і відношенням $\tau_{об}/T_{об}$ об'єкта.

Порядок роботи з програмою.

Лабораторна робота виконується з використанням ПЕОМ типу IBM. Програма виконана в діалоговому режимі.

Для виконання лабораторної роботи Вам необхідно отримати допуск. Після запуску програмою буде запропоновано декілька запитань і варіанти відповідей на них. Якщо правильних відповідей буде більше 60%, то Ви допускаєтесь до виконання лабораторної роботи, в протилежному випадку програма видає звуковий сигнал і припиняє своє виконання.

Після отримання Вами допуску на моніторі з'явиться вікно-меню:

Вибір варіанту роботи
Графічне представлення даних
Числове представлення даних
Про програму
Вихід з програми

Переміщення курсора між пунктами меню здійснюється клавішами "↑" або "↓".

Спочатку необхідно вибрати пункт "Вибір варіанту роботи", у якому вибирається вказаний викладачем варіант виконання (від 1 до 5) лабораторної роботи і відповідні йому числові дані.

У пункті "Графічне представлення даних" наведені графіки експериментальної кривої і математичної моделі.

У пункті "Числове представлення даних" проводиться вибір типу перехідного процесу з подальшим підбором регулятора і розрахунком параметрів його налагодження.

Після завершення виконання лабораторної роботи слід вибрати пункт "Вихід з програми".

Варіанти завдань лабораторної роботи.

Вимоги до автоматичних систем регулювання рівня відображені в таблиці 1. Тут:

- $\Delta H_{\text{ст.зАд}}$ – допустима статична похибка регулювання;
- $\Delta H_{\text{max.зАд}}$ – максимальна динамічна похибка регулювання.
- $t_{\text{рег}}$ – час регулювання.

Таблиця 1. Вимоги до автоматичних систем регулювання.

Варіант	Збудження μ , % ходу регулюючого органу		Показники якості регулювання в абсолютних значеннях		
	μ_1 (плавне)	μ_2 (стрибоподібне)	$\Delta H_{\text{ст.зАд}}$	$\Delta H_{\text{max.зАд}}$	$t_{\text{рег}}, \text{с}$
1	10	10	0,10	0,15	84
2	10	15	0,15	0,15	180
3	20	15	0,15	0,20	156
4	20	20	0,10	0,15	240
5	10	15	0,15	0,20	120

Таблиця 2. Дані експериментальної кривої розгону

Параметр	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H, м	1,003	1,012	1,030	1,079	1,109	1,138	1,168	1,182	1,189	1,193	1,197	1,200	1,200

Порядок оформлення звіту.

Звіт повинен містити:

- тему і мету роботи;
- короткі теоретичні відомості;

- результати досліджень (експериментальну криву, криву математичної моделі, вибраний тип регулятора і параметри його налагодження для всіх типів перехідних процесів);
- висновки по лабораторній роботі.

Контрольні запитання.

1. Дайте визначення регулятора.
2. Як класифікуються регулятори в залежності від підтримування потрібної регульованої величини в часі?
3. Що називається законом регулювання?
4. Який зміст коефіцієнта динамічного регулювання?
5. Класифікація законів регулювання.
6. Класифікація регуляторів по роду дії.
7. Класифікація регуляторів по відпрацьованому закону регулювання.
8. Що називається перерегулюванням?
9. Дайте визначення перехідного процесу.
10. Етапи підбору регуляторів.
11. Що називається об'єктом автоматичного регулювання?
12. Структурні схеми системи автоматичного регулювання.

Рекомендована література

1. Устройство промышленных роботов / Юревич Е.И., Аветиков Б.Г., Корытко О.Б. и др. – Л.: Машиностроение, 1980.
2. Белянин П.Н. Промышленные роботы и их применение. – М.: Машиностроение, 1983. – 311 с.
3. Белянин П.Н. Робототехнические системы для машиностроения. – М.: Машиностроение, 1986. – 252 с.
4. Гавриш А.П., Воронец Б.М. Робототизированные механообрабатывающие комплексы машиностроительного производства. – К.: Техніка, 1984. – 199с.
5. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. – 407 с.
6. Попов Е.П. Робототехника и гибкие производственные системы. – М.: Наука, 1987. – 190 с.
7. Промышленная робототехника и гибкие автоматизированные производства: Опыт разработки и внедрения / Под ред. Е.И. Юревича. – Л.: Лениздат, 1984. – 223 с.
8. Промышленная робототехника / Под ред. Л.С.Ямпольского. – К.: Техніка, 1984. – 264 с.
9. Робототехника и гибкие производственные системы: В 9 т. / Под ред. И.П. Макарова. – М.: Высшая школа, 1986.
10. Робототехника. / Под ред. Е.П. Попова, Е.И. Юревича. – М.: Машиностроение, 1984. – 287 с.
11. Юревич Е.И. и др. Промышленная робототехника и гибкие автоматизированные производства. – Л.: Лениздат, 1985. – 223 с.
12. Ямпольский Л.С. і ін. Елементи робототехнічних пристроїв і модулі ГВС. – К.: Вища школа, 1992. – 432 с.
13. Chatraei A. Optimal Control of Robot Manipulators. / A. Chatraei, D.M.I.V. ZAda. – 2011.
14. Siciliano B. Springer Handbook of Robotics / B. Siciliano, O. Khatib. – Berlin : Springer, 2008. – P. 1631.
15. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем / С.А. Воротников // М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. – 384 с.
16. Зенкевич С.Л. Основы управления манипуляционными роботами / С.Л. Зенкевич, А.С. Ющенко // Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 480 с.
17. Механізація та автоматизація навантажувально-розвантажувальних робіт: Навчальний посібник, Ч.1:Транспортні та навантажувально-розвантажувальні засоби / За заг. ред. С.Л. Литвиненка. - К.: Кондор, 2016. - 208 с.
18. Проць Я.І., Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Ляшук О.Л. Автоматизація виробничих процесів. Тернопіль: Видавництво ТНТУ. 2011, 338 с. Лист про надання грифу МОН № 1-11 від 18.10.2011.