

ЛІТЕРАТУРА

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

*Кафедра автоматизації
технологічних процесів та
виробництва*



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ
з курсу “Гнучкі автоматизовані виробництва та
робототехнічні комплекси”
для студентів напряму
6.050202 – Автоматизація та комп’ютерно-
інтегровані технології

Тернопіль – 2014 р.

Лабораторний практикум з курсу “Гнучкі автоматизовані виробництва та роботехнічні комплекси” для студентів напрямку 6.050202 / Укл. В.Б.Савків – Тернопіль: ТНТУ, 2014. – 74 с.

Рецензент: к.т.н., професор Проць Я.І.

Методичні вказівки розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів та виробництв (протокол № 5 від 10 грудня 2014 р.) та вченою радою факультету комп’ютерних технологій (протокол № 4 від 22 грудня 2014 р.).

Зміст

Правила техніка безпеки	4
Лабораторна робота № 1. Вивчення будови і роботи основних механізмів промислового робота “Універсал-5”	5
Лабораторна робота № 2. Вивчення конструктивної будови пневматичних приводів промислового робота МП-9С та дослідження його технічних характеристик	22
Лабораторна робота № 3. Вивчення мікропроцесорної системи керування промисловим роботом МП–11.	34
Лабораторна робота № 4. Вивчення будови промислового робота «Циклон-5» і проектування його наладок для роботи в робототехнічному комплексі	42
Лабораторна робота № 5.	66
Вивчення пристрою циклового програмного керування УЦМ-30 промислового робота «Циклон-5»	66

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 роботи основних механізмів промислового робота “Універсал-5”

1. Мета і завдання роботи

- 1.1. Вивчення будови і роботи основних механізмів промислового робота “Універсал-5”.
- 1.2. Вивчення процесу підготовки промислового робота до роботи і проведення робіт в ручному режимі.

2. Призначення і область використання промислового робота.

Промисловий робот (ПР) – це переналаджувана промислова машина для виконання різних маніпуляційних дій в виробничому процесі. Маніпуляційні дії поділяються на переміщення (транспортування) і орієнтацію в просторі об’єктів маніпулювання. ПР включає в себе виконавчі і керуючі пристрої. Перші виконують рухові функції робота і складаються в загальному випадку з маніпуляторного (маніпуляторних) пристрою переміщення (ПР “Універсал 5” має один нерухомий маніпулятор). Другі формують і видають керуючі дії виконавчому пристрою в відповідності до заданої програми.

“Універса 5” є обслуговуючим ПР і призначений для автоматизації допоміжних переходів і транспортних операцій (на відміну від операційних ПР, що виконують технологічні операції і їх елементи: зварювання, складання, нанесення покриття) на технологічних позиціях механічного, заготівельного, термічного, гальванічного і інших цехів.

Область використання ПР “Універсал 5 пов’язана з механізацією і автоматизацією позицій таких видів слідкуючих виробництв:

- а) однопредметних безперервно–поточних ліній з закріпленням на кожному верстаті однієї деталі;
- б) багатопредметних безперервно–поточних ліній з послідовно партійним чергуванням предметів.

2.1. Технічна характеристика робота.

1. Число ступеней рухомості.....	6
з них	
а) транспортуючих (програмовані) (обертання навколо осі 1–1 ¹ , підйом, оберт навколо осі 2–2, висування руки).....	4
б) орієнтуючих (по упорах) (обертання кисті, згинання захоплювача)	2
2. Величина зміни ексцентриситету між осями 1–1 і 2–2 ² , мм.....	210
3. Найбільший регульований ексцентриситет між осями 1–1 і 2–2, мм.	610
4. Найбільший радіус робочої зони при максимальному висуванні руки, максимальному ексцентриситеті і зігнутій кисті, мм.....	<1500
5. Найменший радіус робочої зони при мінімальному висуванні руки, найменшому ексцентриситеті і зігнутій кисті, мм.....	630

6.	Найбільший хід руки вздовж осі 3–3, мм.....	<640
7.	Найменша висота положення осі руки 3–3 від основи (підлоги і фундамента), мм.....	840
8.	Найбільший хід руки вздовж осі 2–2, мм.....	400
9.	Максимальний кут повороту навколо осі 1–1, °.....	330
10.	Максимальний кут повороту навколо осі 2–2, °.....	>240
11.	Максимальний кут повороту кисті навколо осі 3–3, °.....	>180
12.	Максимальний кут згинання захоплювача відносно осі 4–4, °.....	180
13.	Час виконання одного робочого руху ³ транспортуючих ступеней рухомості на контрольних проміжках шляху або кутах повороту при різних контрольних вантажах в захоплювачі (в чисельнику – для вантажу масою до 30 Н, в знаменнику – для вантажу масою від 30 Н до 50 Н):	
	а) поворот платформи навколо осі 1–1 на 180°, с.....	< $\frac{6,0}{6,6}$
	б) підйом руки на 500 мм, с.....	< $\frac{4,5}{5,0}$
	в) поворот руки навколо осі 2–2 на 180°, с.....	< $\frac{3,5}{4,0}$
	г) висунення руки на 500 мм, с.....	< $\frac{2,5}{3,0}$
14.	Час виконання одного робочого руху орієнтуючих ступенів рухомості на контрольних кутах повороту (в чисельнику – без вантажу в захоплювачі, в знаменнику – з максимальним вантажем):	
	а) обертання руки навколо осі 3–3 на 180°, с.....	$\frac{1,0}{1,5}$
	б) згинання захоплювача відносно осі 4–4 на 180°, с.....	$\frac{2,0}{3,0}$
15.	Похибка позиціювання, мм.....	±2
16.	Встановлена потужність силових електродвигунів, кВт.....	1,01
17.	Мінімальний тиск повітря необхідний для живлення пневмоприводів, Па (кг/см ²).....	4·10 ⁵ (4)
18.	Вантажопідйомність, Н.....	50
19.	Система програмного управління.....	АП
20.	Спосіб завдання програми.....	НПЦ
21.	Програмоносій.....	ШБ
22.	Число програмованих точок в просторі (ємність пам'яті):	
	а) підйом, висунення руки, поворот платформи.....	до 16
	б) поворот руки.....	до 8
23.	Кількість програмованих переходів в циклі.....	до 50

“<” – означає не більше; “>” – означає не менше; АП – аналогово-позиційна система; НПЦ – навчання по першому циклі; ШБ – штекерний барабан.

3. Обладнання, інструменти та прилади, що використовується в роботі.

3.1. Прилади та інструменти.

1. Промисловий робот “Універсал 5”.
2. Система управління ПУР–2М.
3. Система підготовки повітря.
4. Стійки спеціальні для встановлення заготовок.
5. Ключі гайкові.
6. Ключі спеціальні.
7. Викрутка.

3.2. Будова і робота маніпулятора.

3.2.1. Загальний опис маніпулятора.

Маніпулятор є виконавчим пристроєм ПР і являє собою багатогалузевий механізм з розімкнутим кінематичним ланцюгом, обладнаний приводом і робочим органом.

Кінематична схема маніпулятора зображена на рис.1, а робочі зони маніпулятора – на рис. 2.

Основний вузол маніпулятора – рука 1. Вона може здійснювати 4 рухи (транспортуючі, програмовані по точках в просторі) в циліндричній системі координат: поворот навколо паралельних вертикальних осей 1–1 і 2–2, підйом по осі 1–1 і висування по осі 3 ввід цих рухів – електричний.

Кисть може здійснювати 2 рухи (орієнтуючі, по упорах): обертання і згинання. Кисть обертається разом із захоплювачем, а згинається лише захоплювач. Ці орієнтуючі рухи називаються “обертання кисті” і “згинання захоплювача”. Привід цих рухів, а також затиску захоплювача – пневматичний.

Таким чином маніпулятор має 6 степенів рухомості: 4 транспортних і 2 орієнтуючі.

Маніпулятор, пристрій управління з пультом і система підготовки повітря виконані окремо.

Основними вузлами маніпулятора є:

1. Рука 1.
2. Механізм висування руки 21.
3. Механізм повороту руки 46.
4. Механізм підйому 47.
5. Механізм повороту 54 платформи 55.

3.2.2. Рука.

Рука 1 – це основний вузол маніпулятора, призначений для захоплення, утримування, орієнтації та переміщення в просторі предметів вагою до 5 кг. Рука має кисть 38 із захоплювачем 33.

Захоплення і утримування предметів здійснюється губками 31 захоплювача. Кожна з губок шарнірно зв’язана з кронштейнами кришки пневмоциліндра 34

двома важелями 30 і 32 однакової довжини, що забезпечують плоскопаралельний рух губок.

На губки кріпляться змінні накладки, що виготовляються для кожної деталі у відповідності з її формою, розмірами і матеріалом.

Переміщення губок захоплювача здійснюється за допомогою одностороннього пневмоциліндра 34, закріпленого на кронштейнах 37. При поданні повітря в робочу праву порожнину циліндра 34, поршень 35 з штоком переміщується вліво, стискаючи пружини 36, і повертає двохплечні важелі 32. При цьому губки зближуються і стискають деталь. Хід губок складає $2 \cdot 12 = 24$ мм. Розтиск захоплювача відбувається після стравлювання повітря в атмосферу з робочої порожнини під дією шести пружин 36, розміщених по колу між поршнем 35 і стінкою циліндра 34.

Кронштейни 37 тісно зв'язані з валом-шестернею 27, що встановлений на підшипниках в корпусі 26 кисті, і мають можливість повертатися разом з валом-шестернею навколо осі 4-4, що лежить в площині, перпендикулярній до осі 3-3 руки (згинання захоплювача). Обмеження повороту захоплювача відбувається через упори виступі кронштейнів у виступи на кришках підшипників. Максимальний кут повороту від упору до упору рівний 180° . За допомогою змінних секторів, що встановлюються на кришках підшипників, можна отримати потрібний кут згинання захоплювача.

Механізм згинання захоплювача складається з пневмоциліндра 6 і поршня 5 із штоком 2, на кінці якого закріплена зубчата рейка 28. Шарнірне з'єднання 14 завантажує шток від крутного моменту при обертанні кисті.

При подаванні стисненого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 6 поршень 5 із штоком і рейкою переміщується вправо, повертаючи вал-шестерню 27 разом із захоплювачем до упору. При подаванні стисненого повітря справа від поршня 5 захоплювач згинається в протилежному напрямку до упору.

Механізм згинання захоплювача обладнаний демпфуючим пристроєм, що складається з гідроциліндра 4 і тісно зв'язаного із штоком 2 поршня 3 з каліброваним отвором. При переміщенні поршня разом із штоком масло визначеної в'язкості перекачується з однієї порожнини циліндра 4 в іншу, тим самим забезпечуючи плавність спрацьовування пневматики.

Корпус 26 кисті 38 встановлений на підшипниках в корпусі 12 руки і може обертатися разом із захоплювачем навколо повздовжньої осі 3-3 руки.

Механізм обертання кисті складається з пневмоциліндра 8, конструктивно виконаного разом з пневмоциліндром 6, і поршня 7 з порожнім штоком 11, на кінці якого закріплений повзун 25.

Для спрощення схеми поршні 5 і 7 зображені в середніх положеннях.

При подачі стиснутого повітря в пневмоциліндр 8 разом з поршнем 7 і штоком 11 буде переміщуватись і повзун 25. Повзун являє собою втулку, на внутрішній циліндричній поверхні якої прорізані два гвинтових пази типу двохзахідної різьби. В пази входять два шарикопідшипники 23, що знаходяться на осях водила 24, шарнірно зв'язаного з корпусом 26 кисті. При поступальному русі повзуна підшипники 23 копіюючи гвинтові пази,

повертають водило і разом з ним кисть. Сам повзун утримується від обертання посадженим на запресований в тіло повзуна палець підшипником 42, який впирається краями повздовжнього паза 41 в стінці корпусу 12 руки.

Найбільший кут повороту кисті рівний 180° . Ряд проміжних значень кута можна отримати, закладаючи визначену кількість шариків в кільцеву канавку 40 в фланці корпусу руки, в якому рухається палець 39, закріплений в корпусі кисті.

Демпфуючий пристрій, що складається з гідроциліндра 9 і тісно зв'язаного з штоком 11 поршня 10 з каліброваним отвором, забезпечує плавність спрацювання механізмів робота.

На зовнішній поверхні циліндричного корпусу 12 руки є три розміщені вздовж осі руки шліфовані доріжки під роликові упори 22, на яких рука встановлюється в корпусі механізму 21 висування руки.

Для зачеплення з шестернею 15 механізму 21 служить зубчата рейка 13, закріплена на корпусі руки.

З метою розширення технологічних можливостей маніпулятора пневмоциліндр 34 можна встановити на кронштейни 37 в чотирьох положеннях через 90° .

3.2.3. Механізм висування руки.

Механізм 21 висування руки складається з двохступінчатого редуктора з циліндричними зубчатими передачами і привода електродвигуна 20 постійного струму типу СЛ-569 ($N=160$ Вт, $n=3400\dots 4000$ об/хв, $M_d=47,5$ Н/м) і рейкової передачі. Крутний момент передається від двигуна через муфту на рейку 13 шестернями 19 і 17 і зубчатыми колесами 18, 16 і 15 в безззорному виконанні.

Колеса виконанні розрізними з метою вибору зазору в зачепленнях, що підвищує точність позиціонування захоплювача.

Розрізне зубчате колеса складається з двох вузьких коліс складених разом. При цьому одне колесо посаджене на ступицю іншого і може обертатися на ній. Ці два колеса з'єднані одне з одним розрізним пружинним кільцем. Кінці кільця мають отвори в надіті на штифти, запресовані в кожне з коліс. Одне з двох коліс має паз, через який проходить запресований в друге колесо штифт.

При збиранні кінці пружинного кільця зближуються; в зібраній зубчатій передачі воно повертає половини розрізного колеса відносно одна одної і боковий зазор в зачепленні вибирається.

В проїмі корпусу редуктора розміщені роликові опорні шарико-підшипники 22: два верхніх і чотири нижніх, по три з кожної сторони. По них переміщується рука. Верхні підшипники за рахунок тарілкових пружин притискають корпус руки до нижніх.

3.2.4. Механізм повороту руки.

Механізм 46 повороту руки включає в себе електродвигун 75 постійного струму типу СЛ-569, редуктор з циліндричними зубчатими і черв'ячною передачами, встановленими на платформі 49. Крутний момент від електродвигуна передається через муфту циліндричними колесами 74, 73 і 72

на черв'як 44, що знаходиться в зачепленні з розрізним черв'ячним колесом 45. Регулювання бокового зазору в черв'ячному зачепленні здійснюється за допомогою ексцентрика.

На платформі 43, тісно зв'язаної з валом черв'ячного колеса, на радіально розміщених шпонках встановлюється механізм висування руки. Для забезпечення рівномірного зношування зубців черв'ячного колеса в процесі експлуатації передбачена можливість перевстановлення шпонок (і разом з ними механізму висування руки) в друге положення на платформі 43.

Шляхом переміщення корпусу механізму повороту руки, шпильки якого проходять через пази платформи 49, можна регулювати відстань між осями 1–1 і 2–2.

3.2.5. Механізм підйому.

Механізм 47 монтується на поворотній платформі 55 механізму 54 повороту платформи і складається з пантографа, платформи 49, корпусу 70, скалки 69, направляючих 60, кронштейна 56, каретки 67 і приводу підйому.

Пантограф безпосередньо здійснює вертикальне переміщення. Він складається з двох рам 68, шарнірно зв'язаних між собою, а також з платформою 49, корпусом 70, кронштейном 56 і кареткою 67.

Платформа 49 призначена для монтажу механізму повертання руки. На платформі кріпиться скалка 69, по циліндричній поверхні якої котяться конічні поверхні опорних роликів, розміщених в корпусі 70. Корпус і скалка – з'єднувальні деталі, що забезпечують нормальну роботу пантографа.

Кронштейн 56 кріпиться до поворотної платформи 75 механізму повороту і є нерухомою опорою пантографа. Рухома опора конструктивно виконана у вигляді каретки 67, яка переміщається завдяки коченню конічних поверхонь роликів по циліндричних направляючих 60.

Якщо каретку 67 переміщувати по направляючих 60, то платформа 49 буде переміщуватись вертикально. Привід підйому складається з редуктора і гвинтової передачі. Крутний момент від двох електродвигунів 48 постійного струму типу СЛ–661 передається через муфти на конічну і циліндричні зубчаті пари (колесо 50–розрізане) і далі на ходовий гвинт 66 з трапецевидною різьбою. Закріплена в каретці 67 гайка перетворює обертання гвинта в підйом пантографа.

Для завантаження двигунів і вирівнювання навантаження при нижньому положенні пантографа служать пружини 65 і 71.

3.2.6. Механізм повороту платформи.

Механізм 54 повороту платформи 55 складається з нерухомої основи 57 і закріпленого на ній черв'ячного редуктора. Електродвигун 61 постійного струму типу СЛ–661 зв'язаний через муфту з валом черв'яка 63. На валу розрізного черв'ячного колеса 62 закріплена шестерня 64, що знаходиться в зачепленні з колесом 58 поворотної платформи.

Боковий зазор в черв'ячному зачепленні регулюється ексцентриком. Регулюється також положення черв'ячного колеса відносно черв'яка по

вертикалі.

Опорами поворотної платформи служать два упорних підшипника, що встановлені на станині 59 основи. Усередині стакану пропущений кабель електророзводки. Там само знаходиться спеціальний вузол з золотником, що обертається, який забезпечує подавання стиснутого повітря з нерухомої основи (куди він підведений від системи підготування повітря) на поворотну платформу.

3.3. Будова і робота пультом управління роботом ПУР–2М.

Керуючий пристрій ПР “Універсал 5” – пульт управління роботом ПУР–2М виконаний у вигляді окремого пульта, з’єднаного електричними лініями з маніпулятором і шафою електрообладнання.

Передня панель складається з окремих блоків, розміщених на шасі:

- ◆ панель автоматики (рис. 3);
- ◆ панель задавачів і панель регулювання (рис. 4);
- ◆ передня панель і вікно штекерного барабана (рис. 5).

3.3.1. Технічна характеристика.

1. Тип системи програмного управління	аналогово–позиційна на потенціометрах
2. Спосіб задання програми	навчання по першому циклу
3. Кількість програмованих координат	до 6
4. Кількість опорних точок: – 1–й, 2–й, 3–й координат – 4–й, 5–й, 6–й координат	до 16 до 8
5. Кількість програмованих переходів	до 50
6. Кількість команд на обслуговуюче обладнання (вих.)	до 12
7. Кількість команд з обладнання на маніпулятор (вх.)	2
8. Кількість витримок часу	до 30

3.3.2. Панель автоматики.

Панель автоматики має наступні пристрої управління і індикації (рис.3):

1. Лампа 1 “Сеть” загоряється при включенні пакетного вмикача на боковій кришці пульта і вказує на подання змінної напруги 220 В на блок живлення.
2. Кнопка 2 “Пуск” призначена для включення живлення системи програмного управління (СПУ), при її натисненні загоряється лампа 3 “Живлення СПУ”.
3. Кнопка 4 “Стоп” призначена для виключення СПУ.
4. Кнопка 5 “Стоп аварийный” призначена для відключення живлення в аварійній ситуації.
5. Тумблер 6 “Ручной – Автомат” (P–A) – переключення режимів роботи, призначений для включення ручного або автоматичного режиму роботи, при його переключенні загоряється лампа 7 “Ручний” або 8 “Автомат”.
6. Трьохпозиційний тумблер 9 “Барабан” (“Реверс–Прямо”) призначений для обертання барабану пам’яті в прямому і зворотному напрямі.
7. Кнопка 10 “Старт–Стоп” призначена для переведення барабана на одну стрічку в напрямку, що визначається положенням тумблера “Барабан” (в одиничному режимі обробки кроків програми).
8. Кнопка 11 “Ускор.” призначена для обертання барабана в напрямку, що визначається положенням тумблера “Барабан” в прискореному (безперервному) режимі.

3.3.3. Панель задавачів і панель регулювання.

Блок задавачів (рис.4) системи програмного управління виконана у вигляді трьох окремих навісних блоків, що мають фальшпанель, на яку виведені торці задавачів і лампи індикації задавача. Задавач являє собою ряд потенціометрів (шість штук по числу координат), кожний з яких утворює вимірювальний міст з давачем зворотного зв’язку по положенню відповідної степені рухливості. Діагональ моста підключена до підсилювача приводу, який працює на свій тиристорний перетворювач. Який керує роботою електродвигуна постійного струму.

При роботі ПУР–2М з маніпулятором “Універсал 5”. Що має чотири програмних ступені рухливості використовуються тільки чотири координати з шести.

Координати 1, 2, 3 відповідають повороту платформи, підйому і висуванню руки і мають 16 задавачів. Координата 4 відповідає повороту руки і має 8 задавачів.

Панель задавачів і панель регулювання має наступні пристрої управління, регулювання і індикації:

1. Галетний перемикач 1 призначений для підключення вимірювальної головки до діагоналі моста в процесі регулювання точок позиціонування по шести координатах. Встановлення на “Нуль” здійснюється на мікроамперметрі 4.
2. Галетні перемикачі 2, 3 призначені для імітації номерів вихідних команд на технологічне обладнання.
3. Кнопка 5 призначена для включення режиму точного відліку вимірювальної головки.

4. Сигнальні лампи 6 вказують на прискорений режим руху маніпулятора по координатах.
5. Змінні потенціометри 7 призначені для плавного регулювання швидкості переміщення маніпулятора.
6. Сигнальні лампи 8 призначені для індикації запрограмованого часу витримки.
7. Сигнальні лампи 10 призначені для індикації стану захоплювача маніпулятора.
8. Потенціометри 11 призначені для задання точок позиціювання по шести координатах.
9. Сигнальні лампи 12 індукують підключення задавачів по координатах 1–6.

3.3.4. Передня панель і вікно штекерного барабану.

Передня панель і вікно штекерного барабану являє собою блок ввідної в пам'ять інформації (рис.5):

- рука – 16 точок;
- кисть – 8 точок;
- стиск (розтиск);
- команди на обладнання – 16;
- час витримки – 3 дискрети;
- зчитування номеру стрічки;
- набір номерів стрічки.

3.3.5. Пульт ручного управління.

Пульт ручного управління (рис.6) призначений для вивчення робота в ручному режимі роботи. Пульт ручного управління (ПРУ) зв'язаний з пультом управління роботом електрокабелем, що дає можливість оператору переміщатись в робочій зоні при вивченні.

На передню панель ПРУ виведені:

1. Тумблер 1 “Поворот платформи” призначений для вмикання приводу приводу повороту платформи навколо осі 1–1 за годинниковою стрілкою і проти годинникової стрілки.
2. Тумблер 2 “Подъем” призначений для вмикання приводу підйому платформи вздовж осі 1–1;
3. Тумблер 3 “Поворот руки” призначений для вмикання приводу повороту руки навколо осі 2–2.
4. Тумблер 4 “Выдвижение руки” призначений для вмикання приводу всування руки вздовж осі 3–3.
5. Тумблер 5 “Вращение кисти” призначений для вмикання приводу обертання кисті навколо осі 3–3.
6. Тумблер 6 “Сгибание кисти” призначений для вмикання приводу згинання кисті навколо осі 4–4.
7. Кнопки 7 “Зажим” і 8 “Разжим” призначені для стиску і розтиску маніпулятора.

8. Потенціометра 9 призначений для плавного регулювання швидкості переміщення виконавчих органів ('Скорость').
9. Кнопки 10 "Авария" призначена для відключення живлення в аварійній ситуації. Дублюється кнопкою "Стоп-аварийный" на передній панелі ПУР-2М.

При роботі з ПУР слід мати на увазі наступні факти:

1. Висування руки відбувається швидше, ніж інші транспортні рухи, а переміщення по інерції велике. Тому перед включенням тумблера "**Выдвижение руки**" треба повернути ручку "**Скорость**" в сторону зменшення швидкості.
2. Поворот платформи, підйом і висування руки обмежені упорами. Слід уникати співударів обмежуваних елементів привідних механізмів названих рухів, особливо на великих швидкостях, і тим більше не утримувати тумблер увімкнутим при крайніх положеннях механізмів (так як це може вивести з ладу двигун чи тиристор).
3. Поворот руки не обмежений упорами, а кут $\pm 120^\circ$ ($\pm 240^\circ$) в технічній характеристиці обумовлений наявністю електрокабеля і пневмошланга, що з'єднують вузли, які взаємно переміщуються.
4. На початку роботи з ПРУ потрібно засвоїти яке положення кожного тумблера відповідає переміщенню руки (захоплювача) в потрібному напрямку. У випадку помилкового увімкнення тумблера захоплювач може пошкодити лабораторне обладнання, а при упорі в жорстку перешкоду маніпулятор піддається непередбаченому навантаженню.

3.4. Підготовка маніпулятора до роботи.

При підготовці маніпулятора до роботи необхідно:

1. Провести зовнішній огляд маніпулятора. Наявність сторонніх предметів на маніпуляторі і в робочій зоні не допускається.
2. Перевірити рівень рідкого мастила в механізмах маніпуляторів. Витікання мастила і масляні плями на механізмах і електродвигуні не допускаються.
3. Перевірити наявність тиску повітря в магістралі (не менше $4 \cdot 10^5$ Па), включивши повітряну магістраль. Якщо тиск більший, то слід регулятором тиску по манометру на пульті системи підготовки повітря відрегулювати тиск на виході до норми.
4. За допомогою ПРУ випробувати роботу всіх механізмів.

3.5. Підготовка маніпулятора до роботи.

При підготовці пульта до роботи необхідно:

1. Встановити перемикачі на передній панелі пульта в наступна положення:
 - тумблер 9 "**Барабан**" (рис.3) в нейтральне;
 - тумблер 6 "**Р-А**" в положення "**Р**" (ручний режим);
 - перемикачі 2, 3 "**Команда**" (рис.4) в положення "**0**".
2. Перевірити відсутність штирків в отворах барабана (рис.5).

3.5. Підготовка маніпулятора до роботи.

Пульт вмикається в наступній послідовності:

1. Ввімкнути в мережу живлення вилку вхідного кабеля.
2. Ввімкнути автомат АСТ–3 на електрошафі положення **“Включено”**, при цьому загоряється червона лампочка.
3. Ввімкнути автомат АСТ–2 на боковій кришці ПУР–2М в положення **“Включено”**, при цьому на панелі автоматики загоряється лампа 1 **“Сеть”** (рис.3).
4. Натиснути кнопку 2 **“Пуск”** на панелі автоматики. При цьому загоряються лампи 3 **“Живлення СПУ”** і 7 **“Ручной”**. Можливе світіння сигнальних ламп номерів задавачів на панелі задавачів, витримок часу і швидкості на панелі регулювання (рис.4). Натиснення кнопки 10 **“Старт–стоп”** (рис.3) здійснює пагашення їх.
5. Тумблер 9 **“Барабан”** встановити в положення **“Прямо”**. Натиснути кнопку 10 **“Старт–стоп”** управління барабаном. При цьому проходить засвічування світодіодів імпульсної ланки і включення сигнальних ламп на панелі задавачів і панелі регулювання.
6. Перевірити пряме і зворотнє обертання барабана, користуючись кнопками прискореного і старт – стопового режимів і тумблером 9 **“Прямо – Реверс”**.
7. Встановити барабан в позицію набору першої стрічки.

3.7. Перевірка функціонування всіх ступенів рухомості ПР.

1. Перевірити виконання команди **“Зажим”** і **“Розжим”** почергово натискаючи кнопки 7 **“Зажим”** і 8 **“Разжим”** на пульті вивчення (рис.6). Забороняється одночасно натискати кнопки **“Зажим”** і **“Разжим”**.
2. Перевірити виконання команди **“Поворот руки”** натисненням тумблера 3 **“Рука–поворот”** вверху і вниз. При цьому обертання кисті повинно проходити в різні сторони навколо осі обертання.
3. Перевірити виконання команди **“Подъем платформы”** шляхом натискання тумблера 1 **“Подъем”** вверху і вниз. При цьому платформа повинна підійматися або опускатися.
4. Перевірити виконання команди **“Сгибание кисти”** шляхом натискання тумблера 6 **“Сгибание кисти”** вверху і вниз.
5. Перевірити виконання команди **“Выдвижение руки”** шляхом натискання тумблера 4 **“Выдвижение руки”** вверху і вниз. При цьому повинно проходити переміщення руки вздовж осі висування.
6. Перевірити виконання команди **“Вращение кисти”** шляхом натискання тумблера 5 **“Вращение кисти”** вверху або вниз. При цьому проходить обертання кисті.

ПРИМІТКА: 1. Тумблери, імітуючі команди на виконавчі органи, не мають крайніх фіксованих положень. Тому переміщення виконавчого органу проходить тільки при натисканні тумблера.

Швидкість переміщення виконавчих органів регулюється обертанням потенціометра “Скорость”.

3.8. Виключення ПУР–2М і маніпулятора.

1. Натиснути кнопку 4 “Стоп” (рис.3) живлення СПУ. При цьому повинні погаснути всі лампи індикації, включаючи лампу “Питание СПУ”.
2. Встановити автомат АСТ–2 на ПУР–2М в положення “Выключено”. При цьому лампа “Сеть” повинна погаснути.
3. Відключити повітряну магістраль.

4. Вимоги ГОСТу.

Кінематична схема зображується по ГОСТ 2770–68, ГОСТ 2.703–68, ГОСТ 2.721–74. Кінематична схема повинна вписуватись в контур робота. Кожному кінематичному елементу, показаному на схемі, присвоюють номер, починаючи з джерела руху. Вали нумерують римськими цифрами, інші елементи – арабськими. Порядковий номер елементу проставляють на поличці лінії-виноски. Під поличкою лінії-виноски вказують основні характеристики і параметри кінематичного елемента.

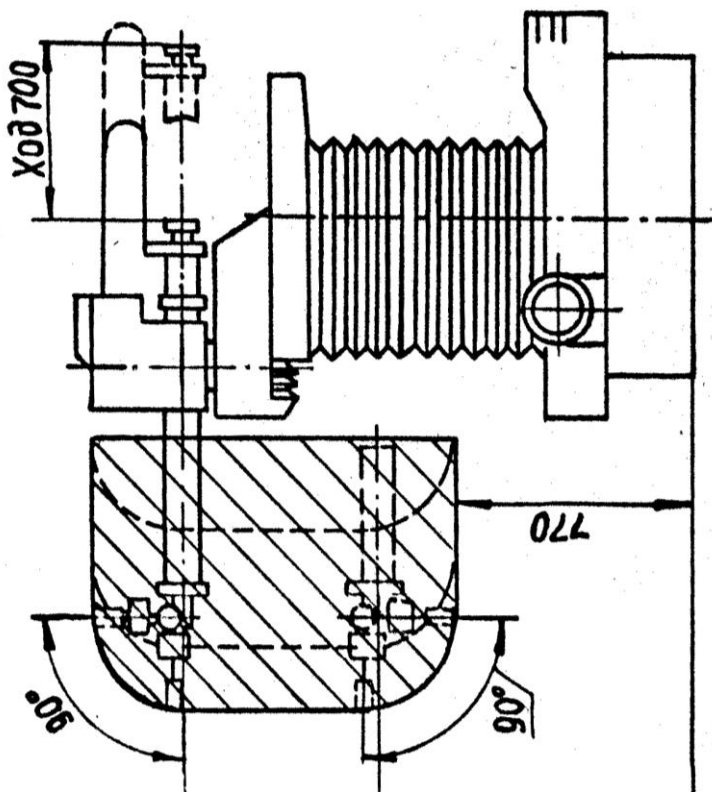
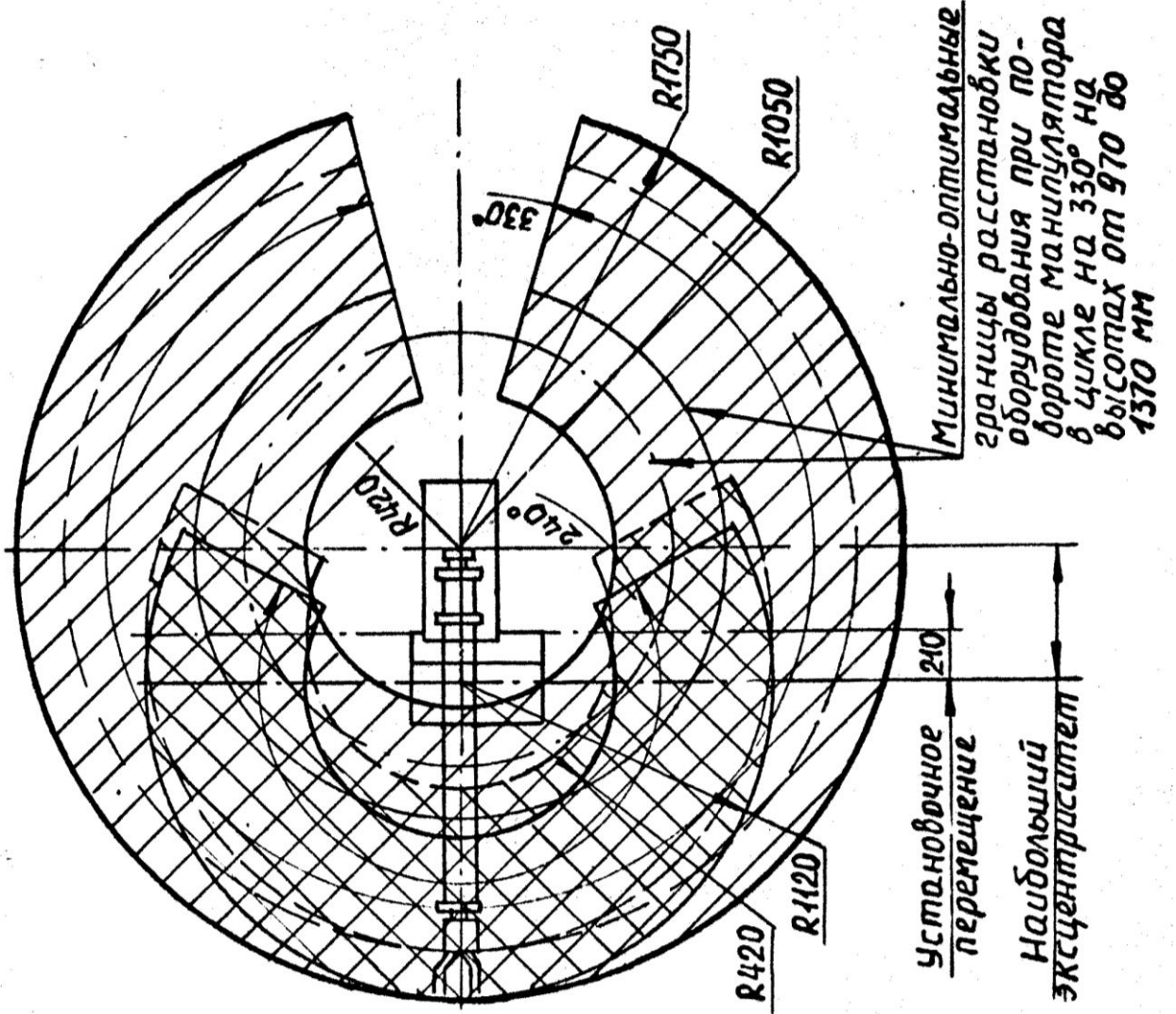
5. Порядок виконання роботи.

1. Вивчити кінематику та функціонування основних механізмів промислового робота “Універсал 5”.
2. Оглянути маніпулятор робота у відповідності з п.3.4, 3.5.
3. Скласти структурну кінематичну схему промислового робота, на якій вказати всі кінематичні зв'язки від двигуна до виконавчої ланки.
4. Визначити геометричні розміри робочої зони робота.

6. Зміст звіту по лабораторній роботі.

Звіт по лабораторній роботі повинен містити:

- структурну кінематичну схему промислового робота;
- робочу зону з розмірами, у двох проекціях або в аксонометрії;
- основні технічні дані промислового робота.



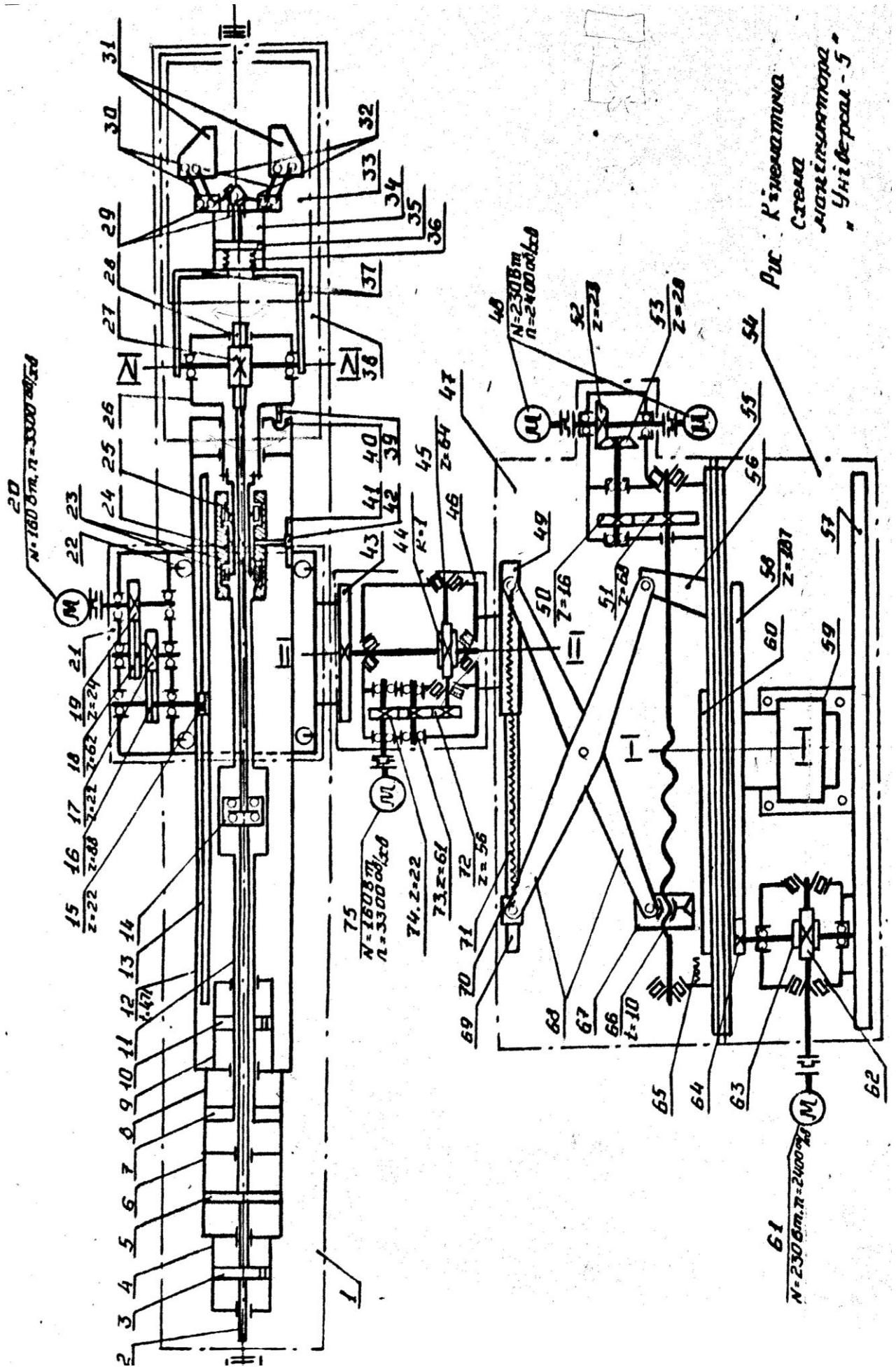
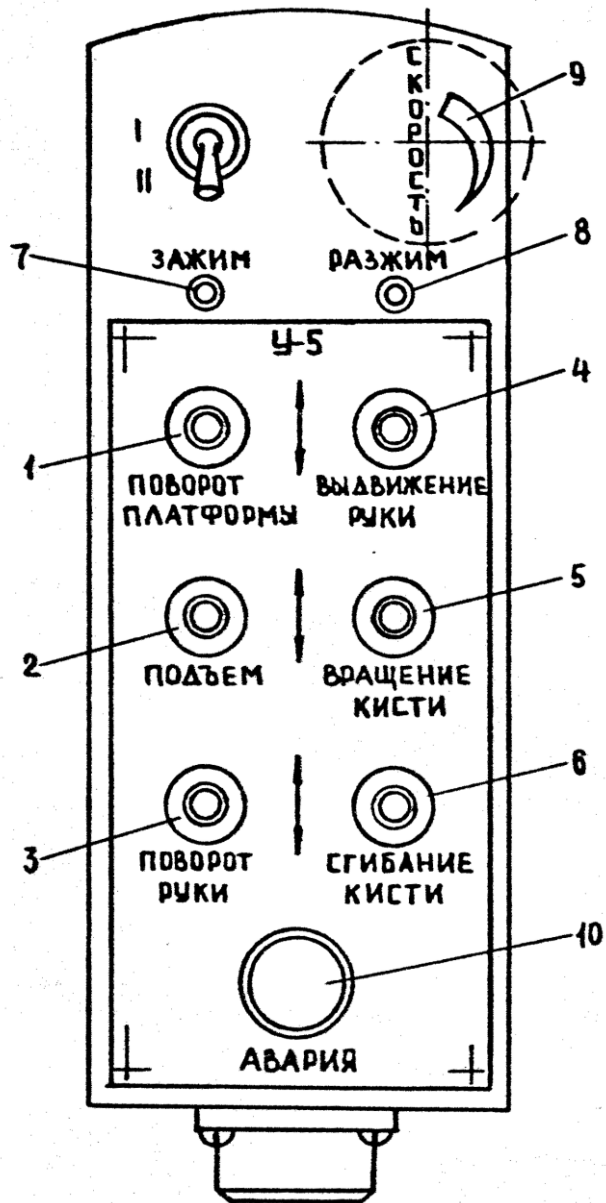
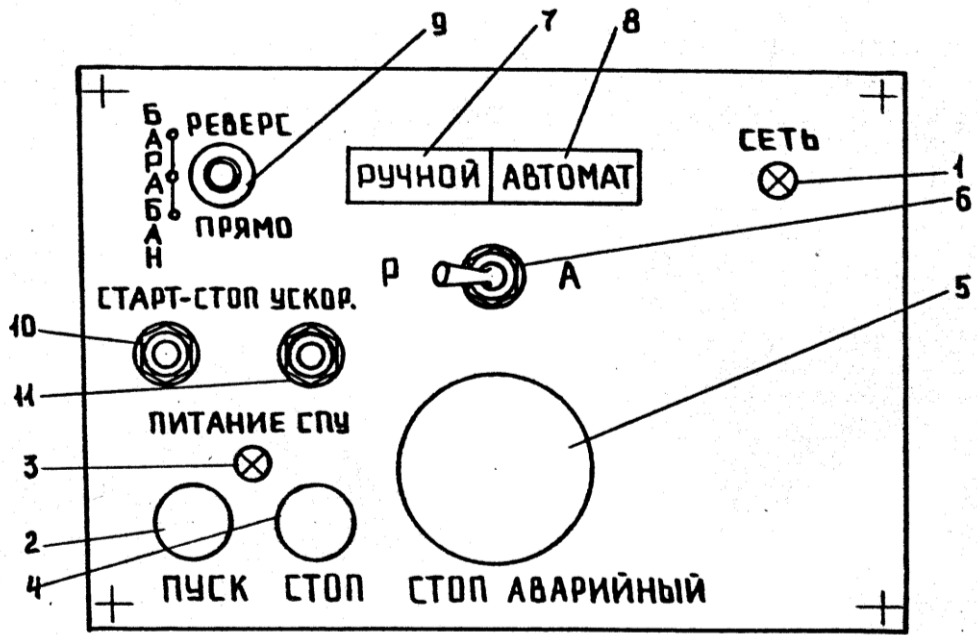
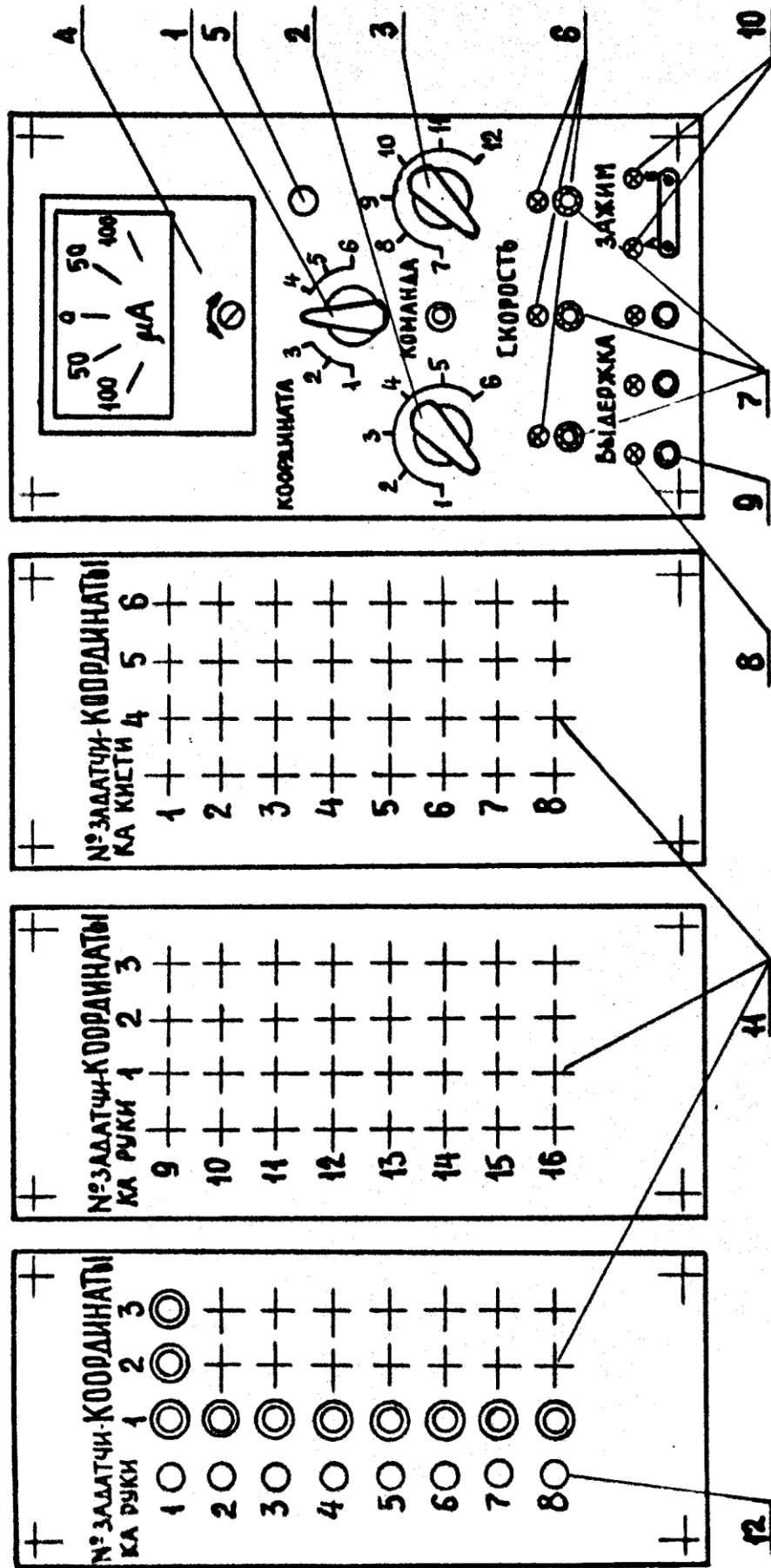


Рис. Кинематична схема матеріального «Універсал-5»





СЧИТЫВАНИЕ		НАБОР	
50	33		
49	32		
48	31		
47	30		
46	29		
45	28		
44	27		
43	26		
42	25		
41	24		
40	23		
39	22		
38	21		
37	20		
36	19		
35	18		
34	17		
33	16		
32	15		
31	14		
30	13		
29	12		
28	11		
27	10		
26	9		
25	8		
24	7		
23	6		
22	5		
21	4		
20	3		
19	2		
18	1		
17	50		
16	49		
15	48		
14	47		
13	46		
12	45		
11	44		
10	43		
9	42		
8	41		
7	40		
6	39		
5	38		
4	37		
3	36		
2	35		
1	34		

№ ЗА-ДАТЧИКА РУКИ					№ ЗА-ДАТЧИКА КИСТИ				СКОРОСТЬ РУКИ И КИСТИ		УСИЛИЕ ЗАЖИМА		РАЗЖИМ	ВЫХОДНЫЕ КОМАНДЫ					ВЫДЕРЖКА ВРЕМЕНИ			НАЧАЛО ЦИКЛА	КОНЕЦ ЦИКЛА	ТОЧНОСТЬ		
1	2	4	8	10	1	2	4	8			1			1	2	4	8	10	3	5	10					

Лабораторна робота № 2. Вивчення конструктивної будови пневматичних приводів промислового робота МП-9С та дослідження його технічних характеристик

Мета роботи – вивчення конструкції і принципу роботи пневматичних приводів промислового робота МП-9С та визначення їх технічних характеристик.

1. Короткі теоретичні відомості

Пневматичний робот МП-9С призначений для завантаження технологічного обладнання. При цьому виконавчий пристрій робота здійснює захоплення, перенесення і встановлення деталі по заданих координатах робочої зони.

Технічні характеристики

Вантажопідйомність	0.2 кг
Висув виконавчого пристрою	180 мм
Піднімання ВП	30 мм
Поворот ВП	120°
Точність позиціювання	± 0,05 мм
Тип приводу	пневматичний
Робочий тиск повітря	0,4...0,5 МПа
Тип системи керування	циклова
Число точок позиціювання на кожній ступені рухомості	2
Маса	40 кг

Пневматична схема живлення приводів промислового робота МП-9С наведена на рис. 1. Функціонально пневматичну схему живлення приводів даного робота можна розділити на наступні вузли:

1. Вузол підготовки стисненого повітря;
2. Вузол розподілу стисненого повітря;
3. Вузол виконавчих двигунів;
4. Система розподілу стисненого повітря між пристроями приводу.

Стиснене повітря через вхідний штуцер 1, запорний вентиль 2, вологовідділювач 3, регулятор тиску 4, маслорозпилювач 6 по магістралях поступає до відповідних пневморозподільників.

За допомогою регулятора тиску 4 здійснюється регулювання тиску стисненого повітря, що поступає до елементів приводу.

Маслорозпилювач 6 забезпечує розпилення в потоці стисненого повітря масла, яке необхідне для змащування елементів, що підлягають тертю, виконавчих двигунів і розподільників.

Контроль тиску стисненого повітря, що поступає до пристроїв робота, виконується візуально, за допомогою манометра 5. Манометр встановлений за регулятором тиску.

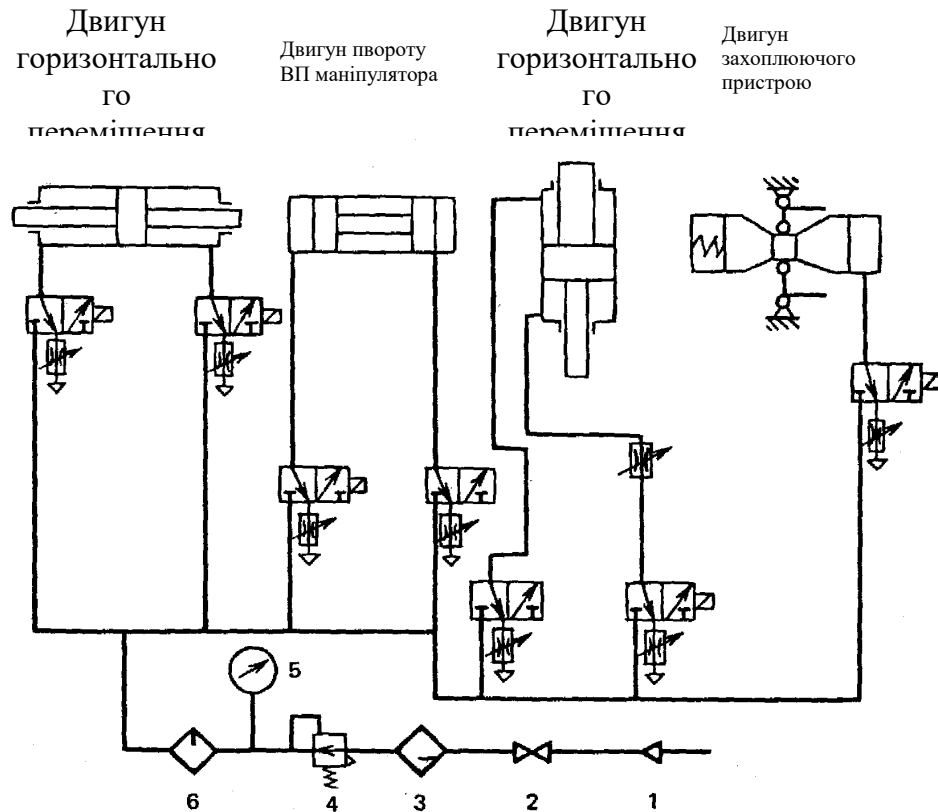


Рис. 1. Пневматична схема приводів

Блок підготовки стисненого повітря виконується автономно і входить в комплект маніпулятора.

Блок розподілу стисненого повітря включає в себе пристрої, з допомогою яких по заданій програмі можна виконувати відкриття або закриття доступу стисненого повітря в робочі порожнини виконавчих двигунів. В роботі МП-9С використовуються розподільники клапанного типу з електроуправлінням, нормально закриті. На кожний рух ВП в роботі встановлений автономний електроклапан. Для підвищення надійності робота додатково встановлено резервний електроклапан.

В якості виконавчих двигунів в схемі робота використовуються циліндри з прямолінійним рухом поршня одно- і двохсторонньої дії. На кожну степінь рухомості передбачається виконавчий двигун, конструкція якого забезпечує задані лінійні переміщення, швидкості і зусилля. Захоплюючий пристрій також має двигун.

Подача стисненого повітря в робочу порожнину циліндра здійснюється через відкритий електроклапан, при цьому вихід повітря з неробочої

порожнини циліндра в атмосферу здійснюється через другий відкритий електроклапан.

Регулювання швидкості вихідної ланки двигуна в пневматичних приводах здійснюється шляхом зміни витрати стисненого повітря на вході і виході двигуна. Конструктивно це здійснюється в вигляді пневматичного дроселя, у якому прохідне січення регулюється в залежності від необхідної швидкості. В даній схемі кожний електроклапан має дросель на виході, який регулюється провертанням регулювального гвинта.

Послідовність і число рухів ВП робота визначається набором програми на пульті ЕЦПУ – 6030.

Сигнал про завершення заданого руху поступає з електромагнітних контактів (КЕМ). Спрацювання контактів відбувається при наближенні до них постійних магнітів, що встановлені на рухомих частинах пневматичного двигуна.

Гальмування двигуна ВП при підході до кінцевого положення здійснюється гідравлічними демпферами – при висуванні руки та її повороті, при підніманні та опусканні – за рахунок дроселювання стисненого повітря на вході та виході з циліндра.

В корпусі маніпулятора розташовані механізм підйому і повороту ВП, блок розподілу повітря, виконані електро- і пневморозводка. Для зручності обслуговування корпус має з'ємний кожух і дві бокові кришки.

Механізм підйому (рис. 2) складається з корпусу 4, штока 2, кришок 6, 7, 10.

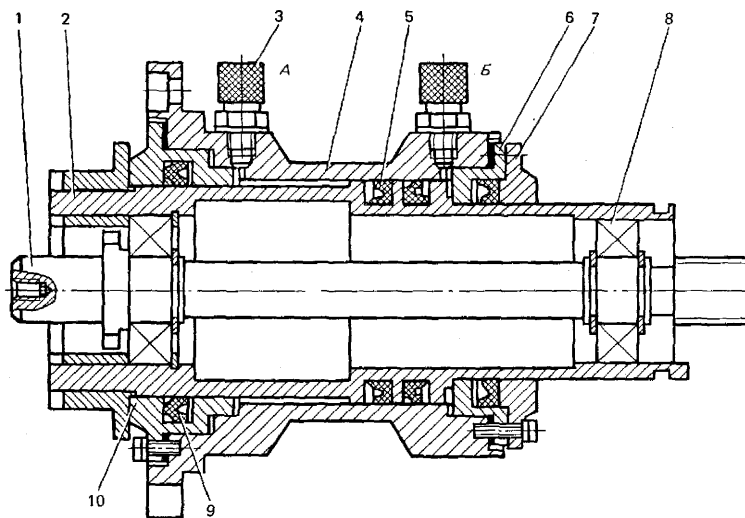


Рис. 2. Конструкція механізму підйому

Робочі порожнини циліндра герметизуються манжетами 5, 9 і прокладками.

Особливістю механізму підйому є виконання конструкції в вигляді нерухомого штока і рухомого корпуса циліндра. Для покращення динаміки роботи при підніманні і опусканні поршень має різні робочі площі.

Всередині штока на підшипниках 8 встановлений вал 1 механізму

повороту.

Досягнення заданого ходу вертикального руху виконується регулюванням механічних упорів, які встановлені на нерухомій направляючій в корпусі маніпулятора. На цих упорах встановлені КЕМи вертикального переміщення, на рухомому корпусі – відповідні їм постійні магніти. Конструкція кріплення КЕМів дозволяє проводити їх точне регулювання для забезпечення надійного спрацювання.

При подачі стисненого повітря через пряме кінцеве з'єднання 3 в порожнину А або Б корпусу циліндра 4 переміщується.

Механізм повороту (рис. 3) складається з корпусу циліндра 11, в якому переміщується шток 10.

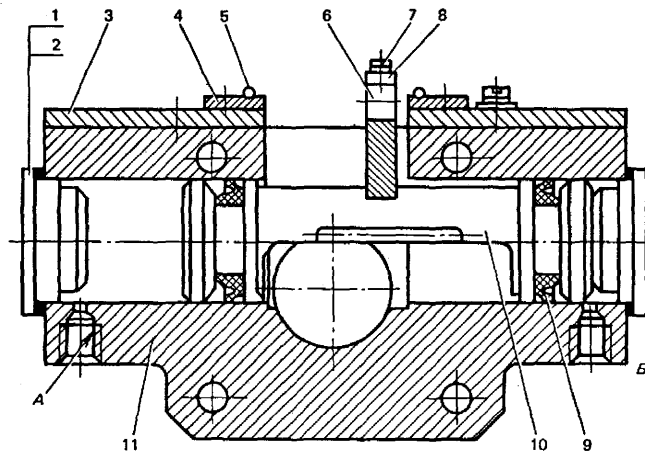


Рис. 3. Конструкція механізму повороту

Середня частина штока виконана в вигляді рейки, зуби якої входять в зачеплення з валом повороту, що встановлений в штоці механізму підйому. Шток 10 ущільнюється манжетами 9, фланцями 1 з прокладками 2. На штоці 10 закріплена гвинтом 7 планка 8 з магнітом 6, на корпусі 11 встановлені планки 3 і плати 4 з КЕМами 5.

При подачі стисненого повітря в пневмоциліндр через отвори А і Б поступальний рух штока-рейки 10 перетворюється в обертовий рух валу.

В верхній частині валу встановлена муфта, яка призначена для з'єднання виконавчого пристрою робота з валом механізму повороту. Муфта 1 має упори 2 (рис. 4), які забезпечують заданий кут повороту. Регулювання кута повороту здійснюється за допомогою упорів 4. При здійсненні повороту упор 2 торкається виступу 3 гідравлічного демпфера і дотискає його до кінцевого положення. Виконавчий пристрій робота (рис. 5) забезпечує висунення захоплюючого пристрою в робочу зону.

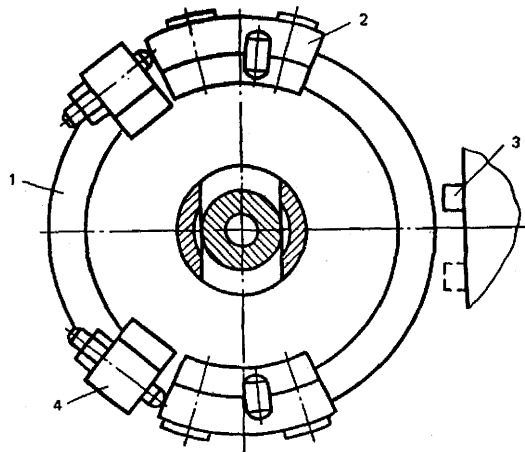


Рис. 4. Розташування упорів механізму повороту

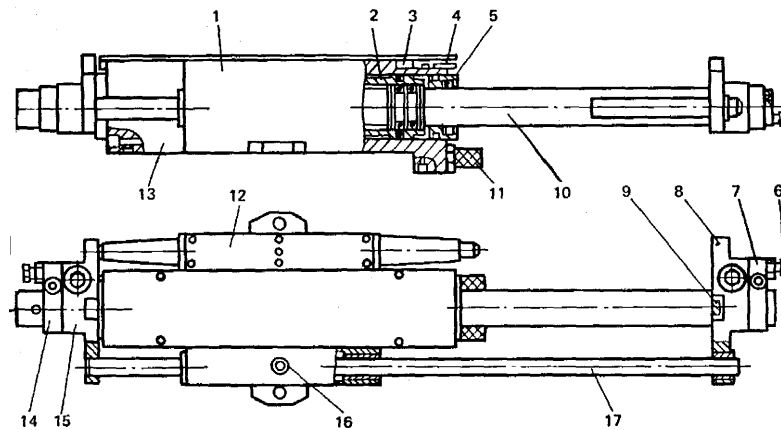


Рис. 5. Конструкція виконавчого пристрою робота

Конструкція виконавчого пристрою містить такі основні елементи: корпус 13, шток з поршнями 10, направляючу 17, основні упори 8 і 15, регулюючі упори 7 і 14 з гвинтом 6, амортизатор 12. В корпусі 13 встановлена гільза 2 з ущільненням 3, яка служить корпусом циліндра виконавчого двигуна ВП. В гільзі переміщується шток з поршнем 10. Шток ущільнюється манжетною 5. Стиснене повітря підводиться до прямого кінцевого з'єднання 11. Направляюча 17 служить обмежувачем від провертання штока захоплюючого пристрою навколо осі. Змащування направляючої здійснюється через масельничку 16.

Під кришкою 1 корпусу встановлені КЕМи 4, на упорах 8 і 15 – магніти 9.

При подачі стисненого повітря в відповідну порожнину циліндра шток з направляючою 17 і опорами 7, 8, 14, 15 переміщується. На кінцевій ділянці руху упор 8 або 15 торкається штока амортизатора 12 і переміщує його до кінцевого положення. Одночасно магніт 9 підходить до КЕМа 4, який спрацьовує і видає сигнал про закінчення руху.

Переміщення виконавчого пристрою регулюється відповідною установкою упорів 7, 8, 14, 15. За допомогою мікрогвинта 6 виконується точна настройка ходу штока. Гідравлічні демпфери кута повороту і висунення захоплюючого пристрою по принципу дії аналогічні; енергія руху механічних елементів перетворюється в енергію дроселювання потоку рідини через зазор із змінним

прохідним січенням.

Схема демпфера представлена на рис. 6.

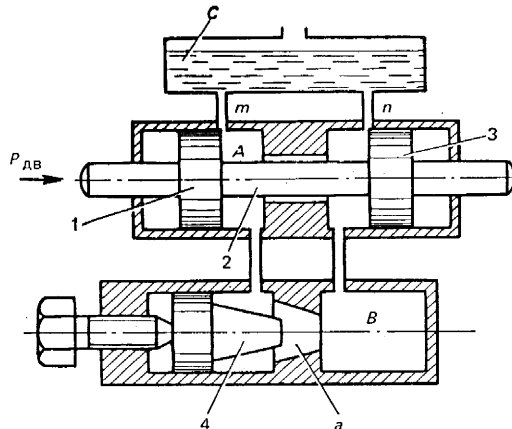


Рис. 6. Принципова схема демпфуючого пристрою

Поршні 1 і 3 жорстко з'єднані штоком 2. Шток виконавчого двигуна при підході до заданого положення натискає упором на поршень 1 демпфера. Поршні 1 і 3 під дією сили переміщуються вправо, при цьому з порожнини А рідина витісняється і поступає в порожнину В через зазор a . Першочергове заповнення порожнин А і В рідиною здійснюється з резервуару С через канали m і n , які потім перекриваються поршнем демпфера при відповідному напрямку руху.

При протіканні рідини через зазор a , який представляє собою місцеве звуження потоку, відбувається втрата енергії. Як видно з схеми, потік рідини, що рухається з порожнини А в порожнину В, отримує енергію від поршня 1. Чим більша в'язкість рідини і менша площа зазору a , тим більше зусилля необхідне для переміщення поршня 1 і тим значніше демпфування.

В якості робочої рідини в демферах використовується мінеральне масло. Зазор a регулюється переміщенням дроселюючої голки 4.

Привід захоплюючого пристрою виконаний у вигляді циліндра з прямолінійним рухом поршня односторонньої дії. При подачі повітря в праву порожнину циліндра (рис. 1) поршень рухається вліво, при цьому, фаски на зовнішній стороні поршня діють на важелі захоплюючого пристрою, стискаючи його. При відключенні тиску повітря зворотній хід поршня здійснюється під дією пружини. При цьому важелі захоплюючого пристрою розтискаються під дією пружини. Розмах важелів можна регулювати спеціально передбаченими гвинтами.

2. Теоретичні відомості з практики використання пневмоприводів

В роботах, що використовують в якості робочого середовища стиснене повітря, широко застосовують конструкцію виконавчих двигунів у вигляді циліндрів з прямолінійним поступальним рухом поршня. Такі двигуни відносяться до класу об'ємних машин, де робочий процес оснований на перемінному заповненні робочої камери робочим середовищем (в даному

випадку стисненим повітрям) і витисненням його з камери.

В пневматичних двигунах вихідна ланка – поршень зі штоком – рухається за рахунок енергії, отриманої від потоку стисненого повітря.

Під робочою камерою об'ємного двигуна розуміють обмежений простір всередині машини, що періодично змінює свій об'єм і по чергову з'єднується з каналами входу і виходу робочого середовища.

В пневматичних приводах в якості робочого середовища використовується газ – стиснене повітря. Основними характеристиками стану газу є: абсолютний тиск p , густина ρ і абсолютна температура T . В подальшому для простоти розрахунків приймається, що станом робочого середовища в пневматичних приводах є стан ідеального газу, який описується рівнянням Клапейрона:

$$p\nu = RT, \text{ або } p = \rho RT,$$

де R – газова стала;

$$\nu = \frac{V}{m};$$

V – об'єм газу;

m – маса газу об'ємом V .

Можливі також часткові випадки цього стану.

Для визначення основних залежностей при розрахунках конструкції і динаміки пневматичного приводу приймається, що має місце режим одновимірного руху ідеального газу без тертя і теплообміну з навколишнім середовищем.

Найбільш простим і розповсюдженим способом регулювання швидкості в пневматичних приводах є регулювання за допомогою дроселя змінного січення на виході з двигуна.

В практичних розрахунках пневматичних пристроїв для визначення масової витрати газу через дроселі використовують наступну залежність:

$$G = \mu f p_1 \sqrt{\frac{2}{RT_2} \left[1 - \frac{p_2}{p_1} \right]}, \quad (1)$$

де μ – коефіцієнт витрати, що враховує втрати енергії потоку при проходженні місцевих опорів; на практиці звичайно приймають $\mu = 0.6 \div 0.8$;

f – площа прохідного січення дроселя;

p_1 – тиск на вході в дросель;

p_2 – тиск на виході з дроселя ($p_2 = 0.1$ МПа – атмосферний тиск);

R – газова стала повітря; $R = 287.14$ Дж / (кг·°К);

T_2 – абсолютна температура повітря після дроселя, °К.

Дана залежність справедлива для режиму протікання газу при $p_1/p_2 \geq 0.5$, тобто для докритичного режиму протікання.

Для надкритичного режиму протікання, коли $p_1/p_2 \leq 0.5$, масові витрати газу визначаються залежністю

$$G = \mu f p_1 \sqrt{\frac{1}{2RT_2}}. \quad (2)$$

На практиці для пневматичних роботів використовують тиск стисненого повітря на вході в двигун $p=0,4\dots 0,5$ МПа.

Швидкість поршня двигуна і витрати повітря зв'язані прямою залежністю

$$\dot{x} = \frac{Q}{F}, \quad (3)$$

де \dot{x} – швидкість поршня;

Q – об'ємні витрати повітря;

F – ефективна площа поршня.

З аналізу залежностей (1) – (3) можна встановити, що швидкість поршня двигуна робота залежить (при інших рівних умовах) від площі прохідного січення дроселя на виході, тиску живлення стисненим повітрям і перепаду тиску на поршні.

Для забезпечення заданої швидкості необхідно виконати налагодження дроселя для кожного значення навантаження.

Як показують розрахунки і умови експлуатації, регулювання швидкості поршня краще виконати шляхом дроселюванням стисненого повітря на виході з двигуна. Це дозволяє отримати кращі динамічні характеристики приводу.

Рівняння динаміки поршня пневматичного двигуна з врахуванням діючих на нього сил може бути представлено таким виразом:

$$F(p_1 - p_2) = m\ddot{x} + \alpha\dot{x} + \sum_{i=1}^n N_i, \quad (4)$$

де $m\ddot{x}$ – сила подолання інерційності маси рухомих частин двигуна для висунення захоплюючого пристрою (маса поршня з штоком плюс маса вантажу, що переміщується);

$\alpha\dot{x}$ – величина, що враховує демпфування при витіканні повітря між поршнем і стінками циліндра;

$$\sum N_i$$

– сума сил, що діють на поршень (тертя, постійне зовнішнє зусилля та ін.).

З виразу (4) випливає, що з приростом маси корисного вантажу для забезпечення потрібної швидкості необхідно збільшити перепад тиску на поршні $p_1 - p_2$.

При постійному вхідному тиску стисненого повітря на двигуні з збільшенням маси вантажу швидкість вихідної ланки зменшується.

Розглянемо рівняння стану стисненого повітря в робочій камері двигуна при прямому ході поршня. Маса повітря в робочій камері при русі поршня буде визначатись виразом

$$M = \rho(V_0 + Fx),$$

де M – маса повітря;

V_0 – початковий об'єм робочої камери;

F, x – площа і хід поршня.

$$\rho = \frac{P}{(RT)}$$

З врахуванням

$$M = \frac{P_1}{RT}(V_0 + Fx)$$

Зміна маси в часі, або масові витрати,

$$\frac{dM}{dt} = G = \frac{1}{RT} \frac{dp_1}{dt}(V_0 + Fx) + \frac{p_1}{RT} F \frac{dx}{dt},$$

звідки

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{\frac{RT}{F}G - p_1 \frac{dx}{dt}}{\frac{V_0}{F} + x}, \quad (5)$$

де G – витрата повітря в робочу камеру, яка визначається згідно режимів витікання по формулах (1) і (2) Сен-Венана-Ванцеля;

V_0 – величина, постійна для розглядуваної конструкції двигуна.

Розв'язок рівняння (5) можливий, якщо відома залежність для змінної $\frac{dx}{dt}$.

Рівняння руху поршня з врахуванням діючих на нього сил представлене залежністю (4). Час переміщення поршня, процес зміни тиску в робочій камері швидкість поршня можна знайти з спільного рішення рівнянь (4) і (5) і наступного інтегрування. Через складність та нелінійність рівняння (5) на практиці дана система рівнянь обчислюється числовим інтегруванням.

Для малих проміжків часу і ділянок інтегрування вихідна система рівнянь буде мати вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \Delta p_{li} &= \frac{1}{k + x_{i-1}} \left(\frac{RT}{F} G_{i-1} - p_{1(i-1)} x_{i-1} \right) \Delta t_i \\ p_i &= p_{1(i-1)} + \Delta p_{li}; \\ \ddot{x}_i &= \frac{F}{m} (p_{li} - p_{am}) - \frac{\alpha}{m} x_{i-1} - \frac{c}{m} \dot{x}_{i-1} - \frac{\sum N}{m}; \\ \Delta \dot{x}_i &= \ddot{x}_{i-1} \Delta t_i; \\ \dot{x}_i &= \dot{x}_{i-1} + \Delta \dot{x}_i; \\ x_i &= x_{i-1} + \dot{x}_{i-1} \Delta t_i + 0.5 (\ddot{x}_i \Delta t_i^2), \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

де $k = \frac{V_0}{F}$; Δt – крок інтегрування.

Величина p_2 в рівнянні (4) приймає значення атмосферного тиску p_{at} , якщо розглядається початково прямий хід поршня. Ліва робоча камера при цьому зв'язана з атмосферою. Індекс i вказує на порядковий номер кроку інтегрування.

Інтегрування проводиться в наступному порядку:

Приймаються початкові умови:

$$i=0; \quad x_0=0; \\ p_{10} = \frac{\sum N}{F} + p_{am}; \quad \dot{x} = 0; \quad \Delta t_i = \Delta t_1.$$

Значення Δp_1 на першій ділянці Δp_{11} визначається з першого рівняння системи (6).

По знайденому значенні Δp_{11} визначається значення потужності p_{11} , яке дозволяє отримати тиск в робочій камері через Δt_1 після подачі повітря.

Значення p_{11} підставляється в третє рівняння, при цьому отримуємо значення прискорення поршня \ddot{x}_{11} в кінці першого кроку Δt_1 .

Послідовно розв'язуються рівняння четверте, п'яте і шосте, при цьому отримуємо значення для положення поршня після плин часу Δt_1 .

Розрахунок повторюється для кроку часу Δt_2 , Δt_3 тощо, поки значення ходу поршня не досягне величини $x = x_{max}$, де x_{max} – максимальний хід поршня від опори до опори.

Максимальний час руху поршня при $x = x_{max}$ визначається виразом

$$t_{max} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \quad \text{де } n \text{ – число кроків інтегрування.}$$

В приводах з точною якістю зборки і малим ресурсом напрацювання можна прийняти $\alpha=0$.

Визначення процесів зворотнього ходу здійснюється по залежностях (6), при цьому приймаються початкові умови:

об'єм робочої камери $V_{поч} = V_0 + x_{max}F$;

тиск в робочій камері $P_{живл.}$.

При зворотньому ході тиск в першій камері визначається залежністю

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{p_1 \frac{dx}{dt} - \frac{RT}{F} G}{\frac{V_{max}}{F} - x}. \quad (7)$$

Спільний розв'язок рівнянь системи (6) дозволяє оцінити процес зміни тиску в кожній камері двигуна, визначити час переміщення і координати поршня в заданий момент часу.

3. Хід роботи

1. Вивчити принцип роботи і конструкцію приводів, використовуючи опис і реальну конструкцію. При вивченні конструкції необхідно зняти кожух і бокові кришки маніпулятора. Визначити місця встановлення основних вузлів маніпулятора. Звернути увагу на конструкцію дроселів і спосіб їх регулювання, розташування амортизаторів механізмів підйому і висунення ВП. При відсутності подачі повітря в пневмосхему (вентиль 2 закритий, рис. 1) оцінити вручну рухомість ВП робота при висуненні, підйомі і повороті,

- зусилля руху з початкового положення.
2. Методами чисельного інтегрування визначити характер зміни тиску в робочих камерах двигуна висунення захоплюючого пристрою для прямого і зворотнього ходів, час переміщення і середні швидкості поршня;
 3. Вибрати початкові умови. Значення параметрів визначаються для кожного студента викладачем.
 4. Число кроків інтегрування прийняти рівним 5 – 6.
 5. По отриманих результатах побудувати графік залежності $p_{1,2}=f(t)$.

4. Звіт по роботі

Звіт повинен містити:

1. Схему пневматичного приводу;
2. Вихідні теоретичні залежності і вихідні дані для інтегрування;
3. Таблицю з результатами числового інтегрування і відповідні дослідні дані;
4. Графік залежності $p=f(t)$;
5. Аналіз результатів досліджень і висновки.

5. Контрольні запитання

1. Пояснити принцип дії і конструктивні особливості пневмоприводів робота або його окремих вузлів.
2. Вказати способи демпфування по кожній ступені рухомості.
3. Пояснити фізичні основи регулювання швидкості пневматичних двигунів.
4. Вказати способи регулювання швидкості вихідної ланки пневматичного двигуна..
5. Вказати негативні фактори, які впливають на роботу приводу (визвані недостатнім демпфуванням руху ВП робота).
6. Пояснити фізичні основи зміни швидкості пневматичного приводу при зміні навантаження.
7. Які необхідно виконати роботи з елементами приводу при зміні маси корисного вантажу?
8. Які міри потрібно прийняти, щоб забезпечити задану швидкість приводу?
9. Використовуючи отримані результати досліджень, визначити максимальне навантаження на привід.
10. Пояснити, з яких міркувань вантажопідйомність робота МП-9С визначена рівною 0.2 кг.
11. Пояснити характер впливу зміни вхідного тиску стисненого повітря на роботоздатність приводу.
12. Який діапазон зміни вхідного тиску стисненого повітря допустимий для приводів робота МП – 9С?
13. Який клас точності манометра достатній для експлуатації робота МП-9С?
14. Пояснити можливі наслідки для технологічного процесу при різкому вимкненні повітря живлення робота.
15. Пояснити який вплив здійснює на тиск в робочій порожнині і швидкість двигуна підсилення демпфування амортизатора?.
16. Пояснити, чи має тиск в початковий момент руху і в момент кінцевого

руху однакове значення.

17. Доказати, що з зменшенням інтервалу Δt_i точність чисельного інтегрування зростає.
18. Пояснити, як зміниться швидкість поршня і тиск в робочій порожнині при збільшенні негерметичності між стінками циліндра і поршня.
19. Вказати фактори, що впливають на похибку при визначенні швидкості розрахунковим методом.

Лабораторна робота № 3. 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.

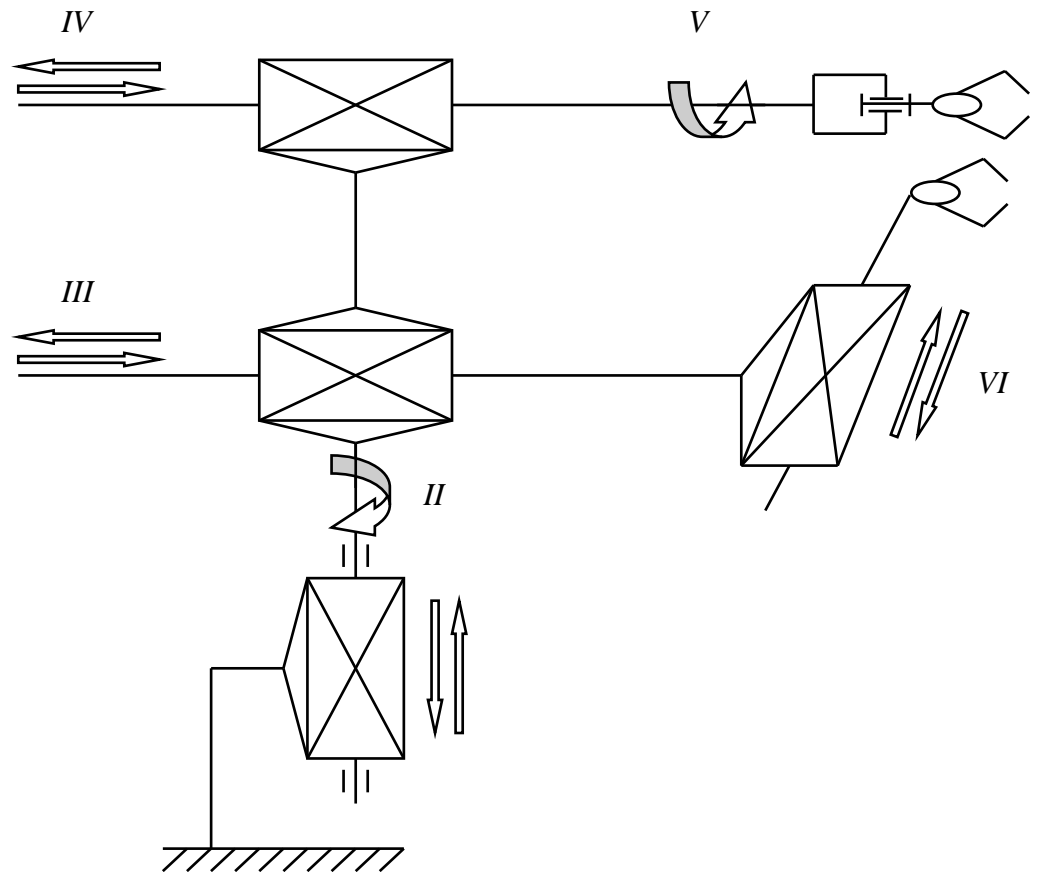


Рис. 1.

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТА.

Номінальна вантажопідйомність з урахуванням маси захоплювача і губок, кг	
в кожній руці	1.0
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 витягування (втягування) рук при максимальній величині переміщення, с	≤0,8
– максимальна швидкість витягування (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 позиціювання, мм	≤0,04
– число точок позиціювання по кожній ступеніт 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 жвлнення), 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, ВА	≤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 пневмотрубкою 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-пневморозподільвачів виробу у відповідності з заданою програмою забезпечує пристрій керування, видаючи на котушки електро-пневморозподільвачів 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 пристроєм 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”)ж
- **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.

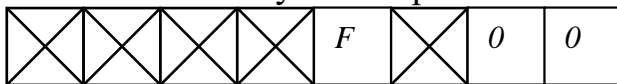
В режим **КРОКОВИЙ** проводиться покрокове виконання програми. Після кожного виконання команди робота ПК перевивається; обробка наступної команди здійснюється після повторного натискання будь-якої кнопки пульта керування ПК (крім кнопки “P”).

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 з’являється 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 використований / 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 датчиками 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 капель 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 обгородження до маніпулятора в крайніх положеннях повинна бути не менше 100 мм.
3. ПК повинен бути встановлений за границями зони обгородження.

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 “**АВАРИЙНИЙ 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 № 4. 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. б).

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 порожнин 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 настроюють 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 позиціонування 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. б).

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).

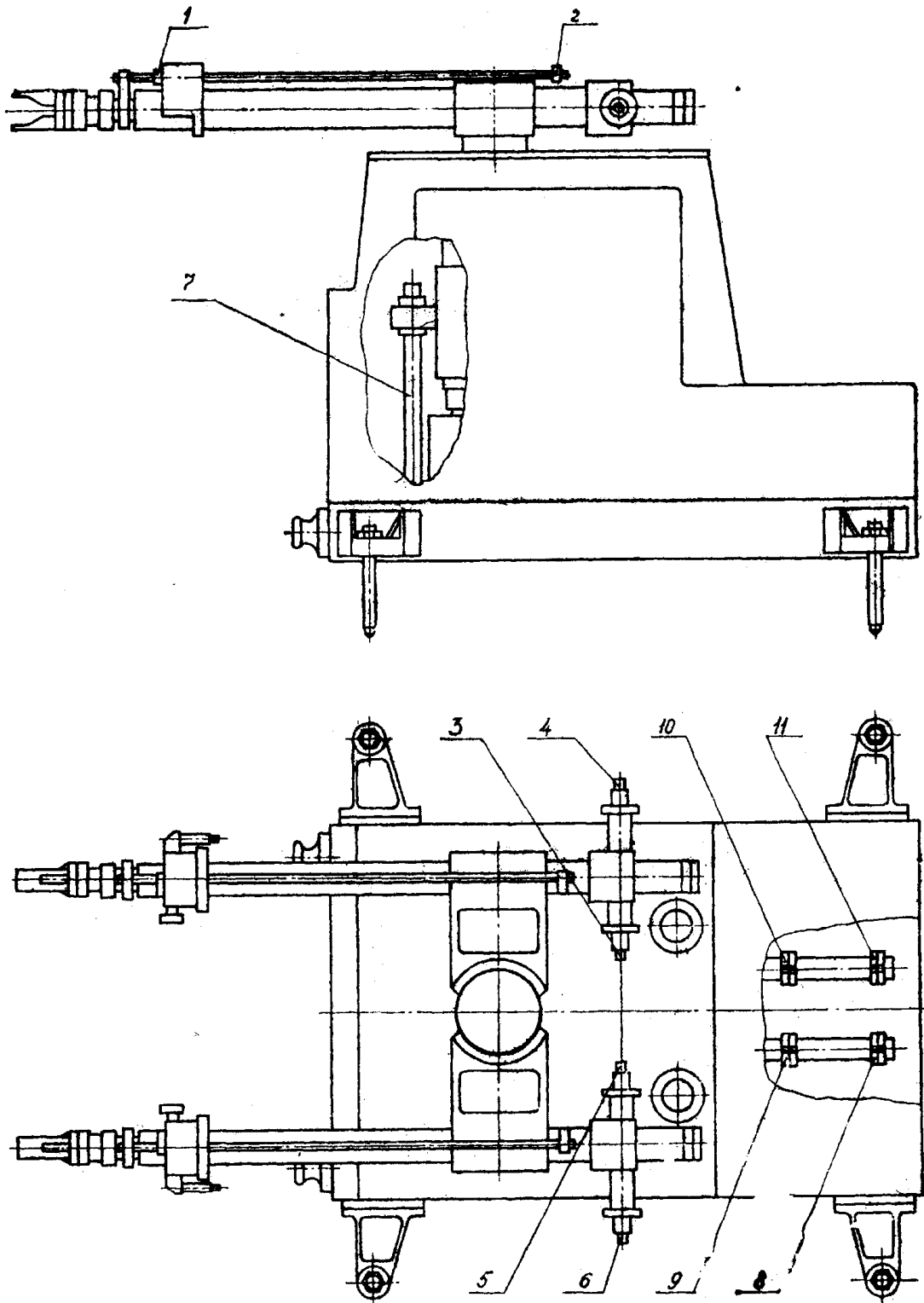


Рис. 1. Загальний вигляд промислового робота "Циклон-5".
Схема розташування упорів.

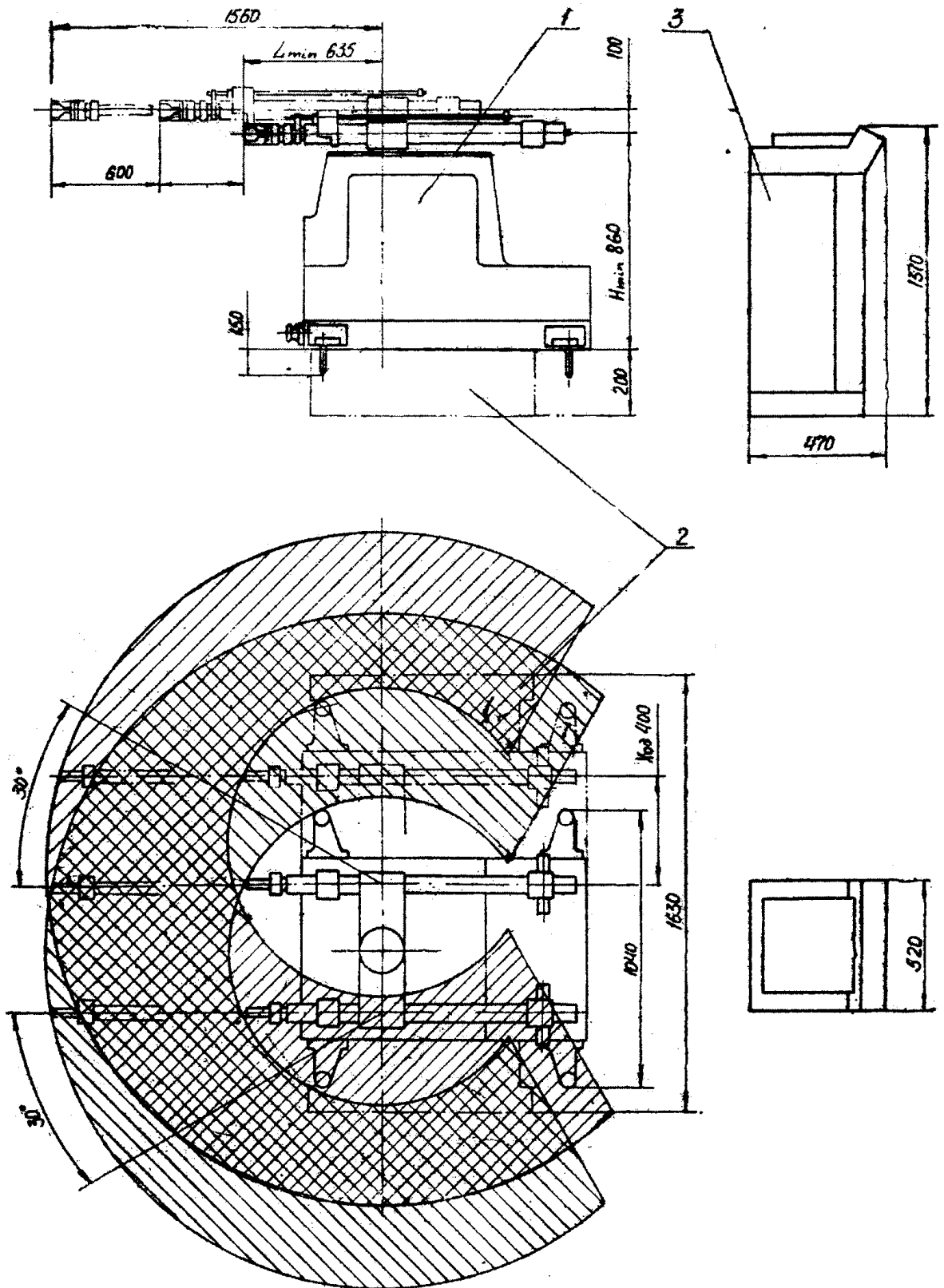


Рис. 2. Рабочая зона промышленного робота "Циклон-5"

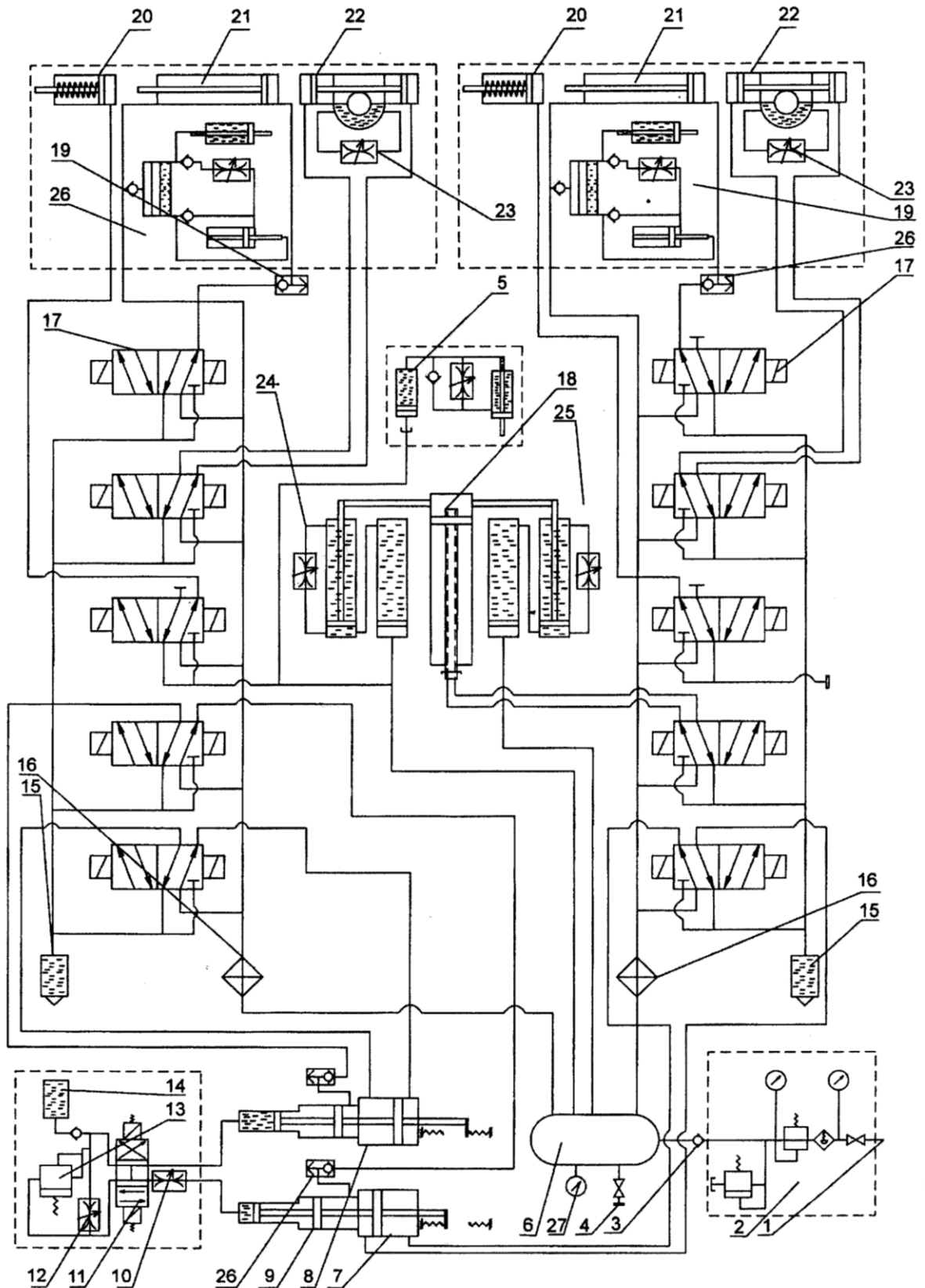


Рис. 3. Маніпулятор "Циклон-5". Схема гідропневматична

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 РПЭУ-2М; 18 – мнєвоциліндр 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.

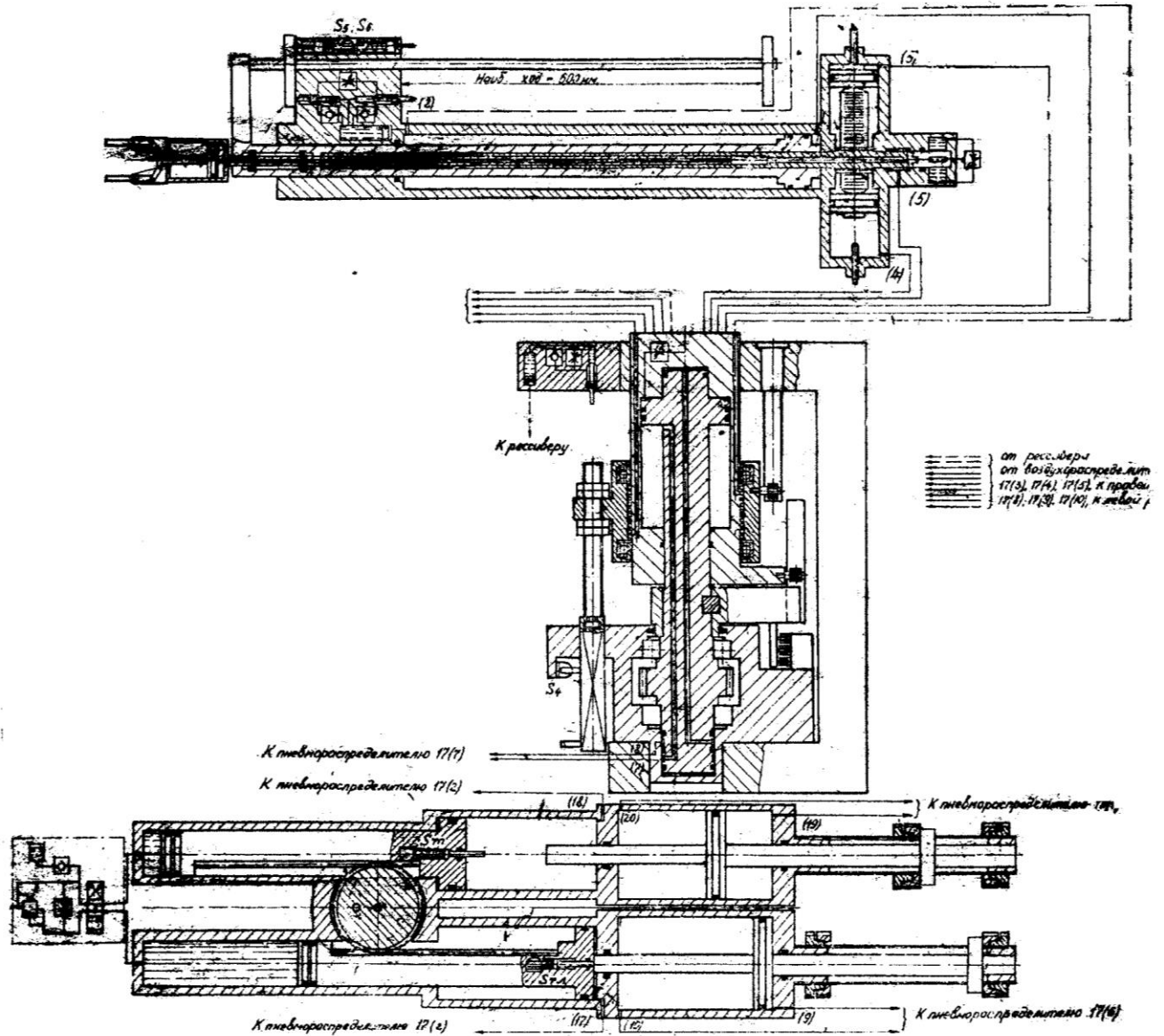


Рис. 4. Маніпулятор "Циклон-5". Схема кінематична

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

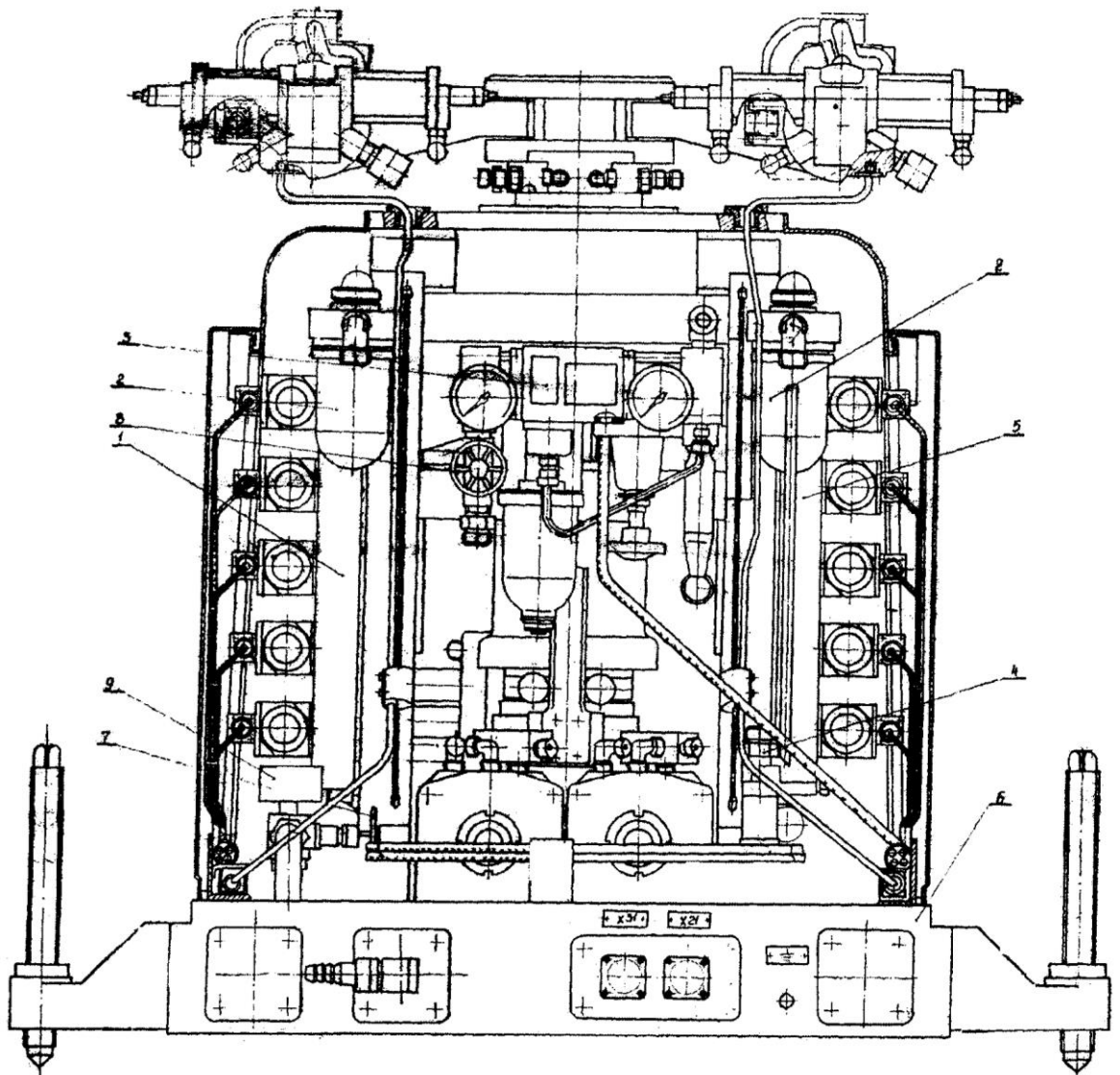


Рис. 5. Маніпулятор “Циклон-5”. Вид із знятою задньою стінкою каркаса:

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.

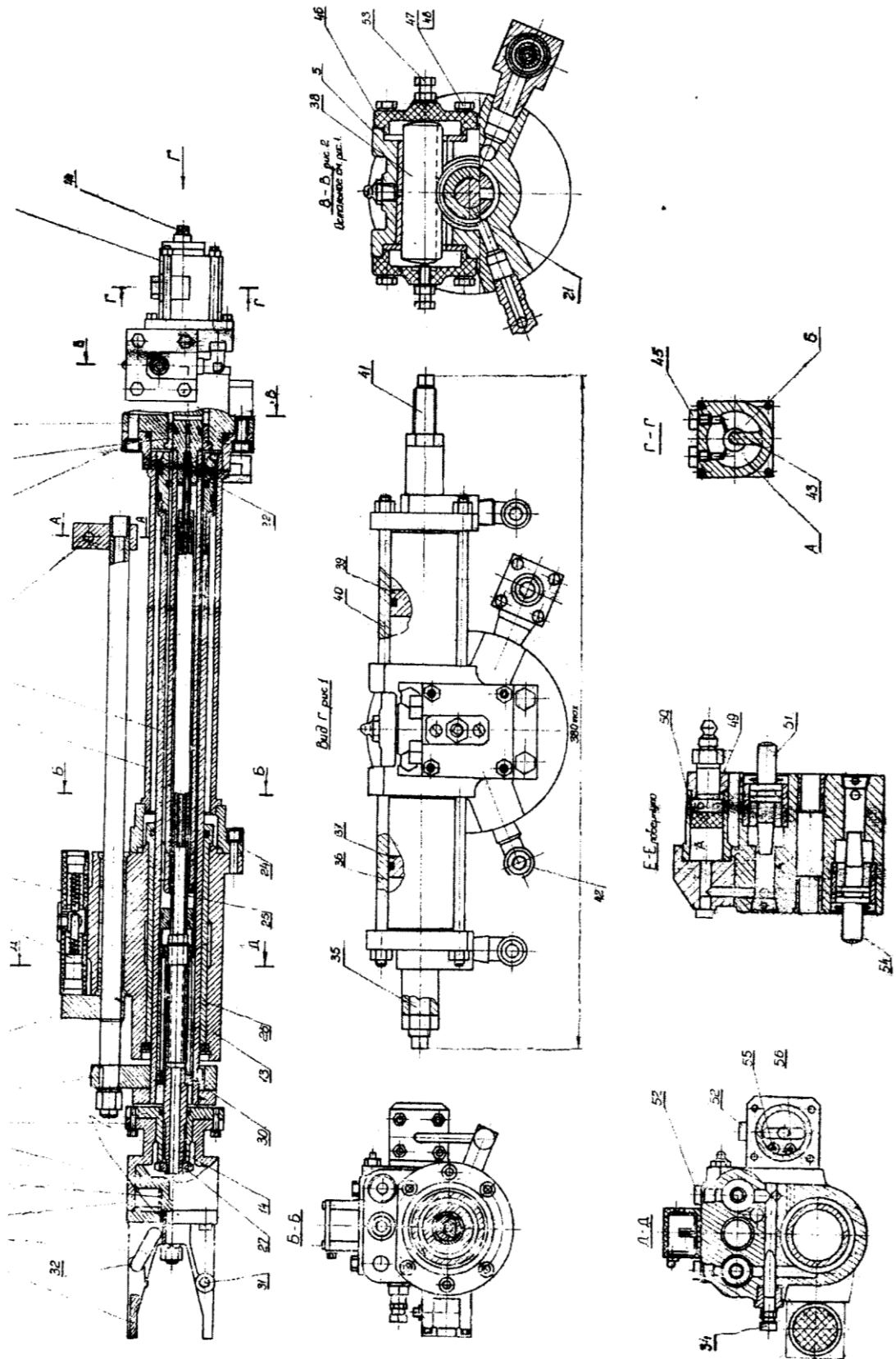


Рис. 6. Рука:

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.

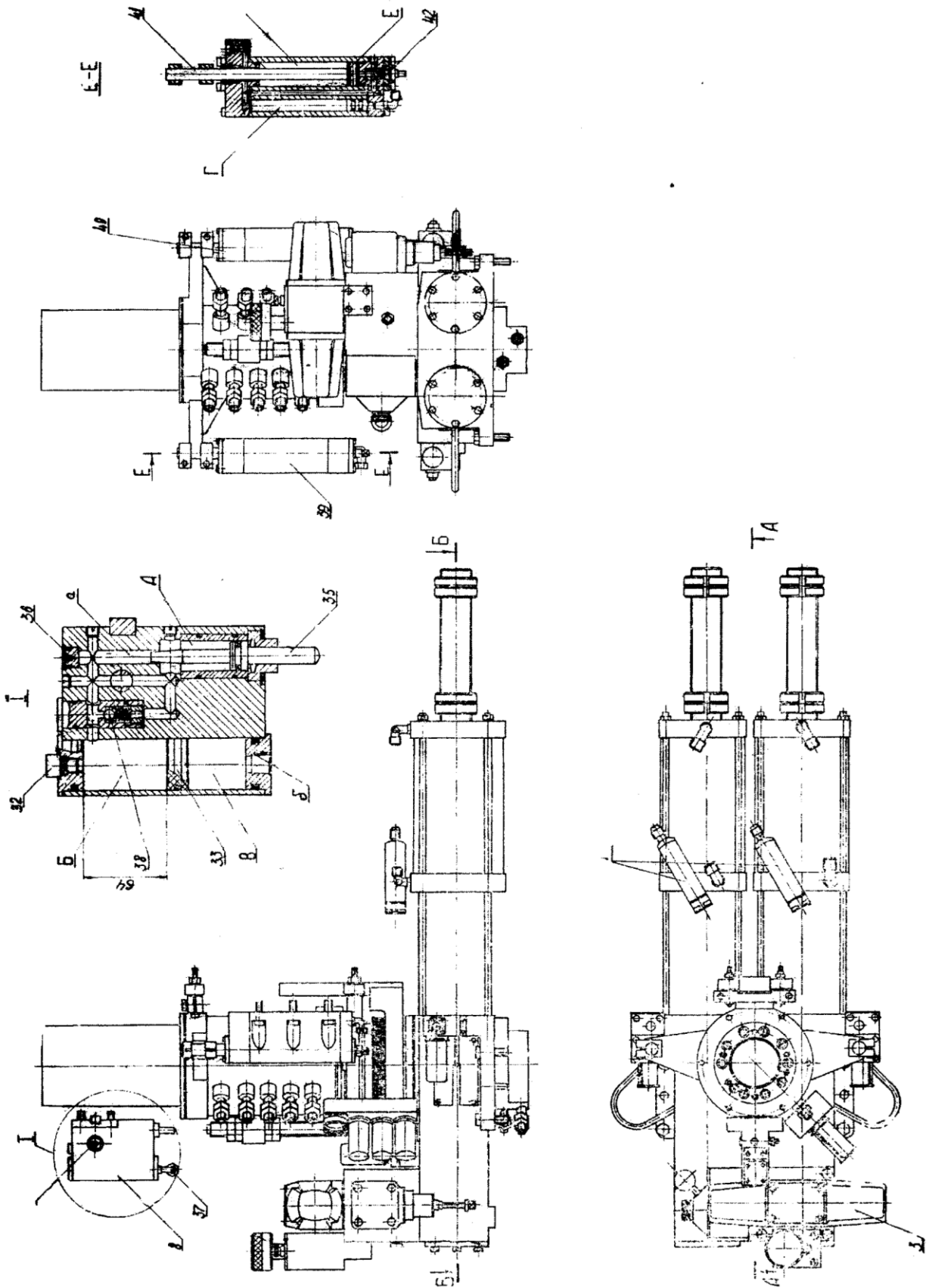


Рис. 7. Механізм підйому і повороту рук:

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.

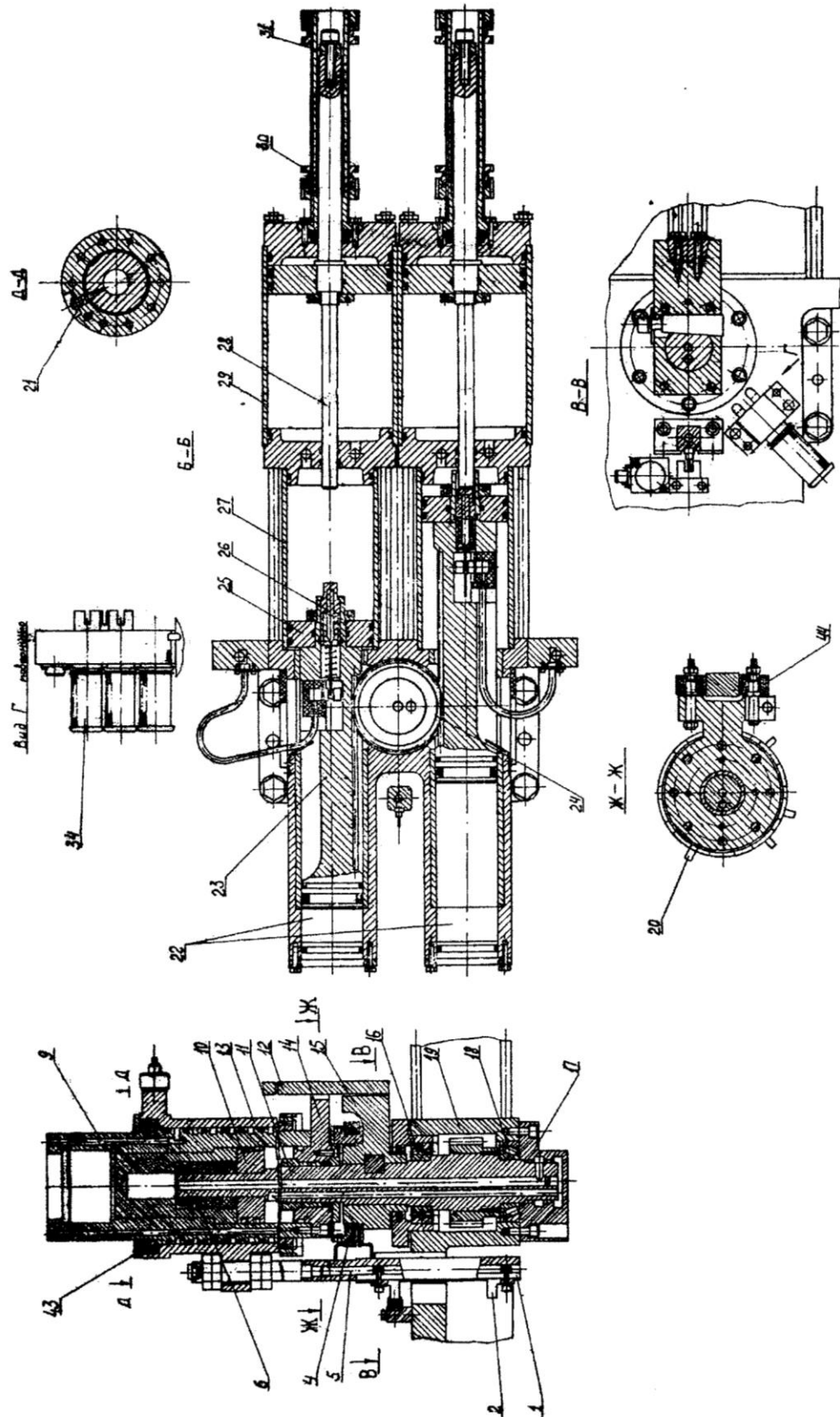


Рис. 8. Механізм підйому і повороту рук;

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.

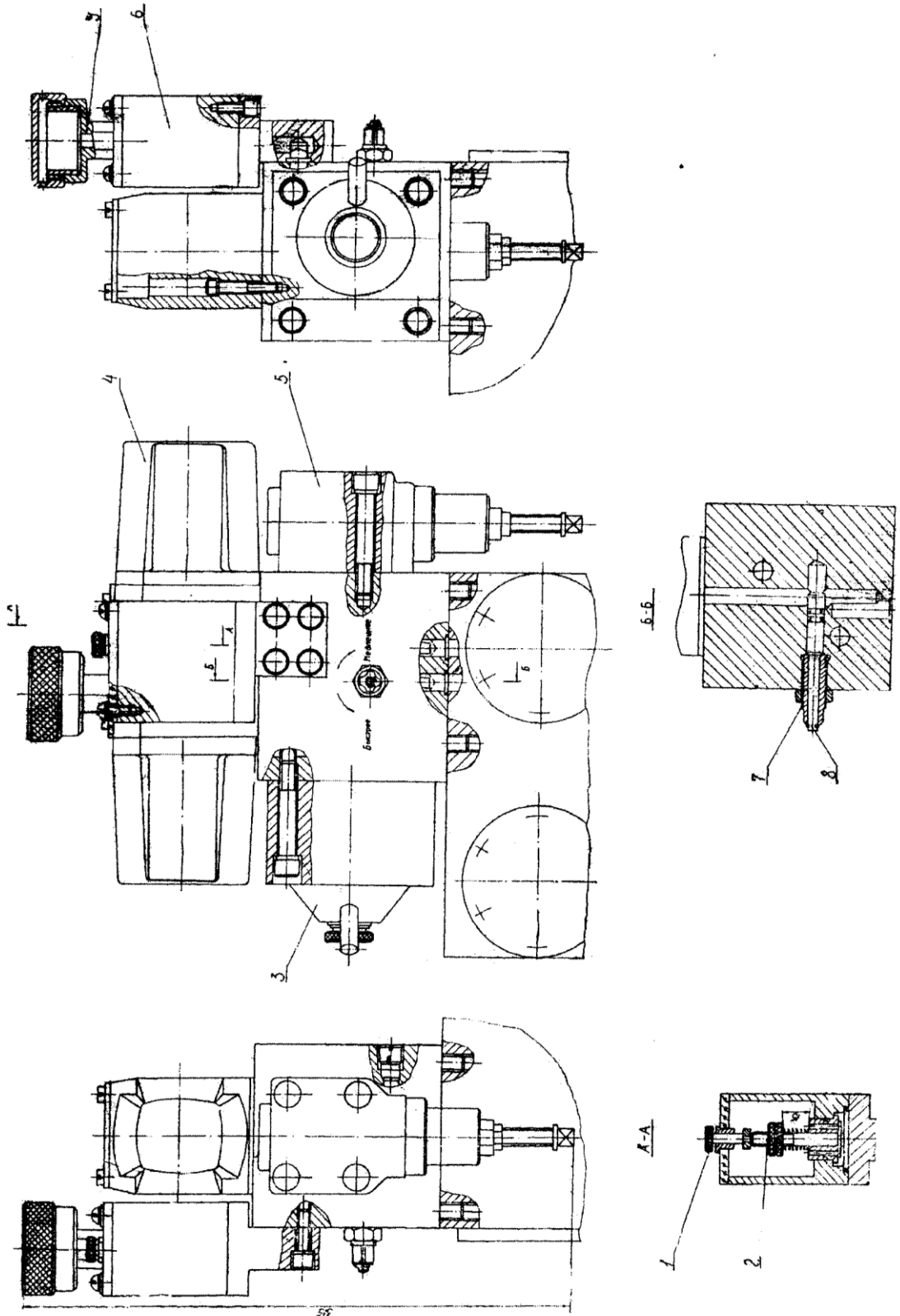


Рис. 9. Пристрій гальмівний повороту рук:

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 позиціонування 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 показах 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 двохопераційного 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

видачею плоских заготовок призначений для завантаження стопи плоских заготовок у фіксованому положенні, підйому і підтримки верхнього рівня стопи заготовок у площині захоплювача 12 руки маніпулятора. Шиберний пристрій призначений для завантаження плоских заготовок у фіксованому положенні і поштучної видачі нижньої заготовки зі стопи безпосередньо на позицію захоплення рукою маніпулятора. Він являє собою переналагоджувальний пристрій підлогового типу з індивідуальним пневмогідролічним приводом шибера, керованим у налагоджувальному і автоматичних режимах від системи керування 9 комплексу. Шиберний пристрій, що входить до складу РТК, не є універсальним. Він може застосовуватися для заготовок товщиною більше 1 мм.

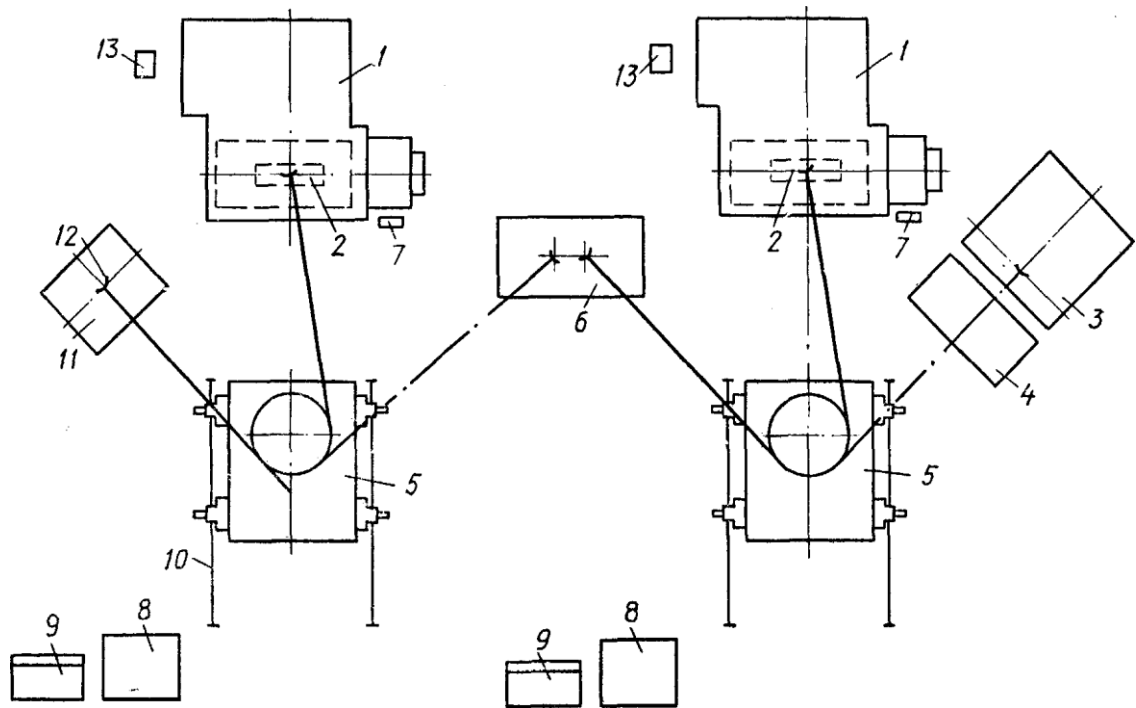


Рис. 10. РТК холодного листового штампування на базі роботів «Циклон-5»: 1 – прес; 2 – штамп; 3 – приймальна позиція 2-го робота; 4 – тара; 5 – промисловий робот «Циклон-5»; 6 – приймальна позиція 1-го робота; 7 – пристрій контролю знімання деталі зі штамп; 8 – пристрій керування роботом УЦМ-30; 9 – система керування; 10 – відкатний пристрій; 11 – магазинний пристрій; 12 – захоплюючий пристрій маніпулятора; 13 – блок керування пресом.

Транспортно-орієнтований пристрій 6 виконаний з трьома ступенями вільності, оскільки він призначений для зв'язку двох стоячих поруч пресів 1, розташування котрих один відносно одного в залежності від їхнього типу, зусилля і ряду інших причин визначається відповідними нормативами і може бути різноманітним. Горизонтальний хід – 300 мм, вертикальний хід – 200 мм. Можливий поворот навколо осі на 180°.

Маніпулятори 5 комплексу оснащені пневматичними й електромагнітними захоплювачами. Пневматичний захоплювач – вакуумний, ежекторного типу, має змінні гумові присоси, причому їхнє взаємне розташування в площині захоплення може бути різноманітним. При

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

6. Вивчити принцип роботи і будову промислового робота «Циклон-5» використовуючи опис і реальну конструкцію. Визначити місця встановлення основних вузлів маніпулятора.
7. 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.
8. Вивчити принцип роботи і конструкцію механізмів підйому і повороту виконавчого органу промислового робота «Циклон-5».
9. Вивчити конструкцію захоплюючого пристрою, використовуючи креслення і реальну конструкцію.
10. При відсутності подачі повітря в пневмосхему оцінити вручну рухомість виконавчого органу робота при висуненні і повороті, зусилля руху з початкового положення.
11. Схематично зарисувати компоувальну схему ПР.
12. Визначити кількість степеней рухомості промислового робота і встановити в якій системі координат він працює.
13. 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.
14. Зобразити кінематичну схему промислового робота. На кінематичній схемі зобразити місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів ПР та місця кріплення демпфуючих пристроїв.
15. 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).

16. 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.
17. Обчислити продуктивність РТК холодного листового штампування деталей.

7. Звіт по роботі

Звіт повинен містити:

6. Основні відомості про ПР «Циклон-5»;
7. Висновки по пунктах 1...5, 7 ходу роботи;
8. Компонувальну схему ПР на якій повинна бути зображена його робоча зона та вказані її розміри;
9. Кінематичну схему промислового робота, на якій повинні бути зображені місця кріплення давачів кінцевого положення рухомих елементів ПР та місця кріплення демпфуючих пристроїв;
10. Компонувальну схему РТК холодного листового штампування деталей на базі роботів «Циклон-5».
11. 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 № 5.

Вивчення пристрою циклового програмного керування УЦМ-30 промислового робота «Циклон-5»

1. Призначення.

Пристрій циклового програмного керування УЦМ-30 призначений для керування маніпуляторами типу “Циклон” або “Ритм” і технологічним обладнанням при автоматизації операції, зв’язаних переважно з процесами холодної листової штамповки.

Пристрій розрахований для роботи в цехових закритих приміщеннях промислових підприємств.

2. Технічна характеристика.

- Тип системи керування – цикловий.
- Кількість керуючих по програмі координат – 7.
- Спосіб завдання програми – набір програми на пульті керування з занесенням в блок пам’яті пристрою.
- Об’єм пам’яті пристрою – 100 кадрів.
- Тип приводу – пневматичний з електромагнітним керуванням.
- Тип давача положення – безконтактний типу БК.
- Обмін інформацією з маніпулятором, технологічним обладнанням:
- видача 24 керуючих команд на вмикання електромагнітів приводу маніпулятора;
- приймання десяти сигналів виконання команд маніпулятором;
- видача семи технологічних команд керування;
- приймання відповіді про виконання технологічних команд по одній шині.
- Вихід технологічних команд на зовнішнє обладнання і приймання відповідного сигналу від нього – релейні.

Пристрій забезпечує:

- формування трьох часових інтервалів для прискореного проходження маніпулятором точок без позиціювання величиною від 0,2 до 1,8 с (дискретність 0,2 с);
- часову затримку вмикання гальмівних вузлів маніпулятора по координаті повороту величиною від 0,04 до 0,38 с (дискретність 0,04 с);
- формування часового інтервалу для виконання маніпулятором руху, не контрольованих давачів положення (затиск – розтиск захватів і поворот захвату), величиною від 0,2 до 1,8 с (дискретність 0,2 с);
- затримку переходу до обробки наступного номера кадра програми на час від 2 до 18 с (дискретність 2 с);
- цифрову індикацію номера кадру – два десяткових розряди;
- світлову сигналізацію вмикання мережі, роботи і збою пристрою, видачі технологічних команд.

- Елементна база – інтегральні мікросхеми в поєднанні з дискретними елементами.
- Габаритні розміри не більше 475×520×1375 мм.
- Маса не більше 100 кг.
- По стійкості до кліматичних впливів пристрій відповідає групі 2 за ГОСТ 21552-76.
- Живлення пристрою здійснюється від двох фаз трифазної мережі змінного струму напругою 380 В з допустимим відхиленням $+3,8 - 57$ В від номіналу частотою (50 ± 1) Гц.
- Потужність, що споживається, не більше 0,7 кВ · А.
- Термін служби пристрою 10 років.

3. Б у д о в а і п р и н ц и п д і ї.

Пристрій складається із стойки керування, включаючи в себе електронне обладнання пристрою, пульт керування, джерела живлення і комутаційну апаратуру, а також пульт ручного керування.

Пристрій побудовано на принципі синхронного програмного автомата керування з кінцевим числом станів і жорстким циклом керування.

Основний функціональний склад пристрою і характерні зв'язки між вузлами представлені на структурній схемі (рис. 1).

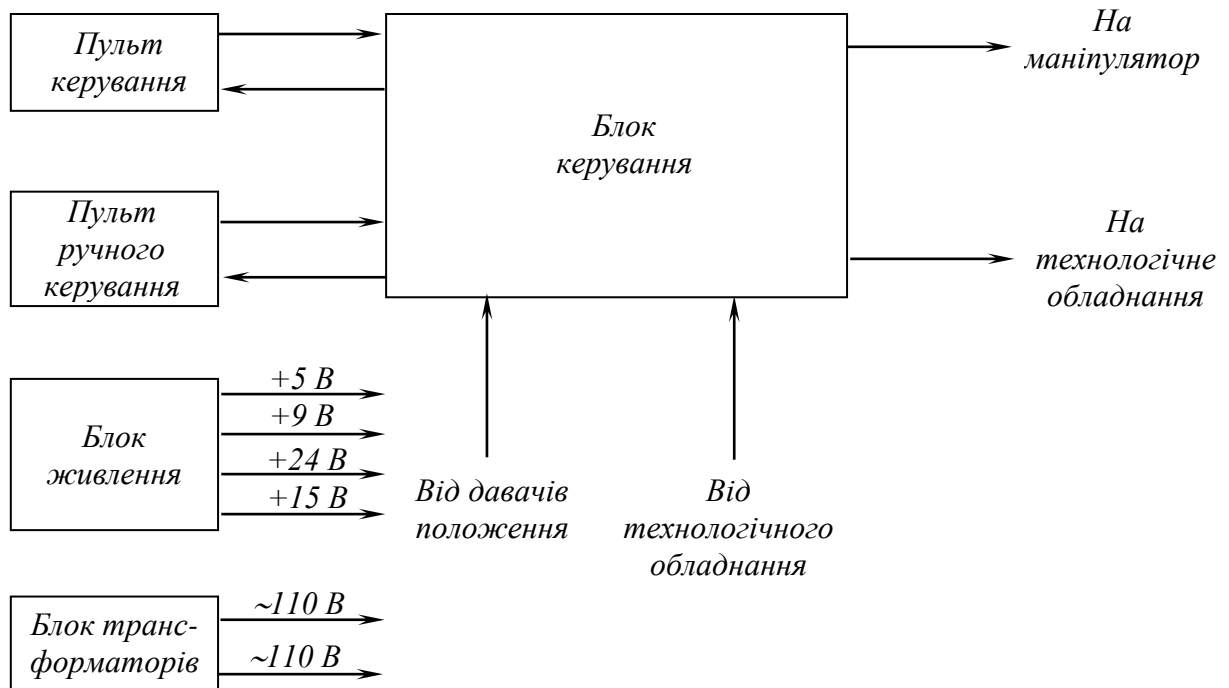


Рис. 1.

Пристрій складається із наступних вузлів і блоків, які забезпечують:

- блок керування – обробку інформації по заданій програмі і видачу керуючих команд на маніпулятор і технологічне обладнання;
- пульт керування – задання режимів роботи пристрою, виконання операцій включення – виключення живлення, запуск в роботу, набір

програми і т. д.;

- пульт ручного керування – ручне керування рухомими органами маніпулятора і контроль положення його давачів;
- блок живлення – живлення електронного обладнання і давачів положення маніпулятора.

В режимі “Наладочный” команди на маніпулятор задаються з ручного керування і поступають на підсилювачі команд блоку керування, далі на маніпулятор для керування його рухомими органами.

КОНТРОЛЬ ПОЛОЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАНІПУЛЯТОРА ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ ЗА ДОПОМОГОЮ СИГНАЛЬНОЇ ЛАМПИ І ГАЛЕТНОГО ПЕРЕМИКАЧА НОМЕРА КОНТРОЛЬОВАНОГО ДАВАЧЕМ ПОЛОЖЕННЯ, РОЗМІЩЕНИХ НА ПУЛЬТІ РУЧНОГО КЕРУВАННЯ.

При положенні перемикача “0” одночасно контролюється кінцеве положення всіх робочих органів маніпулятора.

В режимі “Программирование” проводиться набір програми за допомогою клавіатури пульта керування. При цьому забезпечується індикація набраних в кадрі команд, запис кадра програми в реєстр кадра з подальшим переносом в накопичувач.

В режимі “Шаговый” пристрій забезпечує обробку одного кадру програми.

Блок керування забезпечує таку послідовність виконання команд:

- позиціювання;
- на затиск або розтиск захватів;
- технологічні.

Кінець обробки команд позиціювання фіксується по отриманні сигналів від давачів положення, які поступають в блок керування, а також після обробки заданих витримок часу, сформованих в блоці керування.

Кінець обробки команд на затиск або розтиск захватів визначається кінцем витримки часу, яка формується в блоці керування. Величина витримки часу задається перемикачем.

Кінець виконання технологічних команд формується по отриманні відповіді від технологічного обладнання про виконання команди.

Після обробки всіх команд, заданих в даному кадрі програми, проходить зупинка пристрою.

В режимі “Автоматический” пристрій забезпечує одноразову або багаторазову обробку всіх кадрів програми. При цьому пристрій працює аналогічно роботі в режимі “Шаговый” з тією різницею, що не проходить зупинка в його роботі після виконання кожного кадру програми.

Блок керування при обробці кадрів програми, записаної в блоці пам’яті пристрою, формує керуючі дії, які поступають на маніпулятор і технологічне обладнання.

Відповідні реакції у вигляді сигналів від давачів положення маніпулятора і єдиного сигналу від технологічного обладнання, які поступають в блок керування, являються умовами переходу роботи пристрою до виконання наступного кадру програми.

Послідовність обробки кадрів програми відображається за допомогою ламп цифрової індикації пульта керування.

Конструктивно пристрій виконаний у вигляді окремої стойки з виносним пультом ручного керування.

Блок керування розміщений в уніфікованому зварному контейнері, в який по направляючим встановлюються логічні друкарські плати керування.

Пульт керування вбудований в пристрій і являється невід'ємною частиною.

Пульт ручного керування винесений з пристрою; зв'язок його з пристроєм – кабельний.

Пульты мають мнемонічне зображення органів керування, розміщених на них.

Блок живлення вбудований в пристрій.

Зв'язок пристрою з маніпулятором і технологічним обладнанням – кабельний: довжина кабеля зв'язку з маніпулятором – 5 м, з технологічним обладнанням – 7 м, з пультом ручного керування – 3 м.

Плати, що входять в пристрій, мають двохсторонній друкарський монтаж. Основний монтаж виконаний методом накрутки.

4. Будова і робота основних складових частин.

4.1. Пульт керування.

Пульт керування призначений для оперативного керування пристроєм, відображення стану його роботи, набору програми і для ручного керування маніпулятором (разом з пультом навчання).

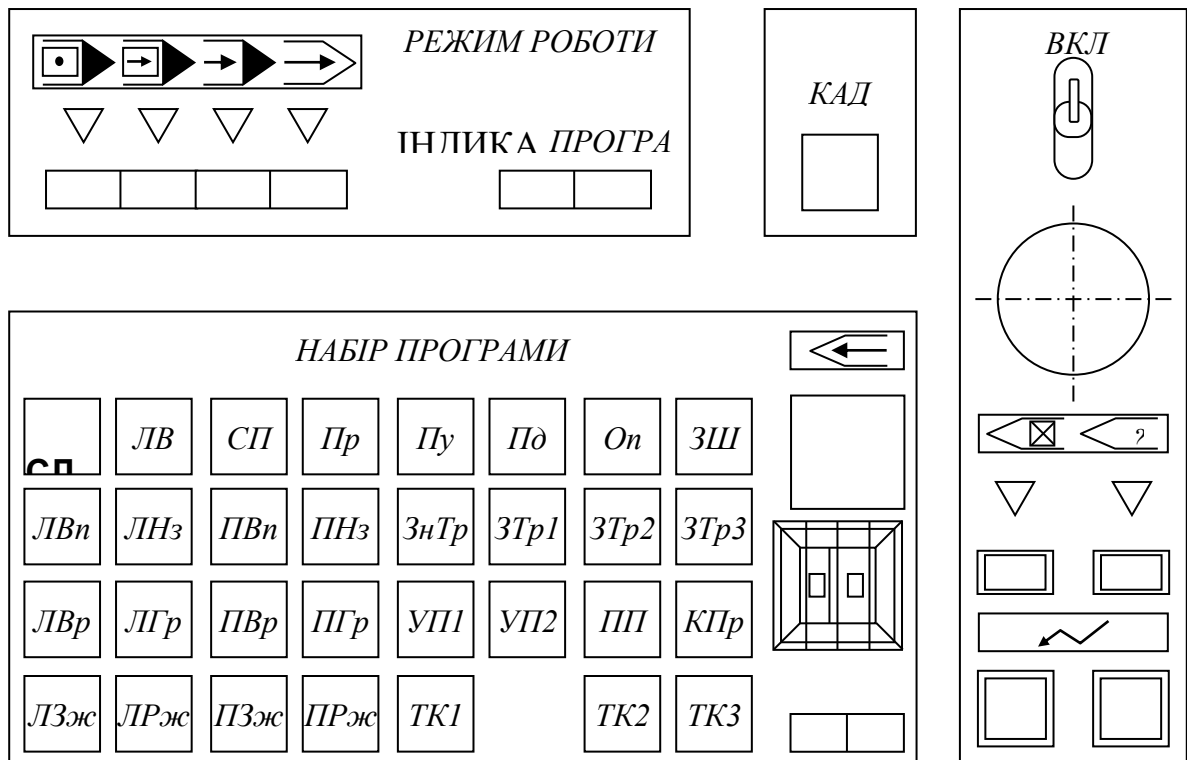


Рис. 2.

На пульті керування розміщені наступні органи керування (рис. 2):

- тумблер мережі “Вкл.–Викл.”;
- перемикач задання режимів роботи пристрою;
- перемикач вибору потрібного кадру програми;
- кнопка запуску пристрою в роботу;
- кнопка вмикання – вимикання живлення пристрою;
- елементи набору програми, що складається з кнопок і ламп індикації;
- кнопка програми, що задає режим програмування;
- кнопка індикації, що служить для вмикання ламп індикації набірною поля і блокування вимикання пристрою при відкриванні дверей;
- кнопка запису, за допомогою якої набраний кадр програми записується в накопичувач;
- кнопка скиду, призначена для скидування регістру команд;
- кнопка аварійної зупинки.

Лампи сигналізації пульта керування призначені для індикації стану нормальної роботи пристрою, виконання технологічних команд, наявності збою в роботі.

Двохрозрядна комірка цифрової індикації відображає номер кадру програми, що підлягає обробці.

Пульт керування оснащений уявними символами позначення органів керування і ламп сигналізації.

4.2. Пульт ручного керування.

ПРК призначений для ручного керування рухомими органами маніпулятора в процесі навчання або виконання профілактичних робіт, а також контролю стану давачів положення.

На пульті розміщені наступні органи керування:

- перемикач номеру контрольованого давача положення;
- сигнальна лампа індикації положення давачів;
- кнопки переміщення лівої і правої руки вперед – назад;
- кнопки повороту захватів лівої і правої руки у вертикальне і горизонтальне положення;
- кнопки затиску – розтиску лівої і правої руки;
- кнопки лівого і правого повороту маніпулятора;
- кнопки підйому – опускання маніпулятора;
- кнопки зсуву вправо – вліво маніпулятора;
- кнопки лівого і правого упорів повороту.

Вплив органів ПРК на маніпулятор проводиться тільки при встановленні перемикача режимів роботи пульта керування в “Налагоджувальний”.

ПРК оснащений уявним зображенням позначення органів керування.

4.3. Система енергоживлення пристрою.

Призначена для перетворення змінної напруги мережі 380 В, частотою 50 Гц в напругу, необхідну для живлення електронного обладнання пристрою, давачів положення і керування електромагнітами маніпулятора і технологічного обладнання.

В склад системи енергоживлення входять:

- блок живлення БЖ;
- блок трансформаторів БТ.

5. Засоби безпеки.

При експлуатації пристрою УЦМ-30 необхідно дотримуватись правил технічної експлуатації електропристроїв.

Перед вмиканням пристрою в мережу напругою 380 В, частотою 50 Гц корпус пристрою необхідно заземлити. Болт заземлення на корпусі пристрою повинен бути з'єднаний з контуром заземлення мідною шиною або проводом січенням не менше 10 мм². При цьому опір заземлення не повинен перевищувати 0,1 Ом.

При під'єднанні до дослідного стенду або базового маніпулятора пристрій необхідно вимкнути з мережі.

Відкривати пристрій і заземляти блоки, а також міняти запобіжники і сигнальні лампи необхідно при вимкненій напрузі мережі.

Робота пристрою допускається тільки при закритих дверях стойки.

6. Підготовка до роботи.

При підготовці до роботи:

- під'єднайте пристрій кабелями з маніпулятором, технологічним обладнанням і пультом ручного керування (рис.16, 26, альбом схем) і таблицю зовнішніх роз'ємів (додаток 1);
- заземлити корпус пристрою і виміряти опір заземлення (воно повинно бути не більше 0,1 Ом);
- познайомтесь з пультами керування, з призначенням органів керування і ламп індикації пультів;
- підключіть пристрій до мережі змінного струму напругою 380 В, частотою 50 Hz, ввімкніть тумблер мережі;
- натисніть кнопку ввімкнення живлення на пульті керування, перемикач режимів роботи встановіть в режим наладки;
- встановіть:
- перемикач контролю давачів на ПРУ в положення контролю першого давача; перший давач в початкове положення переміщенням механічних упорів маніпулятора. При цьому повинна загорітися сигнальна лампа на пульті керування, яка сигналізує про знаходження першого давача в початковому положенні. Аналогічні операції зробіть для наступних давачів.

7. Порядок роботи.

1. Встановіть на пульті керування перемикачі номери кадра в нульове положення. Відповідними кнопками ПРУ встановіть маніпулятор в початкове положення (по технологічній карті переходів).
2. Встановіть на пульті навчання перемикач контролю давачів в нульове положення. При цьому повинна загорітися сигнальна лампа.
3. Встановіть перемикачі режимів роботи на пульті керування в режим “Шаговий”.
4. Натисніть кнопку “Программа”.
5. Наберіть у відповідності з технологічною картою переходів команди нульового кадра і натисніть кнопку “Запись” за допомогою клавіатури пульта керування.
6. Аналогічно записуються інші кадри програми.
7. Встановіть на пульті керування перемикач режимів роботи в налагоджувальний режим і відіжміть кнопку “Программа”.
8. Встановіть на пульті керування перемикач режимів роботи в режим “Шаговий”.
9. Натисніть на пульті керування кнопку пуску і перевірте відповідність рухів маніпулятора програмі, набраній в першому кадрі.
10. Повторно натискуючи кнопку пуску, перевірте роботу пристрою послідовно для всіх інших кадрів програми.
11. Встановіть на пульті керування перемикач режимів роботи в однократний автоматичний режим.
12. Натисніть кнопку пуску пристрою і перевірте відпрацювання маніпулятором набраної програми.
13. Встановіть на пульті керування перемикач режимів роботи в автоматичний режим.
14. Натисніть кнопку пуску пристрою і перевірте багатократне відпрацювання маніпулятором набраної програми.
15. Для зупинки роботи пристрою переведіть перемикач режимів роботи в однократний автоматичний режим. Після виконання програми проходить зупинка пристрою.
16. При обробці ТК і при збоях пристроїв, на пульті керування горять відповідні сигнальні лампи.
17. Натисніть на пульті керування кнопку вимкнення для виключення пристрою. При цьому сигнальна лампа включення мережі повинна погаснути. Після цього вимкніть тумблер мережі.

СЛ – зсув лівий;	ЛВр – ліва вертикаль;
ЛВ – лівий;	ЛГр – ліва горизонталь;
СП – зсув правий;	ПВр – права вертикаль;
Пр – правий;	ПГр – права горизонталь;
ПУ – проміжний упор;	УП – прискорений прохід;
Пд – підйом;	ПП – признак переходу;
Оп – опускання;	КПр – кінець програми;
ЗП – затримка кроку;	ЛЗж – лівий затиск;
ЛВп – ліва вперед;	ЛРж – лівий розтиск;
ЛНз – ліва назад;	ПЗж – правий затиск;
ПВп – права вперед;	ПРж – правий розтиск;
ПНз – права назад;	ТК – технологічна команда;
ЗнТР – зона гальмування;	Зтр – затримка гальмування;

9. 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.