

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Донбаська державна машинобудівна академія

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни  
"Гнучке автоматизоване виробництво"  
(для студентів спеціальності 151)

Краматорськ 2020

УДК 658: 621.86

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни "Гнучке автоматизоване виробництво" (для студентів спеціальності 151) / Упоряд.: В.Г.Макшанцев - Краматорськ: ДДМА, 2020. -54с.

Викладено загальні положення та порядок проведення практичних робіт з вивчення конструкцій і приводів промислових роботів, особливостей їх експлуатації і систем управління промисловими роботами.

Укладач В.Г.Макшанцев, доц.

Відповідальний за випуск В.Г.Макшанцев, доц.

## ЗМІСТ

Стор

Загальні положення .....	4
Практична робота №1. Вивчення будови промислового робота МП-9С .....	6
Практична робота №2.Перевірка характеристик робота БРИГ-10Б-МК на відповідність технічним даними .....	13
Практична робота №3. Розробка проекту автоматизації на електропневматическом стенді FESTO .....	24
Розрахунково-графічна робота № 4 Розробка проекту гнучкого автоматизованого виробництва .....	37
Список рекомендованої літератури .....	49
Додаток А. Вертикально-свердлильний верстат з ЧПУ мод. 2P135Ф2 .....	50
Додаток Б. Вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ мод.6520Ф3-36 .....	51
Додаток В. токарний верстат з ЧПУ мод. 16K20Ф3С32 .....	52
Додаток Г. Допоміжне обладнання .....	53
Додаток до РТК1	
Додаток до РТК2	
Додаток до РТК3	
Додаток до РТК4	

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Практичні заняття з курсу "Гнучке автоматизоване виробництво" спрямовані на закріплення теоретичних знань студентів та набуття практичних навичок в проектуванні і організації роботи роботизованих технологічних комплексів і гнучких виробничих систем.

В ході виконання практичних робіт студенти знайомляться з характерними компонуваннями, рівнем автоматизації, способами і засобами, що забезпечують роботу технологічної, транспортно-накопичувальної і керуючої систем виробничих комплексів. Вивчають реально діючі об'єкти, спираючись на виробничу базу машинобудівних заводів.

### Загальна характеристика пневматичних приводів

Пневмоприводи широко використовуються для механізації і автоматизації технологічних процесів в різних галузях виробництва. Основна область їх застосування машинобудування, в тому числі верстатобудування, зварювальне виробництво і робототехніка.

За конструкцією, принципом дії, апаратурі управління і регулювання пневмоприводи аналогічні гідравлічним приводам, які часто використовуються для виконання однакових операцій, конкуруючи між собою і доповнюючи один одного. Їх принциповою відмінністю є робоче середовище, що передає механічну енергію. У пневмоприводах використовується стиснене повітря малої в'язкості і великим діапазоном зміни обсягу при зміні тиску. У гідроприводах використовується практично нестисливої рідина великої в'язкості. Різні властивості робочих середовищ істотно впливають на динамічні характеристики цих приводів.

Широкому застосуванню пневмоприводов в різних областях техніки сприяє ряд їх позитивних якостей:

- 1) можливість живлення від централізованого заводського воздухопровода;
- 2) внаслідок малої в'язкості стисненого повітря забезпечується висока швидкість спрацьовування пневматичних приводів;
- 3) безпеку роботи в пожежо - і вибухонебезпечних умовах без застосування будь-яких додаткових засобів захисту;
- 4) можливість роботи при високих температурах, вібрації, радіації та ін.;
- 5) простота конструкції і висока надійність роботи.

До числа недоліків пневмоприводов в порівнянні з гідроприводами відносяться:

- 1) внаслідок стискання повітря спостерігається нерівномірність швидкості руху пневмопривода і виключена можливість зупинки пневмоциліндра в проміжному положенні;

2) більш низький ККД, так як відпрацьоване стиснене повітря під тиском марно скидається в атмосферу;

3) висока вартість стисненого повітря;

4) необхідність застосування системи мастила і захисту елементів пневмопривода від корозії;

5) значно більші діаметри пневмоциліндрів, так як робочий тиск стисненого повітря не перевищує 0,4 ... 0,6 МПа.

Незважаючи на майже релейний характер спрацьовування пневмоциліндрів, раціональним вибором їх конструктивних розмірів і застосуванням відповідних регулюючих пристроїв можна активно впливати на динаміку пневмопривода. Наприклад, за допомогою дросельних пристроїв можна не тільки регулювати швидкість поршня, але і в деякій мірі стабілізувати її під час руху. Застосування гальмівних пристроїв дозволяє при великих швидкостях руху поршня на основному ділянці робочого ходу уникнути різких ударів об жорсткий упор в кінці ходу, при зупинці поршня.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 ПРОМИСЛОВИЙ РОБОТ МП-9С

**Мета роботи:** вивчення будови і принципу роботи промислового робота, визначення його характеристик

### 1.1 Короткий технічний опис робота МП-9С

Пневматичний робот МП-9С призначений для автоматизації технологічних процесів в промисловості. При цьому виконавчий пристрій робота здійснює захоплення, перенесення і установку деталі за заданими координатами робочої зони (рис.1.1 і 1.2).

#### Технічна характеристика робота МП-9С

Вантажопідйомність -0,2 кг.

Висування виконавчого пристрою -180 мм.

Підйом ВП -30 мм.

Поворот ВП - 120 °.

Точність позиціонування -  $\pm 0,05$  мм.

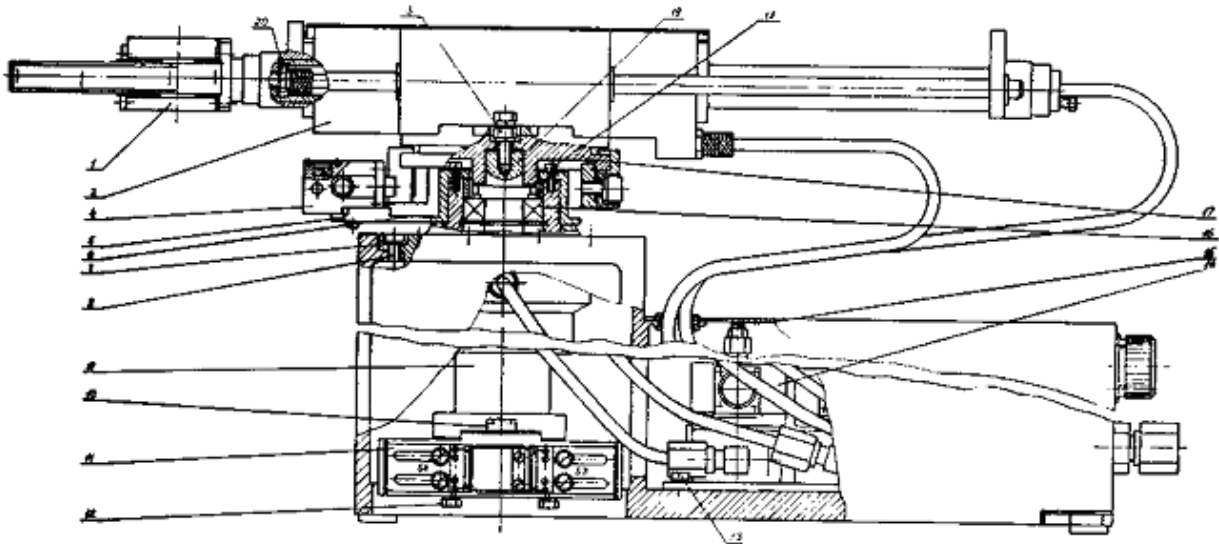
Тип приводу - пневматичний.

Робочий тиск повітря - 0,4-0,5 МПа.

Тип системи управління - циклова.

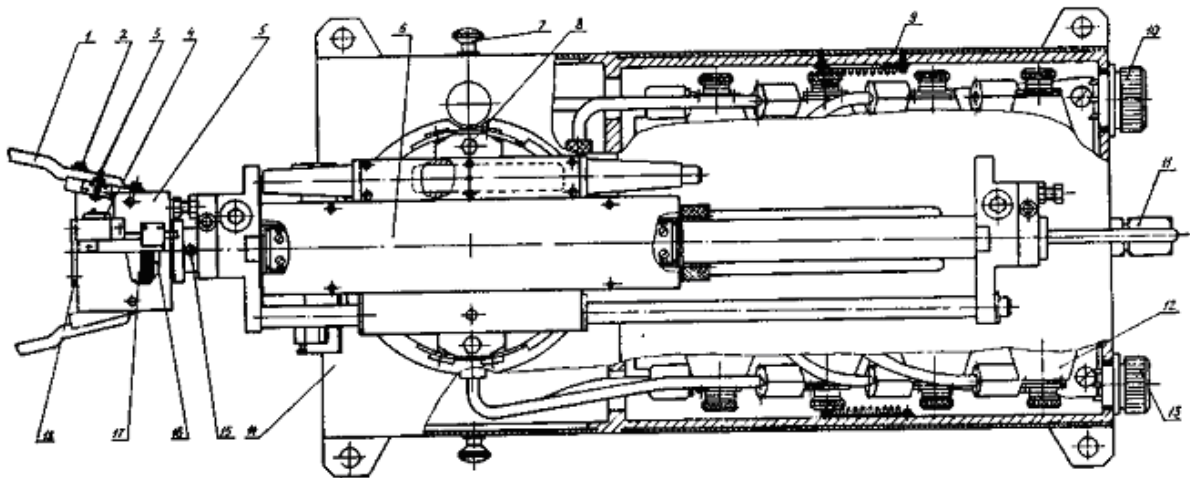
Число точок позиціонування по кожній ступеня рухливості - 2.

маса -40 кг.



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

Рисунок 1.1-Промисловий робот МП-9С. головний вид



1 - важіль; 2 - гвинт; 3 - гвинт; 4 - мікропереключатель; 5 - кліщі захоплення; 6 - рука; 7 - кришка; 8 - болт; 9 - кожух; 10 - штепсельний роз'єм; 11 - штуцер; 12 - вузол розподілу; 13 - штепсельний роз'єм; 14 - корпус; 15 - гвинт; 16 - пружина; 17 - поршень; 18 - кришка

Рисунок 1.2 - Промисловий робот МП-9С. Вид зверху

Пневматична схема приводу робота приведена на рис. 1.3. Функціонально пневматичний привід даного робота можна розділити на наступні вузли:

- вузол підготовки стисненого повітря;
- вузол розподілу стисненого повітря;

- вузол виконавчих двигунів;
- система передачі стисненого повітря між пристроями приводу.

Стиснене повітря через вхідний штуцер 1, запірний вентиль 2, віддільник вологи 3, регулятор тиску 4, розпилювач масла 6 по магістралях надходить до відповідних розподільних пристроїв.

За допомогою регулятора тиску 4 проводиться настройка тиску стисненого повітря, що надходить до елементів приводу.

Розпилювач масла 6 забезпечує розпорошення в потоці стисненого повітря масла, необхідного для змащування елементів виконавчих двигунів і розподільників.

Контроль тиску стисненого повітря, що надходить до пристроїв робота, виконується візуально за манометром 5. Манометр встановлений за регулятором тиску.

Блок підготовки повітря виконується автономно і входить в комплект маніпулятора.

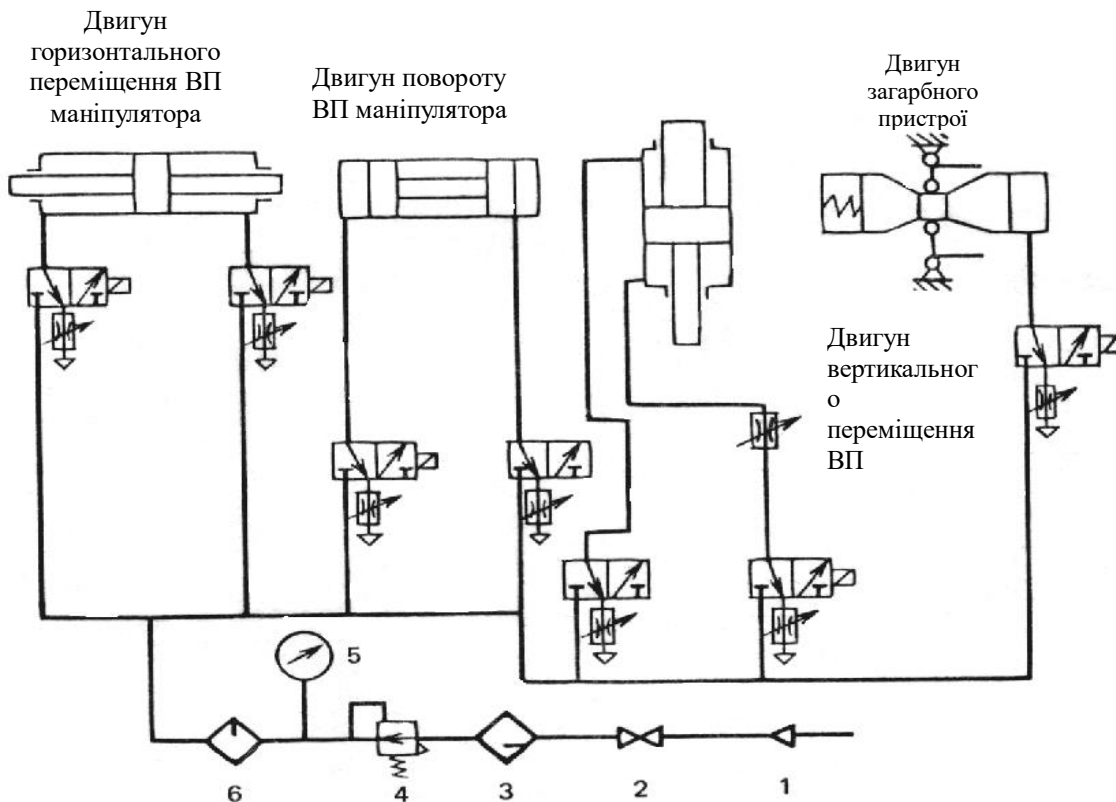


Рисунок 1.3- Пневматична схема приводу робота

Блок розподілу стисненого повітря включає в себе пристрій, за допомогою яких за заданою програмою 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 кожен рух виконавчого пристрою (ВП) в роботі

встановлено автономний електроклапан. Для підвищення надійності робота додатково встановлено запасний електроклапан.

В якості виконавчих двигунів в схемі робота використовуються циліндри з прямолінійним рухом поршня одно- або двостороннього дії. На кожному ступіні рухливості передбачається виконавчий двигун, конструкція якого забезпечує задані лінійні переміщення, швидкістю і зусилля. Захватний 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 виконується через інший відкритий електроклапан.

Регулювання швидкості вихідної ланки двигуна в пневматичних приводах здійснюється шляхом зміни витрати стисненого повітря на вході або виході двигуна. Конструктивно це виконується у вигляді пневматичного дроселя, де прохідний перетин регулюється в залежності від необхідної швидкості. В даній схемі кожен електроклапан забезпечений дроселем на виході, регульованим поворотом регулювального гвинта.

Послідовність і число рухів ВП робота визначається набором програми на пульті ЕЦПУ-6030. Сигнал про завершення заданого руху надходить з електромагнітних контактів (КЕМ). Спрацьовування контактів відбувається при наближенні до них постійних магнітів, встановлених на рухомих частинах пневматичного двигуна.

Гальмування двигуна ВП при підході до кінцевого положення здійснюється гідравлічними демпферами - при висуненні і повороті, при підйомі або опусканні - за рахунок дроселювання стисненого повітря на вході і виході з циліндра.

У корпусі маніпулятора розміщені механізм підйому і повороту ВП, блок розподілу повітря, виконані пневмо- і електророзводка. Для зручності обслуговування корпус має знімні кожух і дві бічні кришки.

Механізм підйому (рис. 1.4) складається з корпусу 4, штока 2, кришок 6, 7, 10. Робочі порожнини циліндра герметизуються манжетами 5, 9 і прокладками.

Особливістю механізму підйому є виконання конструкції у вигляді нерухомого штока і рухомого корпусу циліндра. Для поліпшення динаміки роботи при підйомі і опусканні поршень має різні робочі площі.

Усередині штока на підшипниках 8 встановлений вал 1 механізму повороту.



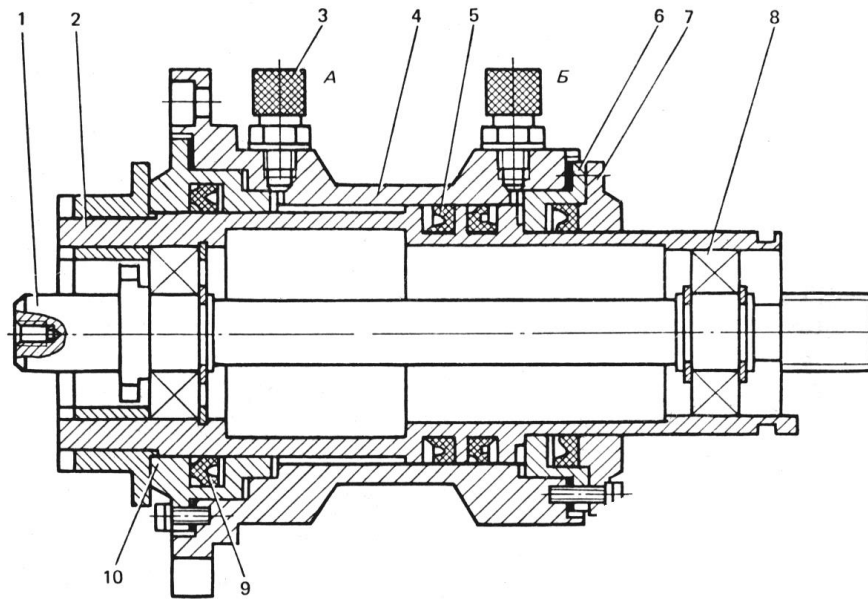


Рисунок 1.4- Конструкція механізму підйому

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

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

Механізм повороту (рис. 1.5) складається з корпусу циліндра 11, в якому переміщається шток 10. Середня частина штока виконана у вигляді рейки, зуби якої входять у зачеплення з валом повороту, встановленим в штоку механізму підйому. Шток 10 ущільнюється манжетами 9, фланцями 1 з прокладками 2. На штоку 10 закріплена гвинтом 7 планка 8 з магнітом 6, на корпусі 11 встановлені планки 3 і плати 4 з КЕМами 5.

При подачі повітря в пневмоциліндр через отвори А і Б поступальний рух штока-рейки 10 перетворюється в обертальний рух вала.

У верхній частині валу встановлена муфта, призначена для з'єднання виконавчого пристрою робота з валом механізму повороту.

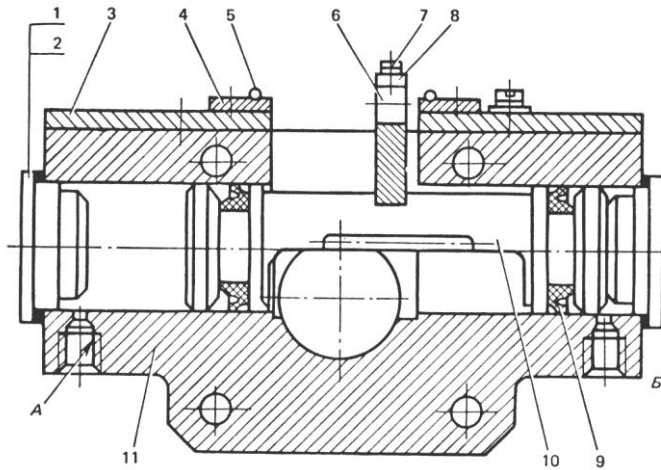


Рисунок 1.5- Конструкція механізму повороту

Муфта 1 має упори 2 (рис. 1.6), які забезпечують заданий кут повороту.

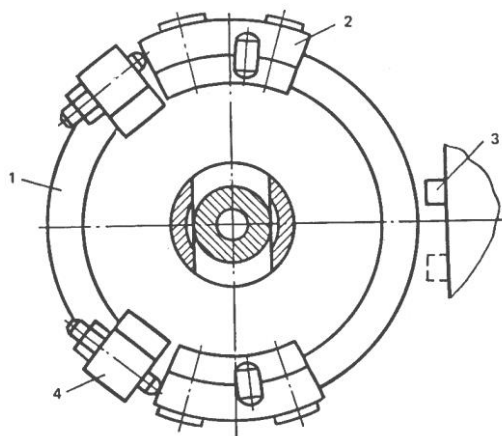


Рисунок 1.6 - Розташування упорів механізму повороту

Регулювання кута повороту виконується за допомогою упорів 4. При здійсненні повороту упор 2 стосується виступу 3 гідравлічного демпфера і дотискує його до кінцевого положення.

Виконавчий пристрій (ВП) робота (рис. 1.7) забезпечує висунення загарбного пристрою в робочу зону. Конструкція ВП містить наступні основні деталі: корпус 13, шток з поршнями 10, направляючу 17, основні упори 8 і 15 регулювальні упори 7 і 14 з гвинтом 6, амортизатор 12. У корпусі 13 встановлена гільза 2 з ущільненням 3, яка служить корпусом циліндра виконавчого двигуна ВП. У гільзі переміщається шток з поршнем 10. Шток ущільнюється манжетною 5. Стисле повітря підводиться до прямого кінцевого з'єднання 11. Напрямна 17 служить обмежувачем обертання штока загарбного пристрої навколо осі. Матило направляючої проводиться через маслянку 16.

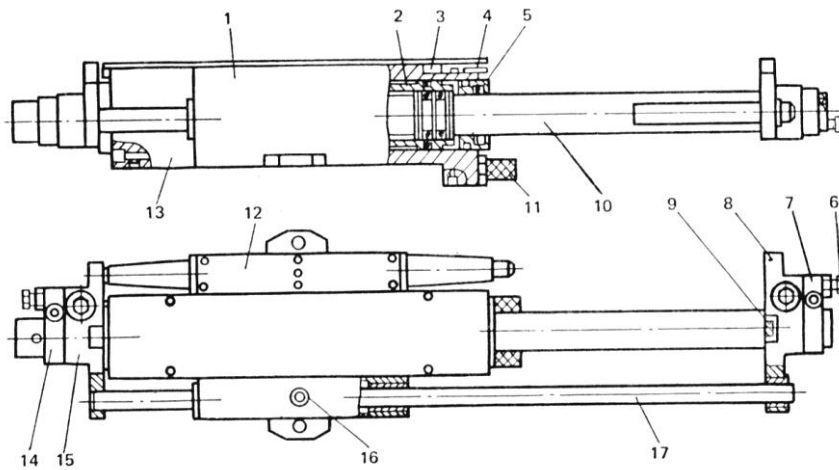


Рисунок 1.7- Конструкція виконавчого пристрою робота

Під кришкою 1 корпусу встановлені КЕМи 4, на упорах 8 і 15 - магніти 9. При подачі стисненого повітря в відповідну порожнину циліндра шток за допомогою ключового 17 і упорами 7, 8, 14, 15 переміщається. На кінцевій ділянці руху упор 8 або 15 стосується штока амортизатора 12 і переміщує його до кінцевого положення. Одночасно магніт 9 підходить до КЕМу 4, який спрацьовує і видає сигнал про закінчення руху.

Переміщення ВП регулюється відповідною установкою упорів 7, 8, 14, 15. За допомогою мікровінта 6 виконується точна настройка ходу штока. Гідравлічні демпфери кута повороту і висунення загарбного пристрої за принципом дії аналогічні: енергія руху механічних елементів перетворюється в енергію дроселювання потоку рідини через зазор зі змінним прохідним перетином.

Схема демпфера представлена на рисунку 1.8. Поршні 1 і 3 жорстко з'єднані з штоком 2. Шток виконавчого двигуна при підході до заданому положенню натискає упором на поршень 1 демпфера. Поршні 1 і 3 під дією рушійної сили переміщуються вправо, при цьому з порожнини А рідина витісняється і надходить в порожнину В через зазор а. Перше заповнення порожнин А і В рідиною проводиться з ємності С через канали m і n, які потім перекриваються поршнем демпфера при відповідному напрямку руху. При перетіканні рідини через зазор а, який являє собою місцеве звуження потоку, відбувається втрата енергії. Як видно зі схеми, потік рідини, що рухається з порожнини А в порожнину В, отримує енергію від поршня 1. Чим більше в'язкість рідини і менше площа зазору а, тим більше потрібно зусиль для переміщення поршня 1 і тим значніше демпфірування.

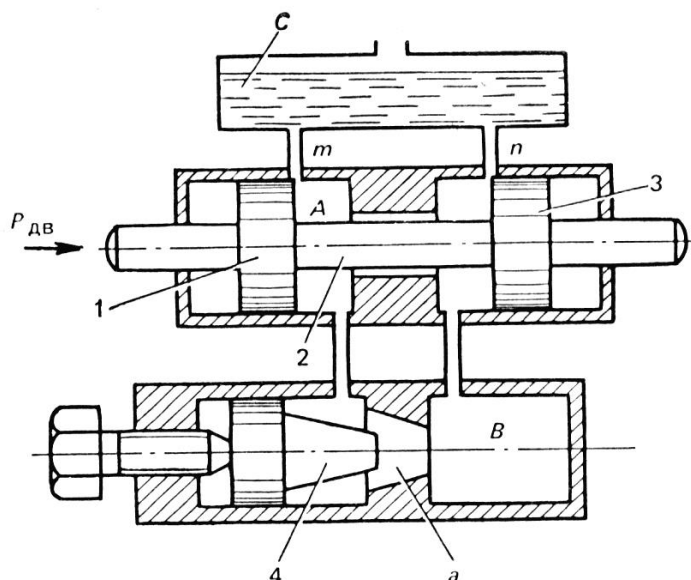


Рисунок 1.8- Принципова схема демпфуючого пристрої

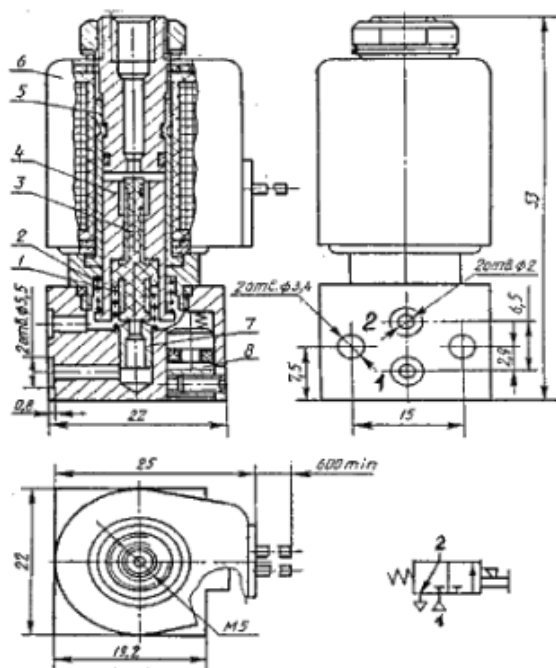
В якості робочої рідини в демпферах використовується мінеральне масло. Зазор  $a$  регулюється переміщенням дроселюючої голки 4.

Привід загарбного пристрою виконаний у вигляді циліндра з прямолінійним рухом поршня однієї дії. При подачі повітря в праву порожнину циліндра (див. рис. 1.3) поршень рухається вліво, при цьому скосами на зовнішній стороні поршня діє на важелі загарбного пристрої, стискаючи його. При знятті тиску повітря зворотній хід поршня виконується під дією поворотної пружини. При цьому важелі загарбного пристрої розпрямляються під дією пружини важелів. Розмах важелів можна регулювати спеціально передбаченими гвинтами.

### Будова і робота пневморозподільників П-РЕ-3/2,5

Промисловий робот МП-9С оснащений магазином пневморозподільників з електромагнітним керуванням П-РЕ-3/2,5. Пристрій і робота пневморозподільника приведена на рисунку 1.9

У котушці 6 розміщена гільза 5 з завальцован всередині упором. Усередині гільзи переміщається якір 4 з ущільнювальним вузлом 3 і пружинами 1, 2. Ущільнювальний вузол розташований співвісно з сідлом 7. При знеструмленому електромагніті якір притиснутий пружиною до сідла, перекриваючи канал, через який підводиться тиск стисненого повітря, а вихідний канал (до споживача) з'єднаний з атмосферою через пази на зовнішній поверхні якоря (на рисунку не показані). При подачі електричної напруги на електромагніт якір, переборюючи зусилля пружини, переміщається до упору, закриває вихід в атмосферу і відкриває канал, з'єднаний з отвором підведення стисненого повітря. Стиснене повітря надходить в канал споживача.



а

б

а пристрій пневморозподільника; б - зовнішній вигляд пневморозподільника  
Рисунок 1.9 Пневморозподільник ПІ-РЕ-3 / 2,5

В деяких виконаннях пневморозподільників ПІ-РЕ3 / 2,5 передбачено ручне дублювання електричного сигналу. Ручне дублювання призначене для управління пневморозподільника в налагоджувальному режимі (при відключеному електроживленні) і здійснюється підняттям якоря в верхнє положення. Включення кнопочового управління здійснюється натисканням до відмови кнопки 8 (див. рис.), Що знаходиться на корпусі пневморозподільника. Ступінь захисту оболонки електромагніту IP 54 по ГОСТ 14254.

Приклад позначення при замовленні пневморозподільника трилінійного з електромагнітним управлінням типу ПІ-РЕ3/2,5, без ручного управління, приєднання до електромережі - через сальник, для роботи на змінному струмі з частотою 50 Гц, з електричною напругою 220 В, кліматичного виконання УХЛ, категорії розміщення 4: - пневморозподільник ПІ-РЕ-3/2,5-1126 УХЛ4

Найбільш часто застосовуються в промисловості виконання пневморозподільників ПІ-РЕ3 / 2,5: - пневморозподільник (пневмоклапан) з ЕМУ ПІ-РЕ3 / 2,5-1112, ПІ-РЕ 3 / 2,5-1122, ПІ-РЕ 3 / 2,5-1125, ПІ-РЕ 3 / 2,5-1126, ПІ-РЕ 3 / 2,5-1212, ПІ-РЕ 3 / 2,5-1222, ПІ-РЕ 3 / 2,5-1225, ПІ-РЕ 3 / 2,5-1226, ПІ-РЕ 3 / 2,5-2212, ПІ-РЕ 3 / 2,5-2225, ПІ-РЕ 3 / 2,5-5112, ПІ-РЕ 3/2 , 5-5125, ПІ-РЕ 3 / 2,5-5126, ПІ-РЕ 3 / 2,5-5112, ПІ-РЕ 3 / 2,5-7312, ПІ-РЕ 3 / 2,5-7315 і ін .

**ПРАКТИЧНА РОБОТА №2**  
**ПЕРЕВІРКА ХАРАКТЕРИСТИК РОБОТА БРИГ-10Б-МК НА ВІДПОВІДНІСТЬ**  
**ТЕХНІЧНИМ ДАНИМ**

**Мета роботи:** вивчення будови і принципу роботи промислового робота, визначення його характеристик

### 2.1 Короткий опис робота БРИГ-10Б-МК

Робот промисловий "Бриг-10Б-МК" (далі по тексту -робот) призначений для автоматизації та механізації допоміжних технологічних операцій: навантаження, вивантаження, установки, зняття деталей і заготовок з обслуговується технологічного обладнання при механічній обробці, пресуванні і т.д. в цехових умовах при температурі навколишнього середовища від плюс 10° С до плюс 40° С і відносній вологості до 80% при температурі плюс 20° С. Основні характеристики робота наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика робота

найменування показника	норма
1 Число ступенів рухливості (не рахуючи привода захоплення), шт.	5
2 Число точок зупинок, шт. : 2.1 За повороту руки 2.2 По інших переміщенням	3 2
3 Вантажопідйомність руки, кг: 3.1 З усіма виконавчими механізмами 3.2 Без повзуна 3.3 Без механізму повороту кисті 3.4 Без механізму повороту, кисті і повзуна	3 5 7 10
4 Точність позиціонування, мм	± 0,3
5 Лінійне переміщення руки (макс.), мм: 5.1 По вертикалі 5.2 По горизонталі	100 510,600
6 Поперечний зсув кисті щодо осі руки (макс.), мм	70

7 Межі установки руки, мм: 7.1. По вертикалі при ході пневмоциліндра підйому на 100 мм	0-230
7.2 По вертикалі при нерухомому пневмоциліндрі підйому	0-330
8 Межі зміни висунення руки, мм	510-600
9 Висота осі руки від підлоги (мін-макс), мм	860-1190
10 Найбільший кут повороту руки навколо вертикальної осі, рад.	210±10
11 Можливий кут повороту кисті, °	45; 90; 135,180
12. Найбільша лінійна швидкість переміщення руки, м / с:	
12.1 По вертикалі	0,3
12.2 По горизонталі	0,6
13 Найбільша швидкість повороту руки, ... ° / с	90
14 Зусилля, на штоку пневмоциліндра, Н	1000
15 Тип приводу - пневматичний з електромагнітним керуванням	
16 Тиск повітря в пневмосистемі робота, МПа	0,4±0,05
17 Габаритні розміри маніпулятора (довжина, ширина, висота), мм	1470x700x1000
18 Маса маніпулятора, кг	330
19 Система управління - циклова, по упорів	
20 Тип пристрою управління - УЦМ-30	
21 Напруга електроживлення, В	380,50Гц
22 Потужність, кВт	0,7
23 Кількість команд на маніпулятор	14
24 Кількість команд на технологічне обладнання з контролем виконання	7
25 Кількість команд, що одночасно видаються на технологічне обладнання	1
26 Габаритні розміри УЦМ-30 (довжина, ширина, висота), мм	472x520x1372
27 Маса УЦМ-30, кг	100

Робот (рис. 2.1) складається з механічної руки 1, пов'язаної з основою 11 за допомогою механізмів підйому 3 і повороту 2. До руки кріпиться кисть, яка складається з наступних вузлів: повзуна 4, механізму повороту кисті 5 і приводу кліщів 6.

Повзун призначений для здійснення поперечних переміщень кисті, необхідних при завантаженні деталі в патрон верстата.

На підставі 11 розташоване електрообладнання 7, пневмооборудованіе 8, кожухи 9. 10.

На робочому місці робот кріпиться анкерними болтами. Всі виконавчі органи робота - пневматичні циліндри, що спрацьовують в заданій послідовності від пневморозподілювачів по командам, попередньо визначеними управління УЦМ-30 поз.12.

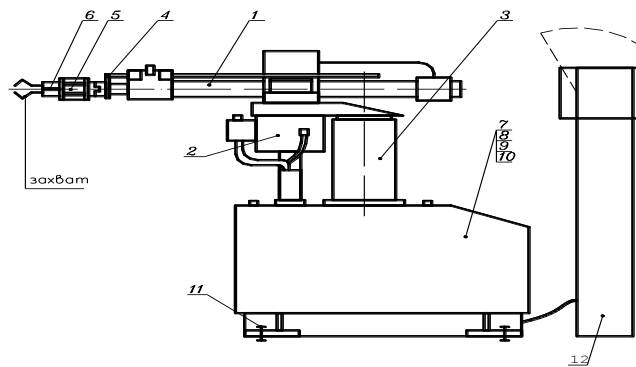


Рисунок 2.1 - Загальний вигляд робота

Величини переміщень виконавчих органів робота і основні розміри наведені на рис. 2.2.



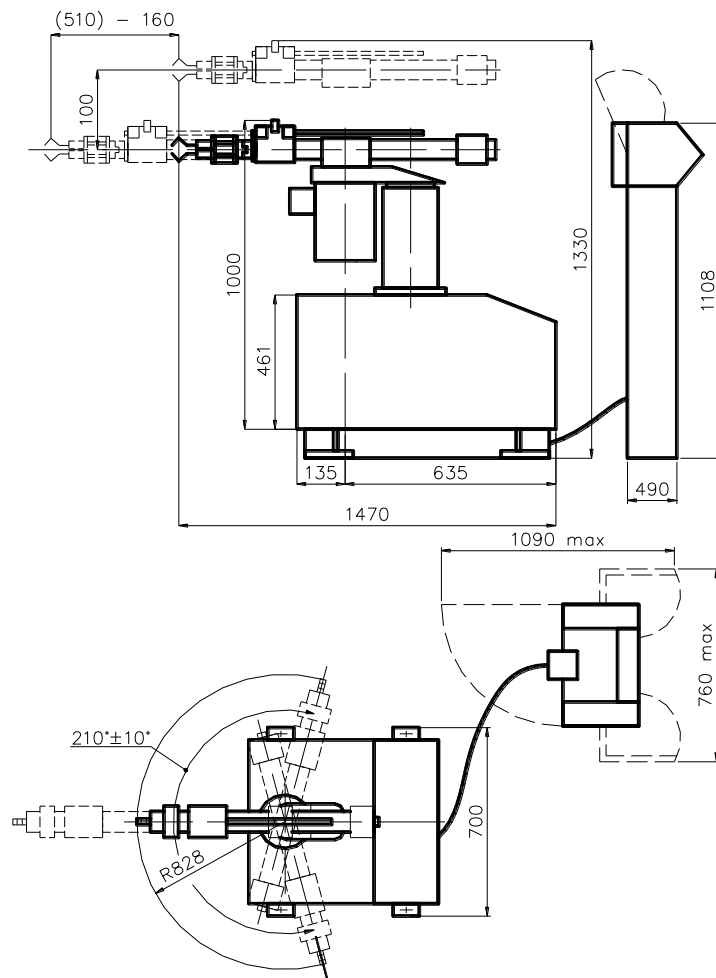


Рисунок 2.2 - Габаритні розміри робота

### 2.1.1 Рука робота

Рука виконана у вигляді довгоходові пневмоцилиндра (рис.2.3) і складається з гільзи 1, корпусу 2, демпфера гідравлічного 3, штока 4.

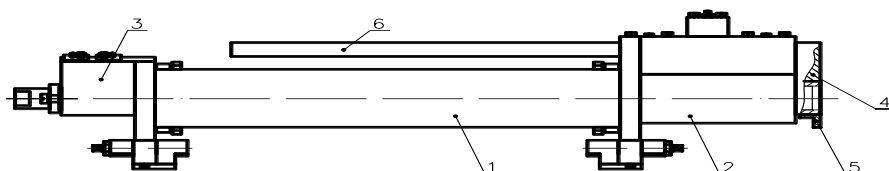


Рисунок 2.3 - Рука робота

Жорстко зі штоком з'єднаний фланець 5, який служить для кріплення кисті робота. Напрямна штанга 6 переміщається в підшипниках корпусу 2.

Демпфер представляє собою гідроциліндр, що включає шток і втулку. Шток видавлює масло з однієї порожнини в іншу через ряд каліброваних отворів по втулці, поступово перекриваючи їх.

### **2.1.2 Механізм повороту робота**

Механізм повороту робота (рис.2.4) виконаний у вигляді моментного циліндра, який складається з корпусу 1 верхньої 2 і нижньої 3 кришок, лопаті 4 і нерухомих секторів 5.

Лопать за допомогою шпонки 6 з'єднана з порожнистим валом 7, встановленим на підшипниках 8,9. На вал насаджено ложе 10 з хомутами 11 для кріплення руки робота. На кришці 2 є фланець для кріплення механізму повороту на колоні механізму підйому робота. На ложе 10 укріплені гідродемпфери 12 і кронштейн 13 з трьохплечім важелем 14. Вище хомута розташований бачок підживлення 15, укріплений на трубопроводах 16, що йдуть від демпферів 12. Бачок підживлення служить для поповнення втрат масла в демпферах, викликаних витокami через рухливі з'єднання. На корпусі 1 встановлені упор проміжний 17 і регульовані упори 18, що обмежують поворот руки в крайніх положеннях. Упор проміжний є пневмоциліндр односторонньої дії і служить для зупинки руки при повороті в середньому положенні.

Працює механізм наступним чином. При подачі повітря в одну з порожнин моментного циліндра ложе повертається до зіткнення важеля з одним з упорів. Важіль відхиляється і натискає на шток гідродемпфера, відбувається гальмування. Швидкість повороту в обох напрямках регулюється дроселем 19.

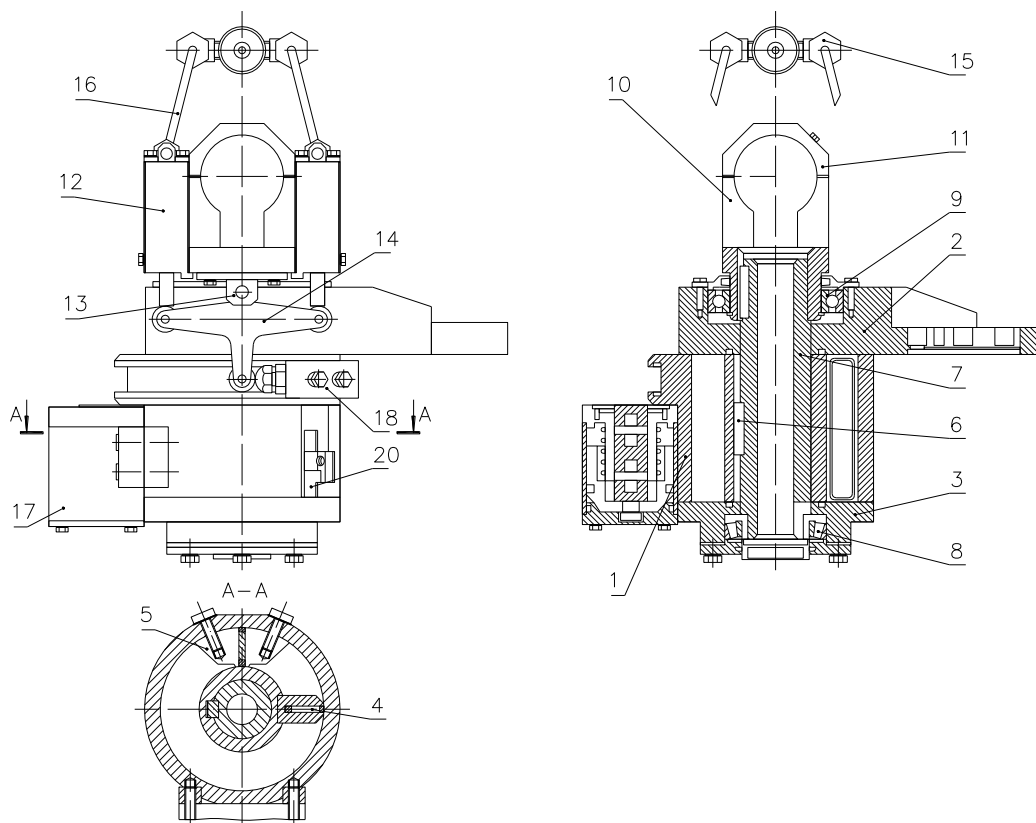


Рисунок 2.4 - Механізм повороту робота

### 2.1.3 Механізм підйому

Механізм підйому, який служить для вертикального переміщення руки, складається зі стійки, висувний колони, пневмоцилиндра з гідродемпфером і домкрата. Корпус пневмоцилиндра з'єднаний болтами з кронштейном (кришкою моментного циліндра) і колоною.

Циліндр гідродемфера з'єднаний каналами через зворотні клапани з масляною ванною. Між собою порожнини циліндра сполучаються перепускним каналом з дроселем, розташованим всередині штока.

Швидкість опускання колони регулюється дроселем, розташованим на блоці розподільників повітря, що має позначення "Підйом".

Працює механізм підйому наступним чином. При подачі повітря через дросель в верхню порожнину пневмоциліндра колона переміщається щодо нерухомих поршня і стійки до моменту зіткнення гайки з фланцем, укріпленим на поршні, після чого починається гальмування за рахунок витіснення рідини поршнем гідродемфера з нижньої порожнини циліндра. При випуску повітря з пневмоциліндра колона, під дією маси закріплених на ній вузлів робота, вільно опускається вниз до моменту зіткнення гвинта з поршнем, після чого починається гальмування за рахунок витіснення рідини поршнем гідродемфера з верхньої порожнини циліндра.

### 2.1.4 Повзун

Повзун (рис.2.5) являє собою пневмоциліндр двостороннього дії і складається з корпусу 1, рухомого фланця 2 і поршня 3. Фланець переміщається щодо корпусу в кулькових направляючих. Регулювання ходу в межах 0 ... 70 мм здійснюється за допомогою гвинта 4, який стопориться гайкою 5. Один оберт гвинта за годинниковою стрілкою відповідає зменшенню, а проти годинникової стрілки - збільшенню ходу на 0,6 мм.

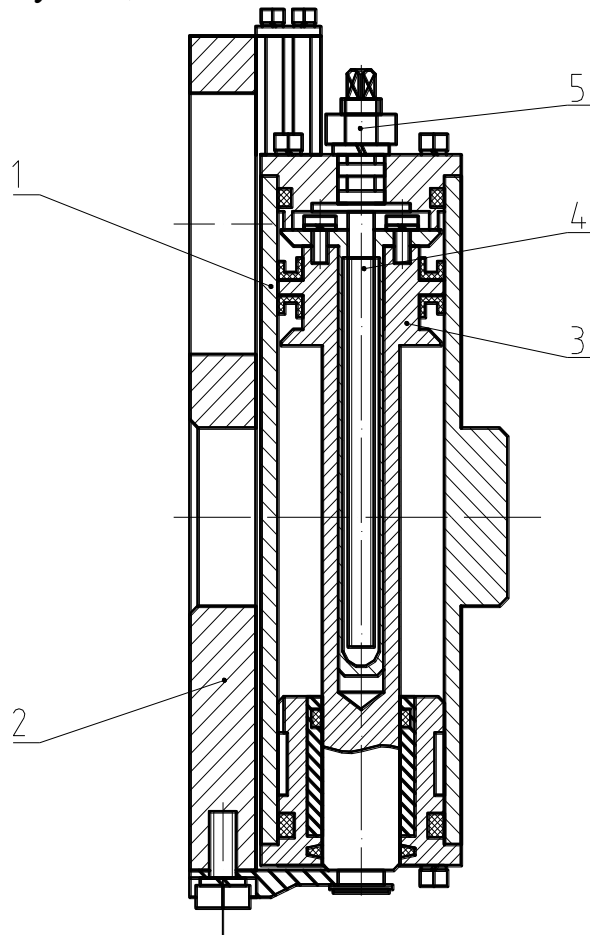


Рисунок 2.5- Повзун

### 2.1.5 Механізм повороту кисті

Механізм повороту кисті (рис. 2.6) складається з корпусу 1, кришок 2 і 3, нерухомого сектора 4, лопаті 5. Лопать провертається в підшипниках 6 і 7. На вал лопаті насаджений фланець 8, до якого кріпиться привід захоплення кисті. На фланці 8 встановлений упор 9, а на кришці 3 - упори 10, що обмежують поворот лопаті. Каналом 11 повітря підводиться до приводу захоплення кисті. У моментний циліндр повітря підводиться через дроселі 12, які служать для регулювання швидкості повороту вала. Вихлоп стисненого повітря здійснюється через канал, поперечний переріз якого змінюється за допомогою голки 13, яка регулює швидкість руху лопаті.

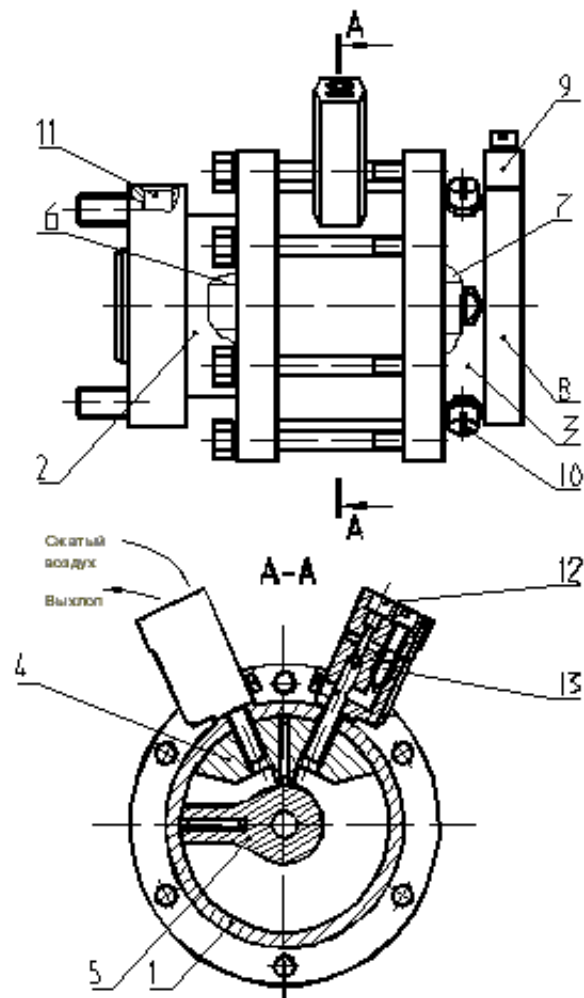


Рисунок 2.6- Механізм повороту кисти

### 2.1.6 Привід кліщів

Привід кліщів є рейковий механізм з косозубих зачепленням, що має привід від пневмоциліндра одnobічної дії, і складається з плити, рейок, штока, корпусу, поршня, пружини, планок.

При подачі стислого повітря в пневмоциліндр поршень рухає шток, який знаходиться в зачепленні з рейками, і розсовує їх, забезпечуючи тим самим паралельний рух захватних елементів (губок тощо) кліщів. При відсутності тиску стисненого повітря в пневмоциліндрі пружина повертає поршень, а значить, і рейки, у вихідне положення. Захватні елементи кріпляться до рейок за допомогою Г-образних болтів, які можна встановлювати в будь-якому місці по всій довжині рейки. Налаштування на будь-який розмір схоплює деталі здійснюється зміною місця кріплення захватних елементів на рейках, на яких для надійного закріплення захватних елементів виконана насічка.

Кліщі, тобто захватний пристрій (кліщі, цанга і т.п.), розробляється в залежності від конфігурації і розмірів оброблюваної деталі.

### 2.1.7 Електрообладнання

Електрообладнання робота "Бриг-10Б-МК" включає наступні основні функціональні вузли та деталі: пристрій управління; кабелі; реле тиску; кінцеві вимикачі; електромагніти пневморозподільників.

Електрообладнання забезпечує включення і виключення шести рухів маніпулятора в ручному та автоматичному режимах, семи одиниць зовнішнього обладнання в автоматичному режимі, зупинку зчитування програми при зниженому тиску повітря в пневмосистемі.

Для забезпечення живлення безконтактних кінцевих вимикачів КДЦ-6М від джерела постійного струму 24В в електросхемі маніпулятора є стабілізатор напруги 12В.

### 2.1.8 Пневмообладнання

Пневмообладнання включає вузол підготовки повітря і блок розподільників повітря (БРП). Вузол підготовки повітря складається з фільтра - вологовідділювача БД зворотного пневмоклапана, що виключає витік повітря з пневмосистеми робота, клапана редукційного КР, маслораспилитель МР і манометра МН. В цей вузол включені також реле тиску РД, яка подає сигнал на зупинку зчитування програми при падінні тиску повітря в пневмосети робота нижче мінімального значення, розподільник повітря Р1, що відключає повітря в разі припинення подачі електроенергії.

Блок розподільників повітря складається з панелі, на якій укріплені сім розподільників Р2-Р8, глушник Г і дроселі ДР1, ДР2, службовці для регулювання швидкості переміщення повзуна ПЛЗН і швидкості опускання колони механізму підйому МП.: Повітророзподільники з'єднані з виконавчими пневмоциліндрами робота поліетиленовими трубками з наступними умовними проходами: руки і механізму повороту  $du = 8$  мм, Механізму підйому -  $du = 6$  мм, Інші механізми -  $du = 4$  мм.

Для регулювання швидкостей переміщення руки, поворотів кисті і руки передбачені дроселі ДР1-ДР6, переміщення колони механізму підйому - ДР4. Дросель ДР3 служить для регулювання величини демпфірування руки.

Для підживлення повітрям виконавчих циліндрів служить ресивер РС.

### 2.2 Порядок виконання роботи

- 1 Вивчити конструкцію та принцип роботи приводів робота, використовуючи опис і реальну конструкцію.
- 2 Вивчити демпферні пристрої робота.
- 3 Вивчити датчики, які застосовуються на кожному приводі робота.

4 Визначити сервісну зону робота. Сервісна зона робота являє собою робочу зону, де повністю зберігаються паспортні значення технічних характеристик ПР.

5 Розрахунок максимальних швидкостей і прискорень ступенів рухливості робота.

Робот виконаний з трьох модулів поступальних переміщень і двох модулів обертальних рухів.

Розрахункові формули:

■ швидкість

$$V = \frac{S}{T} * \frac{1}{1 - 0,5(K_p + K_T)};$$

■ прискорення при розгоні (гальмуванні)

■

$$a_p = \frac{V}{t_p}; \quad a_m = \frac{V}{t_T},$$

де  $T$  - час повного спрацювання ступеня рухливості, с;

$K_p$  - коефіцієнт тривалості розгону;

$K_T$  - коефіцієнт тривалості гальмування;

$t_p = K_p \cdot T$  - час розгону;

$t_T = K_T \cdot T$  - час гальмування.

6 Розрахунок зусиль утримання деталі схопив робота при переміщенні окремо кожного ступеня рухливості.

Розрахункова формула:

$$F = m (g + a) K1 \cdot K2,$$

де  $m$  - маса об'єкта маніпулювання;

$g$  - прискорення вільного падіння;

$a$  - максимальне прискорення центру мас об'єкту маніпулювання;

$K1$  - коефіцієнт, що залежить від положення заготовки по відношенню до губок кліщів і напрямки дії сили тяжіння (для "Бриг - 10Б-МК"  $K = 0,5$ );

$K2$  - 1,3 ... 2,0 - коефіцієнт запасу.

Варіанти завдань наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Виробничі умови експлуатації робота

найменування показника	варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Час повного спрацювання ступеня рухливості робота Т, з:										
• підйом руки										
• поворот руки	0,65	0,75	0,50	0,60	0,70	0,55	0,80	0,85	1,00	1,05
• висування руки	2,25	2,20	2,00	2,15	2,30	2,35	2,10	2,05	1,85	1,95
• поперечне переміщення кисті	1,5	1,7	2,00	2,10	1,8	2,2	1,6	1,7	1,9	1,95
• поворот захоплення	0,8	1,3	1,0	1,4	1,2	1,25	0,9	1,35	1,1	1,15
	1,0	0,7	0,9	0,8	1,1	0,6	1,2	1,05	0,8	0,85
Коефіцієнт тривалості розгону $K_p$ для всіх ступенів рухливості	0,20	0,45	0,30	0,50	0,40	0,55	0,47	0,38	0,35	0,57
Коефіцієнт тривалості гальмування $K_T$ для всіх ступенів рухливості	0,09	0,07	0,04	0,05	0,10	0,09	0,06	0,12	0,08	0,11
Вага деталі, кг	10	5	9	6,5	8	5,5	7	7,5	6	8,5

## Продовження табл. 2.1

найменування показника	варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Час повного спрацювання ступеня рухливості робота Т, з:										
• підйом руки										
• поворот руки	0,75	0,85	0,60	1,60	0,40	0,65	1,80	0,90	1,40	1,15
• висування руки	2,35	1,80	1,65	1,75	2,40	2,65	2,20	2,15	1,95	1,65
• поперечне переміщення кисті	2,5	1,6	2,10	2,30	1,7	2,1	1,7	1,6	1,8	1,65
• поворот захоплення	0,8	1,2	1,4	1,6	1,1	1,0	0,5	1,25	1,0	1,05
	1,1	0,8	0,9	0,7	1,1	0,5	1,3	1,15	0,7	0,65
Коефіцієнт тривалості розгону $K_p$ для всіх ступенів рухливості	0,10	0,35	0,35	0,40	0,50	0,65	0,87	0,28	0,45	0,67
Коефіцієнт тривалості гальмування $K_T$ для всіх ступенів рухливості	0,19	0,17	0,03	0,04	0,20	0,08	0,04	0,13	0,08	0,11
Вага деталі, кг	9	4	9	5,5	7	4,5	6	8,5	5	8,5



Продовження табл. 2.1

найменування показника	варіанти									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Час повного спрацювання ступеня рухливості робота Т, з:										
• підйом руки	0,75	0,85	0,60	0,70	0,80	0,65	0,90	0,95	1,10	1,15
• поворот руки	2,35	2,30	2,20	2,35	2,40	2,25	2,40	2, 5	1,75	1,85
• висування руки	1,6	1,8	2,10	2,00	1,9	2,2	1,6	1,7	1,9	1,95
• поперечне переміщення кисті	0,8	1,3	1,0	1,4	1,2	1,25	0,9	1,35	1,1	1,15
• поворот захоплення	1,1	0,8	1,1	0,9	1,0	0,7	1,3	1,15	0,9	0,75
Коефіцієнт тривалості розгону $K_R$ для всіх ступенів рухливості	0,30	0,55	0,40	0,60	0,50	0,65	0,57	0,48	0,45	0,47
Коефіцієнт тривалості гальмування $K_T$ для всіх ступенів рухливості	0,08	0,06	0,05	0,07	0,10	0,09	0,06	0,12	0,07	0,11
Вага деталі, кг	6	10	8	4	9	4,5	5	7,5	6	8,5

Результати розрахунків зводяться в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахункові дані

№ п / п	Найменування параметру	ступеня рухливості				
		підйом руки	поворот руки	висування руки	Поперечну переміщення кліщів	поворот кліщі в
1	Швидкість $V$ , м / с					
2	Прискорення при розгоні, м / с <sup>2</sup>					
3	Прискорення при гальмуванні, м / с <sup>2</sup>					
4	Зусилля утримання при розгоні, Н					
5	Зусилля утримання при гальмуванні, Н					

2.3 Звіт повинен містити:

- 1) структурно-кінематичну схему робота;
- 2) схему сервісної зони робота;
- 3) кінематичні схеми п'яти модулів робота;
- 4) отримані результати обчислень;
- 5) аналіз результатів і висновки.

## 2.4 Контрольні питання

1. Особливості конструкції робота.
2. Пристрій демпферів приводів робота.
3. Типи датчиків, що застосовуються на роботі.
4. Пояснити поняття «сервісна зона» і «робоча зона» робота.
5. Як впливає схема утримання вантажу на зусилля утримання вантажу?
6. Як відрізняються коефіцієнти тривалості розгону і гальмування для електромеханічних, гідравлічних і пневматичних приводів?

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ НА ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКОМ СТЕНДІ FESTO

**Мета роботи:** отримання навичок проектування і монтажу електropневматических схем управління

### КОРОТКІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Пневматичні пристрої широко застосовуються при автоматизації технологічних процесів. У системах автоматизації вони виконують такі функції:

- вироблення інформаційних сигналів за допомогою пневматичних пристроїв і датчиків;
- Обробка інформації за допомогою логіко-обчислювальних елементів (процесорів);
- управління виконавчими механізмами пневматичних приводів за допомогою розподільників і підсилювачів потужності;
- виконання механічної роботи пневматичними циліндрами і двигунами.

Автоматизована пневматична система управління технологічним процесом складається з комплекту пристроїв: датчиків, логічних зв'язків, процесора, функціональної пневматичної апаратур, виконавчих механізмів, пов'язаних між собою функціональними ланцюгами

В автоматизованих пневматичних системах управління використовуються такі методи виконання команд: по положенню виконавчого механізму; по зусиллю (тиску) і по витримки часу.

## Пневматичний стенд "ФЕСТО дидактик"

### 3.1 Загальна конструкція стенду

Стенд складається з блоку живлення, комплектів пневмоелементов і трубопроводів, а також складальної дошки. Остання використовується для розташування та закріплення пневматичних елементів (рис.3.1).

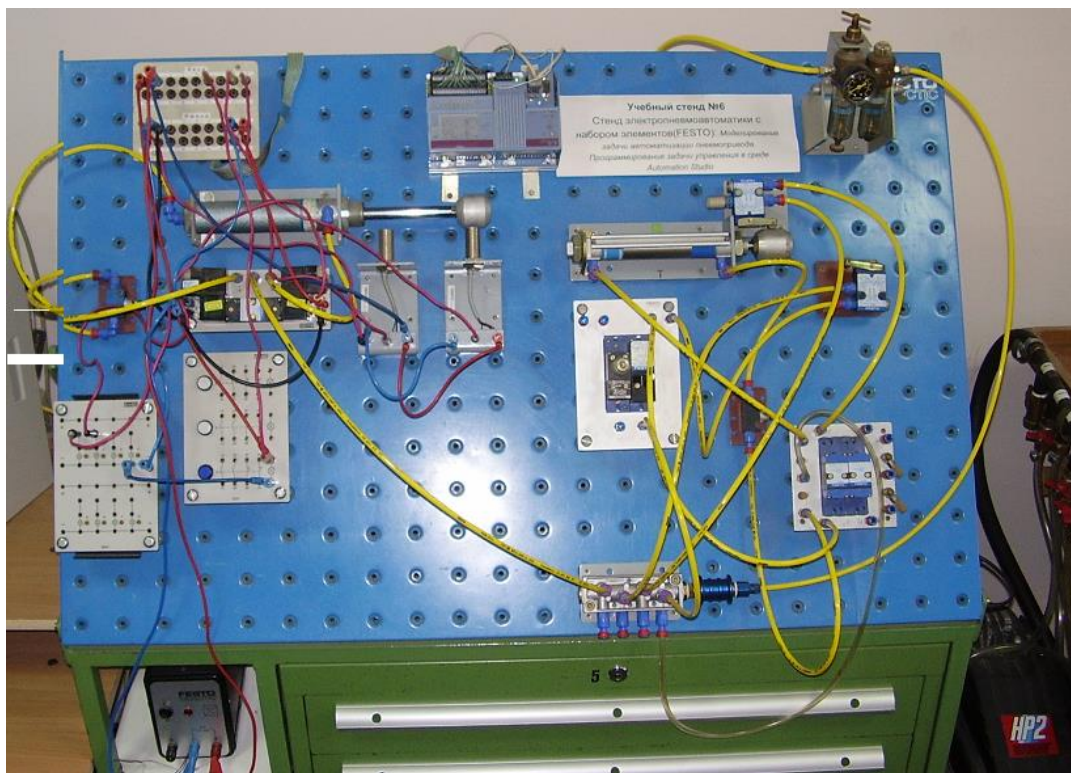
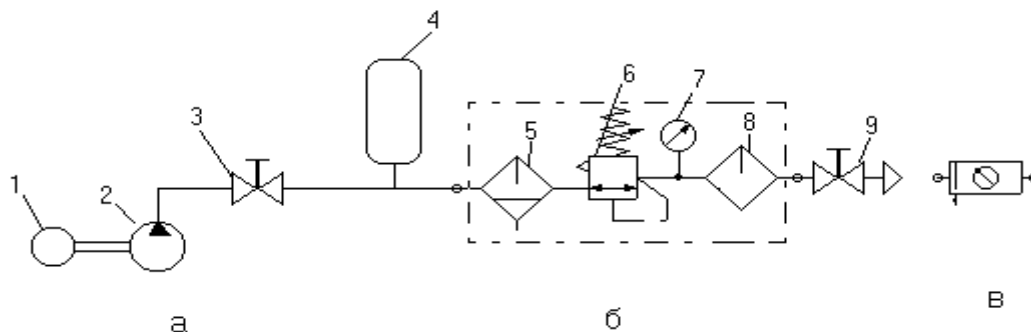


Рисунок 3.1 - Загальний вигляд стенду

### 3.2 Система підготовки повітря

Система підготовки повітря складається з блоку живлення і пристрої підготовки повітря (рисунок 3.2).



*а - блок живлення; б - пристрій підготовки повітря; в - умовне позначення на схемах системи підготовки повітря*

*1 - електродвигун; 2 - компресор; 3 - вентиль; 4 - акумулятор; 5-фільтр-осушувач; 6 - регулятор тиску; 7 - манометр; 8 - розпилювач масла; 9 - редуційний клапан*

Рисунок 3.2 - Система підготовки повітря

Стисле повітря від компресора 2, подається на блок підготовки повітря. Проходячи через фільтр-осушувач 5, потік повітря звільняється від механічних домішок і водяної пари, що містяться в повітрі. Розпилувач масла 8, що діє подібно пульверизатора, насичує потік повітря дрібними частинками масла, які, осідаючи на стінках рухомих елементів пневмопривода, забезпечують їх мастило і захист від корозії. Редукційний клапан 9 підтримує тиск в системі на заданому рівні і налаштовується по манометру 7.

### 3 Проект системи автоматизації

Проект системи автоматизації реалізований на електропневматичному стенді "FESTO" в двох виконаннях.

**Перше виконання.** Права частина стенду реалізована пневматичними засобами (рис.3.3). Модель включає в себе джерело стисненого повітря 1, блок підготовки повітря 2, множник стисненого повітря 3, пневмоциліндр двосторонньої дії 4, кінцеві вимикачі з роликівим важелем 5 і 6, двопозиційний пневморозподільник 5/2 з двостороннім пневматичним і ручним управлінням 7, пневматична реле витримки часу 8, регульований дросель 9.

**Принцип роботи.** В крайньому лівому положенні пневмоциліндра спрацьовує кінцевий вимикач 5 і подає пневмосигнала на розподільник 7. В останньому відбувається зміна позицій і стиснене повітря спрямовується в поршневу порожнину пневмоциліндра. Шток починає висуватися. При досягненні штоком крайнього правого положення спрацьовує кінцевий вимикач 6 і подає стиснене повітря на реле витримки часу 8. Після спрацьовування реле подається пневмосигнала на пневморозподільник, останній змінює позицію і стиснене повітря через дросель 9 направляється в штокову порожнину пневмоциліндра. В результаті пневмоциліндр повертається у вихідне положення. І далі цикл повторюється.

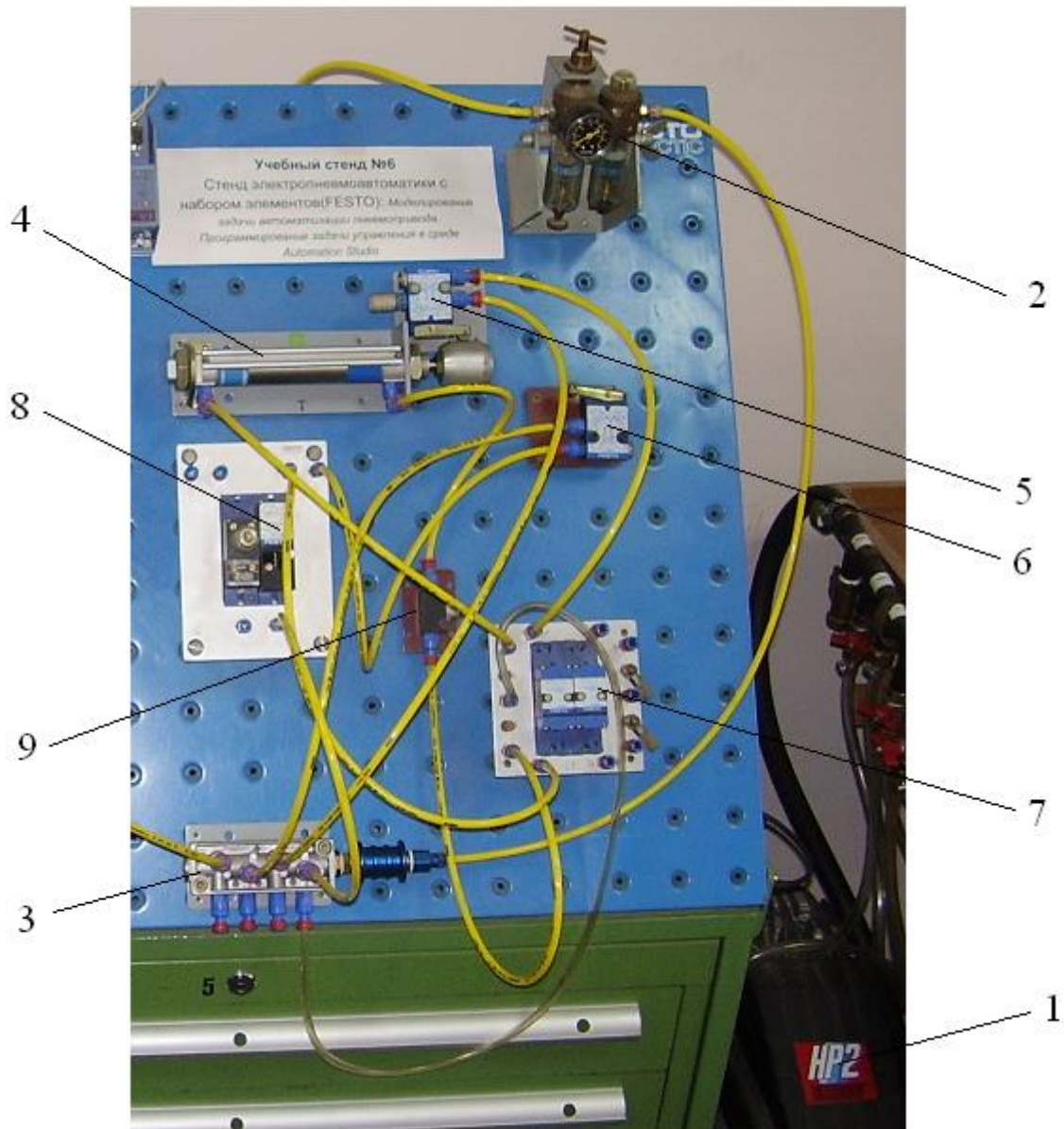


Рисунок 3.3 - Пневматична система автоматизації

**Друге виконання.** Ліва частина стенду реалізована електропневматичними засобами (рис.3.4). Модель включає в себе пневмоциліндр двосторонньої дії ПЦ, двопозиційний пневморозподільник з електромагнітним керуванням РЕ, регульований дросель Др зі зворотним клапаном ОК, індуктивні датчики положення ДП1 і ДП2, пристрій управління МК.

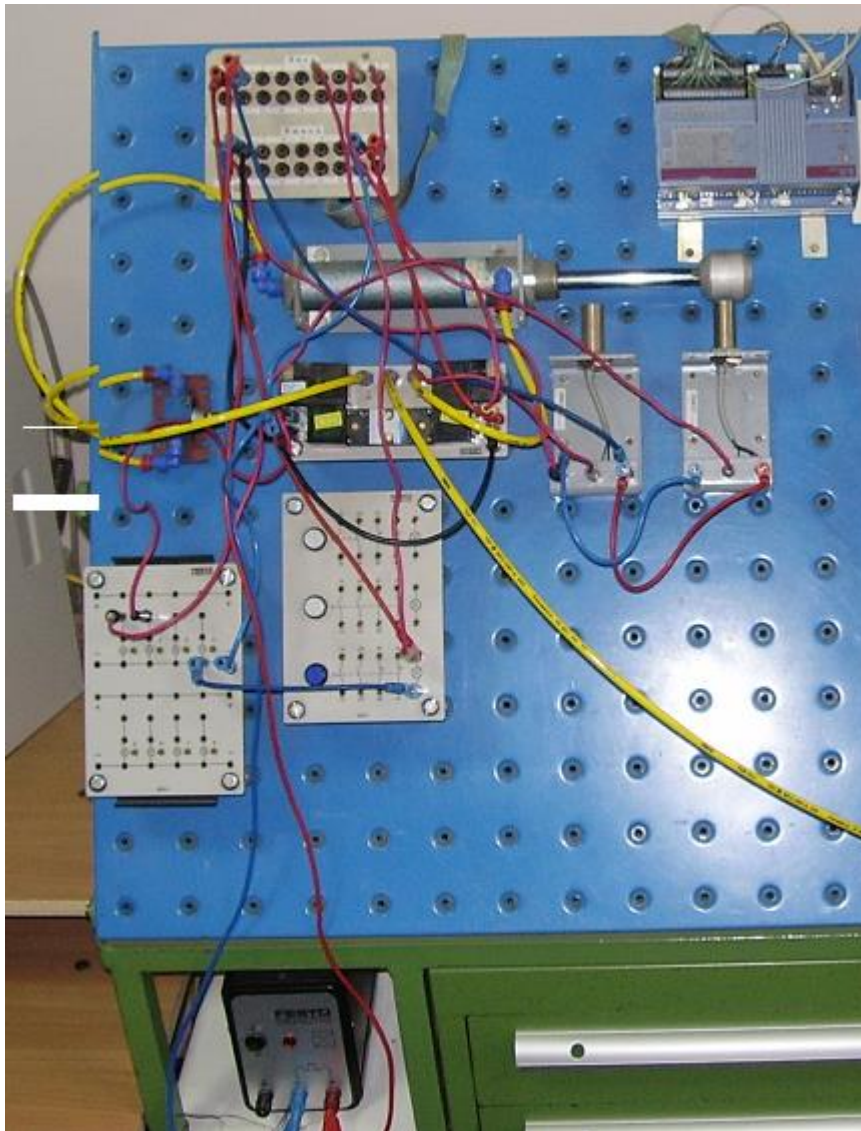
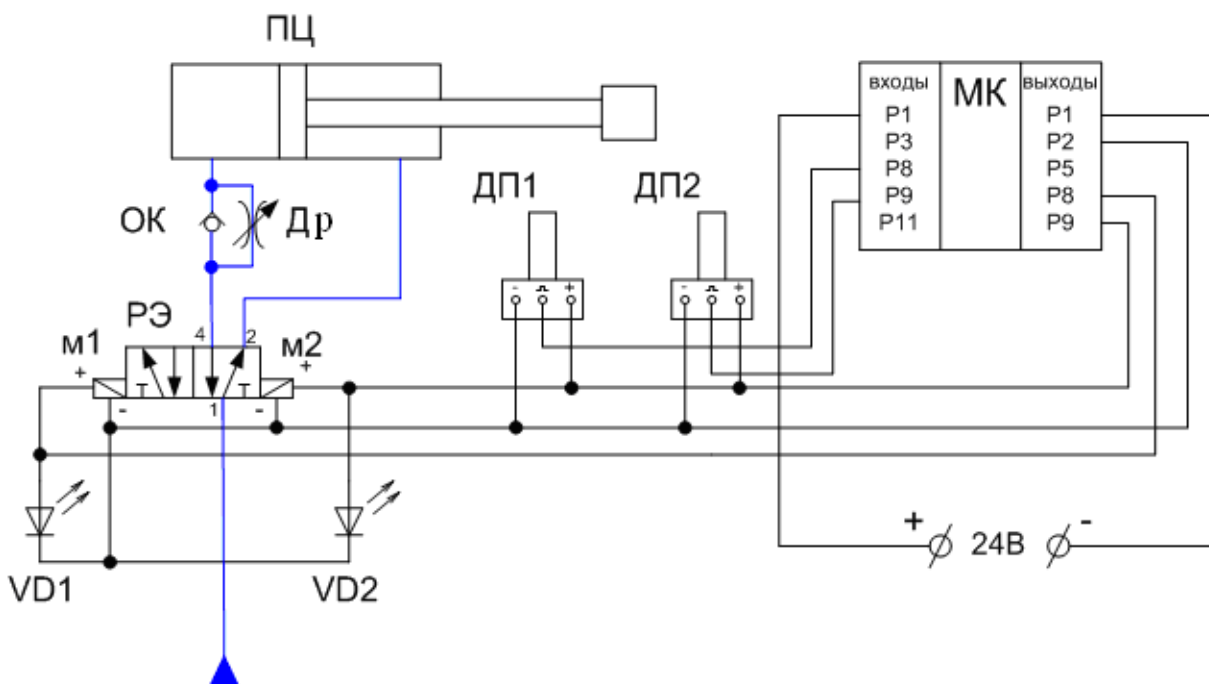


Рисунок 3.4 - Зовнішній вигляд електропневматичної системи автоматизації

Схема управління автооператором представлена на рис.3.5. В крайньому лівому положенні пневмоцилиндра спрацьовує датчик ДП1 і подає електричний сигнал на розподільник РЕ. В останньому відбувається зміна позицій і стиснене повітря направляється через дросель Д1 в поршневу порожнину пневмоциліндра. Шток починає висуватися. Досягши штоком крайнього правого положення спрацьовує датчик ДП2 і подає сигнал на розподільник РЕ, останній змінює позицію і стиснене повітря спрямовується в штокову порожнину пневмоциліндра. В результаті пневмоциліндр повертається у вихідне положення. Далі цикл повторюється.

Пристрій управління МК працює за наступним алгоритмом. Вхідними сигналами для МК є імпульси від індуктивних датчиків, вихідними є сигнали управління електромагнітами М1 і М2.



ПЦ, - пневмоциліндр; ДП1, ДП2 - індуктивні датчики положення; РЕ - пневматичний розподільник, (управляється електромагнітами м1, м2);  
 VD1, VD2 - світлодіоди індикації положення штока пневмоциліндра;  
 ОК, - зворотний клапан

Рисунок 3.5 - Функціональна схема електропневмоавтоматіки

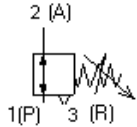
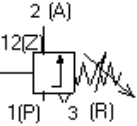
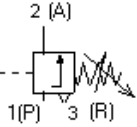
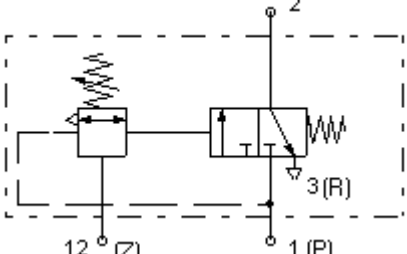
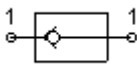
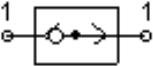
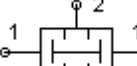


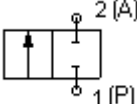
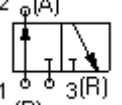
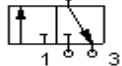
### Проектування принципів електропневматичних схем в програмному середовищі FluidSIM

У таблиці 3.1 розташовані основні пневматичні елементи стенду і їх умовне позначення на пневмосхемах.

Таблиця 3.1 - Пневматичні елементи

Назва елемента	Умовне позначення
1	2
Циліндр односторонньої дії	
Циліндр двостороннього дії	
Циліндр двостороннього дії з двостороннім демпфуванням	

Продовження таблиці 3.1

1	2
Редуційний клапан з розвантаженням	
Запобіжний клапан з зовнішньою лінією управління	
Запобіжний клапан з внутрішньою лінією управління	
клапан послідовний	
Зворотній клапан	
Елемент "АБО"	
Елемент "І"	
дросель регульований	
Дросель зі зворотнім клапаном	
2/2 - Розподільник нормально відкритий: - кількість позицій; - кількість ліній	
3/2 - Розподільник нормально відкритий	
3/2 - розподільник нормально закритий	



Продовження таблиці 3.1

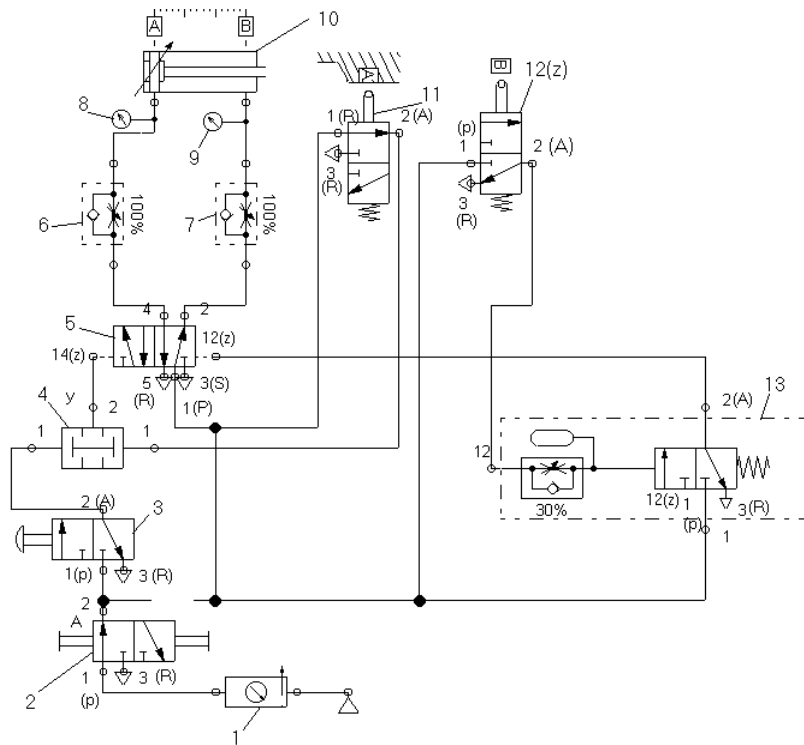
<p>4/2 - розподільник з протоками від 1 (P) до 2 (B) і від 4 (A) до 3 (R)</p>	
<p>5/2 - розподільник з протоками від 1 (P) до 2 (P) і від 4 (A) до 5 (R)</p>	
<p>Кнопка- розподільник 3/2</p>	
<p>Кінцевий вимикач з роликовим важелем</p>	
<p>3/2 - розподільник односторонній</p>	
<p>5/2 - розподільник з двостороннім пневматичним і ручним управлінням</p>	
<p>Клапан витримки часу</p>	
<p>Клапан швидкого вихлопу</p>	
<p>Механічне управління за допомогою пружини</p>	
<p>Механічне управління за допомогою ролика, який працює тільки в одному напрямку</p>	
<p>Ручне управління за допомогою важеля</p>	
<p>Ручне управління за допомогою педалі</p>	
<p>Пневматичне управління за допомогою тиску</p>	

Продовження таблиці 3.1

Електромагнітне управління за допомогою двох електромагнітів	
глушник шуму	
одна позиція	
Закритий прохід повітря	
Лінії підведення і відведення повітря	

**Приклад створення проекту в програмному середовищі FluidSIM**

На рисунку 3.6 зображена схема управління пневмоцилиндром за кінцевим положенням штока пневмоциліндра і витримки часу за допомогою реле витримки часу. При кінцевому висунутому положенні штока останній залишається в цьому стані деякий час, а після цього автоматично повертається в початковий стан.



1 - блок підготовки повітря; 2 - розподільник нормально відкритий; 3 - розподільник нормально закритий; 4 - логічний елемент I; 5 - підсилювач (розподільник); 6 і 7 - дросель зі зворотнім клапаном; 8 і 9 - манометри; 10 - пневмоциліндр; 11 і 12 - кінцевий вимикач (розподільник); 13 - пристрій витримки часу

Рисунок 3.6 - Схема управління одноштоковим пневмоцилиндром

Приклад циклограми роботи пневмопривода показаний на рисунку 3.7

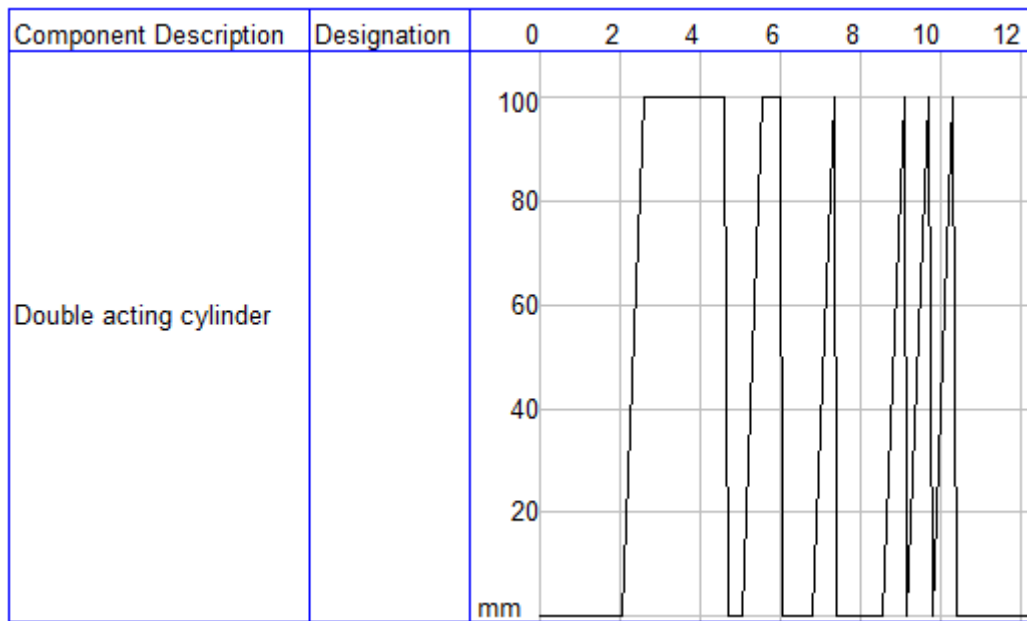


Рисунок 3.7 - Циклограма роботи пневмопривода

### ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Підготовлений робот-автооператор на базі стенду автоматизації FESTO (рис.3.8).

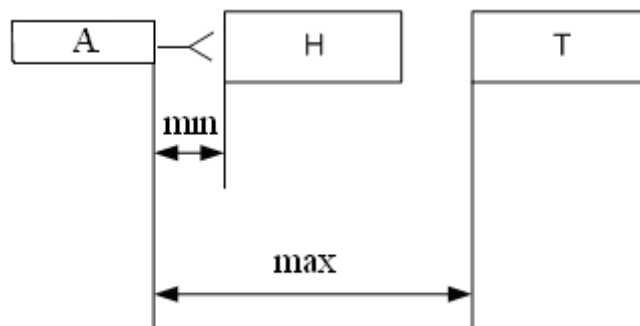


Рисунок 3.8 - Планування комплексу

Автооператор (А) являє собою пневмоциліндр двосторонньої дії. Він передає вироби з накопичувача (Н) на тактовий стіл (Т).

### Технічна характеристика пневмоциліндра

- габаритні розміри: довжина x діаметр - 400x50мм;
- хід штока - 350 мм;
- робочий тиск - 0.4 МПа.

### Завдання до обслуговування автооператором тактового столу

1. Ідентифікувати і описати всі елементи пневматичної схеми.
2. Складіть алгоритм функціонування автооператора щодо завантаження або розвантаження верстата відповідно до варіанта завдання.
3. Розробити модель управління комплексом в програмному середовищі FluidSIM.
4. Розробити циклограму роботи

Початкове положення автооператора щодо обладнання: рука втягнута, кліщі розціплені. Накопичувач розташований на відстані втягнутою руки автооператора (min). Тактовий стіл розташований за накопичувачем на відстані витягнутої руки автооператора (max).

### Варіанти завдань

Отримати технологічну команду (час витримки - ... с), взяти деталь для обробки з трафарету накопичувача заготовок і перенести на тактовий стіл (час витримки - ... с). Повернутися в початкове положення. Витримка часу на разжим-зажим кліщів робота - ... с.

варіанти	команди						
	Затримка на накопичувачі (технологічна команда), з	Затиснути кліщі, с	Розтиснути кліщі, с	Затримка на тактовій столі, с	Переміщення, мм	Час переміщення вперед, с	Час переміщення назад, с
1	1	1	2	2	250	5	5
2	2	2	1	3	240	4	4
3	3	1	1	1	230	3	3
4	4	2	2	2	220	2	2
5	5	3	2	3	210	2	3
6	6	4	3	2	200	3	2
7	7	5	4	3	190	3	3
8	6	3	2	3	180	3	4
9	5	2	2	3	170	2	3
10	4	1	1	2	160	3	2
11	3	1	1	3	150	4	2
12	1	2	2	2	140	2	4
13	2	1	1	2	130	3	3
14	3	2	1	2	120	2	2
15	3	1	2	4	110	4	3
16	4	1	1	4	100	3	4
17	2	2	3	2	110	2	3

18	4	1	2	1	120	2	2
19	5	1	1	5	130	2	3
20	6	1	1	6	140	3	2
21	5	2	2	6	150	3	4
22	6	1	1	5	160	2	4
23	4	2	2	6	170	4	2
24	6	1	1	4	180	4	3
25	5	2	2	4	190	5	4
26	4	2	2	5	200	4	5
27	3	2	2	3	210	4	4
28	2	2	2	2	220	5	5
29	1	1	1	1	230	6	5
30	1	2	2	1	240	5	6
31	2	1	2	3	250	4	6
32	3	2	1	2	260	6	4
33	4	1	1	3	270	4	4
35	2	2	2	4	280	5	5
36	3	1	1	3	290	6	6
37	2	1	1	2	300	5	6

### Контрольні питання

- 1 Область застосування і принцип дії пневматичних систем.
- 2 Які властивості має робоче середовище гідравлічних і пневматичних систем?
- 3 Основні критерії порівняння і характеристики гідравлічних і пневматичних систем.
- 4 Як функціонує пневмопривід з керуванням по кінцевим положенням штока?
- 5 Як функціонує пневмопривід з контролем по тиску?
- 6 Як функціонує пневмопривід з керуванням по витримці часу?
- 6 Як регулюється швидкість руху виконавчих механізмів пневмоприводів?

## РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА № 4

### РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ ГНУЧКОГУ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

#### Загальні відомості

Створення ГАВ включає в себе організацію виробництва з наступними характерними ознаками:

1. Гнучкість виробництва, тобто можливість швидкого переходу з виготовлення одного виду виробів на інший.
2. Автоматизованість всіх або більшості операцій, включаючи обробку виробів, управління і переналагодження.

### 3. Об'єднаність виробництва загальним транспортом і управлінням.

Для прийняття обґрунтованих технічних рішень по організації гнучкого автоматизованого виробництва деталей машинобудування необхідно вирішити такі основні завдання:

- проаналізувати базовий варіант і намітити шляхи його вдосконалення в умовах автоматизованого виробництва;
- встановити якісний склад автоматичного або автоматизованого обладнання, що входить в роботизований комплекс;
- визначити мінімально необхідну кількість верстатів і роботів для виконання заданої виробничої програми;
- вибрати раціональну структуру і планування РТК з урахуванням габаритів обладнання і сервісної зони роботів.

### **Аналіз базової технології**

Аналіз базової технології включає в себе:

серійність  
форма деталі  
розміри деталі  
Тип заготовка -  
матеріал -

- Маршрутна технологія виготовлення деталі.

### **Вибір раціональної технології**

Удосконалення базової технології виготовлення деталі стосовно до гнучкого автоматизованого виробництва можливо за наступними напрямками:

- 1) застосування більш точної заготовки, що підвищить коефіцієнт використання металу і скоротить основний час механічної обробки;
- 2) зміна або скорочення маршрутної технології.

### **Вибір обладнання**

В умовах гнучкого автоматизованого виробництва технічно доцільно використання спеціалізованих верстатів з ЧПУ, багатоцільових верстатів або обробних центрів, виходячи з їх широких технологічних можливостей, автоматизації циклу технологічних операцій, скорочення допоміжного часу внаслідок швидких неодружених переміщень. Але при цьому необхідно враховувати економічні результати застосування конкретних моделей верстатів.

**промислові роботи** вибираються за наступними критеріями:

- вантажопідйомність;

- сервісна зона.

**Допоміжне обладнання** має забезпечити відповідну організацію робочого середовища (подача, орієнтування, позиціонування і фіксування заготовок, напівфабрикатів і деталей) при вході і виході з РТК, а також оперативне накопичення і переміщення між верстатами предметів виробництва всередині комплексу.

### **Визначення кількості технологічного обладнання**

Розрахунок кількості верстатів ( $n$ ), необхідних для виконання заданої річної програми ( $A$ , шт.) При річному фонді часу ( $F_r$ , годину.), Здійснюється за формулою

$$n = \frac{T_{шт-к} \cdot A}{F_r \cdot K_n \cdot 60}$$

де  $K_n = 1,1$  - коефіцієнт виконання норми ( $K_n = 1,0 \dots 1,2$ )

60 - перекладной коефіцієнт хвилин в години.

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляційний час визначають за формулою

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n_з}$$

де  $n_з$  - розмір партій деталей, що запускаються у виробництво.

### **Вибір структури РТК**

Залежно від співвідношення числа роботів ( $P$ ), верстатів ( $C$ ) і виробів ( $I$ ) структура РТК може бути представлена у вигляді:

- \* роботизованого модуля ( $P = C = I = 1$ );
- \* роботизованого осередка ( $P = I = 1$ ;  $C = 2 \dots 4$ );
- \* багатопредметного РТК ( $P = I = 2 \dots 4$ ;  $C = 2 \dots 10$ ).

### **Планування комплексу**

Планування комплексу може бути кільцевої або лінійної залежно від структури РТК, якісного і кількісного складу обладнання, габаритів обладнання і сервісної зони роботів.

### **ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ**

Розглянемо приклад прийняття обґрунтованих технічних рішень по організації гнучкого автоматизованого виробництва деталей типу "полумуфта".

## Аналіз базової технології

Виготовлення деталі здійснюється в наступній послідовності:

- Чорнова обробка на токарному верстаті 16К20. Тшт. = 30хв, Тп.з. = 12 хв.
- Чистова обробка на токарному верстаті 16К20. Тшт. = 32 хв, Тп.з. = 15 хв.
- Обробка паза 8J39 ( $\pm 0.018$ ) на Довбальні верстаті 7М430. Тшт. = 10 хв., Тп.з. = 8 хв.
- Чорнова обробка на розточувальному верстаті код. 2622Б. Тшт. = 35 хв., Тп.з. = 25 хв.
- Чистова обробка на розточувальному верстаті код. 2622Б. Тшт. = 80 хв., Тп.з. = 25 хв.

Разом:  $\Sigma$ Тшт. = 187 хв.,  $\Sigma$ Тп.з. = 85 хв.

## Вибір обладнання

Для виконання токарних операцій вибираємо токарний прутково-патронний гнучкий виробничий модуль (ГВМ) 1В340Ф30РМ на базі токарно-револьверного верстата з ЧПУ 1У340Ф30 і порталного робота М20Ц. Цей ГВМ призначений для обробки деталей типу фланців масою до 10 кг в умовах багато-номенклатурних виробництва.

Мах діаметр, що обробляється - 250 мм

Мах довжина, що обробляється - 250 мм

Габаритні розміри верстата:

довжина - 2840 мм,

висота - 1670 мм,

ширина - 1770,0 мм.

Виконання паза 8Js9 економічно доцільно здійснювати на модернізованому довбальному верстаті моделі 7М430 з числа діючих. Модернізація верстата полягає в переробці електричної схеми для підключення верстата до загальної системи управління і автоматизації видалення стружки. Автоматизація завантаження - вивантаження верстата здійснюється за допомогою ПР «Бриг-10».

## Технічна характеристика верстата

\*Хід довбача - 120 ... 320 мм;

\*найбільше переміщення столу:

\*поздовжнє - 650 мм;

\*поперечне - 510 мм;

\*відстань від зовнішньої поверхні резцедержателя до стійки (виліт) - 615мм;

\*відстань від площини стола до нижнього кінця напрямних довбача - 500мм;

\*габаритні розміри верстата:

\*довжина - 3030мм;



\*ширина - 2175мм;

\*висота - 3010мм.

Для виконання отворів 28H9 (+0,052) застосовуємо розточувальний верстат з ЧПУ моделі 243ВМФ2. Він призначений для фрезерування, свердління, зенкерування, розгортання і ін. Автоматизацію завантаження - вивантаження здійснимо за допомогою ПР «Бриг-10».

### **Технічна характеристика верстата**

\*розміри робочої поверхні столу (довжина x ширина) - 560 x 320 мм;

\*найбільша маса деталі, яка встановлюється на поворотному столі - 150кг;

\*число інструментів - 30;

\*найбільший діаметр розточування - 160мм;

\*габаритні розміри верстата, довжина x ширина x висота: 1590 x 1640 x 2620 мм;

### **Технічна характеристика БРИГ 10**

ПР «Бриг - 10» являє собою підлоговий робот з пневмоприводом та циклової системою управління. Призначений для автоматизації допоміжних операцій: завантаження, розвантаження деталей в яку обслуговує технологічному обладнанні

\* Габаритні розміри робота

\* довжина - 780мм;

\* ширина - 620мм;

\* висота - 800мм;

\* Максимальний виліт руки робота - 1260мм;

\* Число ступенів рухливості - 5;

\* підйом руки - 100мм;

\* поворот руки 210 градусів;

\* висування руки - 600мм;

\* поперечне переміщення схвата - 70мм;

\* поворот кліщів - 180 градусів;

Сервісна зона робота являє собою робочу зону, де повністю зберігаються паспортні значення технічних характеристик ПР (рис.4.1).

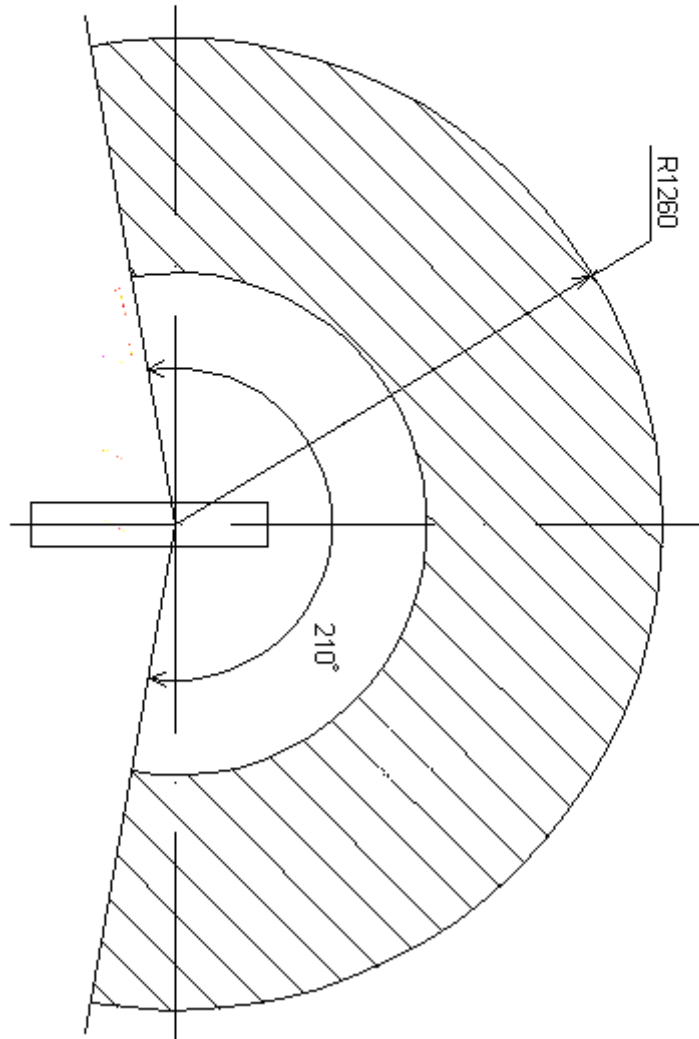
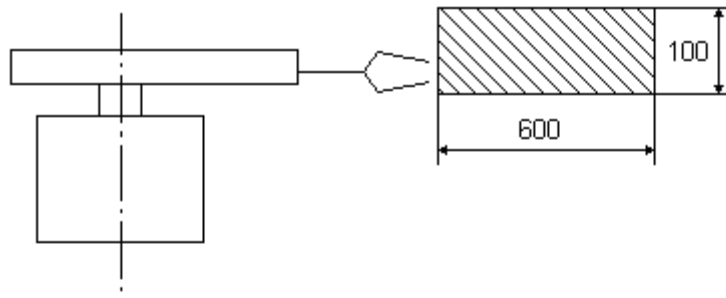


Рисунок 4.1 - Сервісна зона робота "Бриг - 10 "

ПР "Бриг - 10 " виконаний з трьох модулів поступальних переміщень і двох модулів обертальних рухів (рис.4.2).

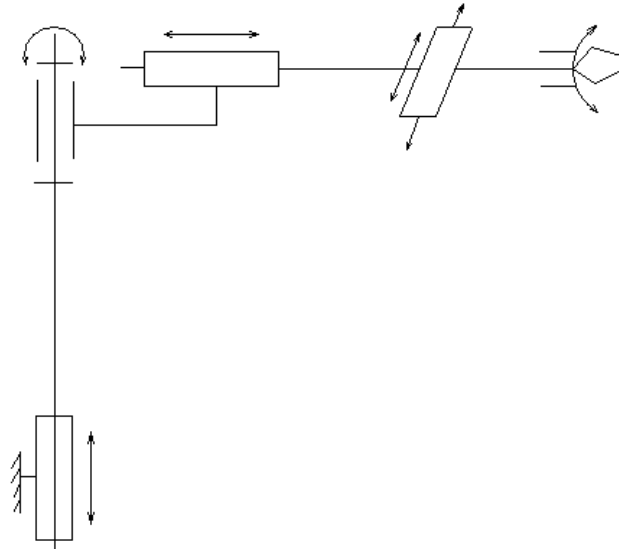


Рисунок 4.2 - Модульна схема ПР "Бриг - 10 "

### Структура комплексу

Визначимо кількість верстатів ( $n$ ) необхідних для виконання заданої річної програми ( $A = 4000$  шт) при річному фонді часу  $F_T = 4000$  годин за формулою

$$n = \frac{T_{шт-к} \cdot A}{F_T \cdot K_n \cdot 60}$$

де  $K_n = 1,1$  - коефіцієнт виконання норми ( $K_n = 1,0 \dots 1,2$ )

60 - перекладної коефіцієнт хвилин в години.

$T_{шт-к}$  - штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n_z}$$

де  $n_z$  - розмір партій деталей, що запускаються виробництво.

У нашому випадку  $n_z = A = 4000$ , отже величина  $\frac{T_{п.з.}}{n_z}$  - незначна мала, у

порівнянні з  $T_{шт}$ , тому  $T_{шт-к} \cong T_{шт}$ . ( $T_{шт-к} = 32 + \frac{15}{4000} = 32,003$  хв).

Кількість токарних верстатів

$$n_T = \frac{64 \cdot 4000}{4000 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,96,$$

приймаємо  $n_T = 1$

Кількість довбальних верстатів

$$n_D = \frac{10 \cdot 4000}{4000 \cdot 1,1 \cdot 60} = 0,15$$

приймаємо  $n_D = 1$ .

Кількість розточувальних верстатів

$$n_p = \frac{115 \cdot 4000}{4000 \cdot 1,1 \cdot 60} = 1,7$$

приймаємо  $n_p = 2$ .

Виходячи з конструкції, виконання та сервісної зони, робота Бриг-10, А також з огляду на габаритні розміри верстатів і розміри їх робочої зони, приймаємо багатомодульну структуру РТК (рис.4.3).

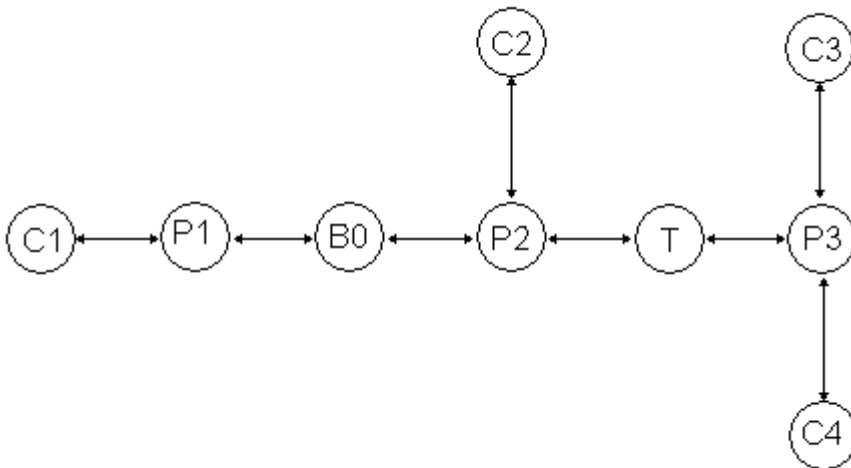


Рисунок 4.3 - Багатомодульні РТК для виробництва деталей типу "полумуфта"

Для зв'язку модулів вибираємо тактовий стіл моделі СТ150:

вантажопідйомність позиції - 10 кг

число позицій - 24

Габарити столу:

довжина - 2250 мм

ширина - 650 мм

висота - 300365 мм

### Планування комплексу

РТК для виробництва деталей типу "полумуфта" являє собою комплекс, що включає токарний модуль, довбальний модуль і розточний ділянку, пов'язані між собою роботами, тактовим столом і магазином- накопичувачем, автономно функціонуючий і об'єднаний єдиною системою управління (рис.4.4).

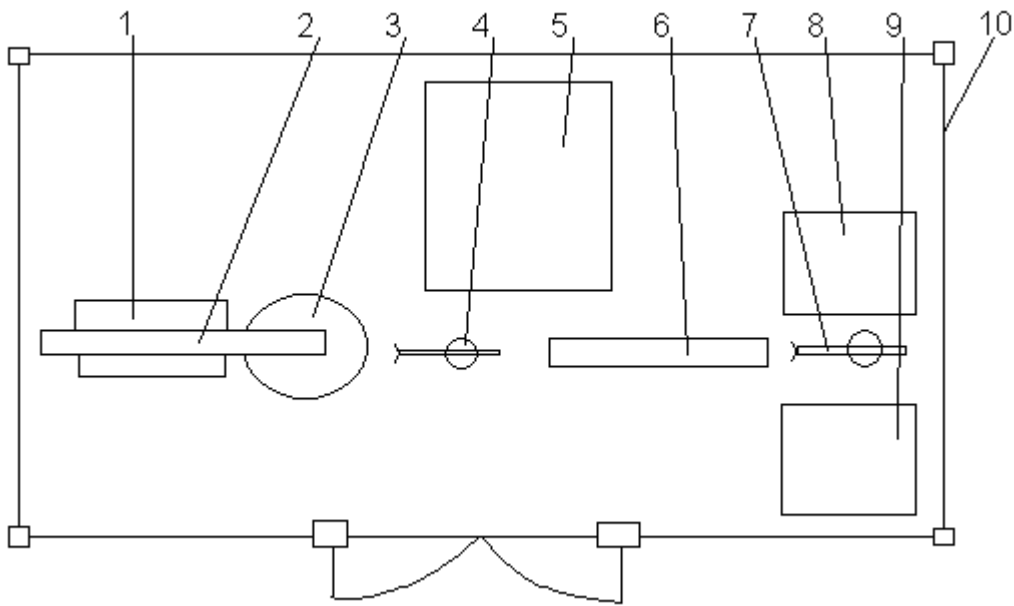


Рисунок 4.4 - Планування РТК (масштаб 1: 100):

1. Токарно-револьверний верстат з ЧПУ мод. 1У340Ф30;
2. ПР мод. М20Ц;
3. Магазин - накопичувач;
4. ПР мод. "Бриг - 10"
5. Довбальний верстат мод. 7М430;
6. Тактовий стіл мод. СТ150;
7. ПР "Бриг - 10";
- 8,9 Розточувальні верстати з ЧПУ мод. 243В МФ 2;
10. Огорожа.

### Алгоритм роботи комплексу

РТК працює наступним чином (див. рис. 4.4). Заготовки завантажують в магазин - накопичувач, що представляє собою об'єднаний вхід - вихід в РТК. Робот 2 здійснює завантаження токарного верстата 1 з магазину - накопичувача, вивантаження оброблених виробів і укладання їх в той же магазин. Робот 4 здійснює завантаження довбального верстата 5 з магазину - накопичувача, вивантаження напівфабрикатів і укладу на тактовий стіл 6. За допомогою тактового столу вироби передаються на ділянку розточувальних операцій. Тут за допомогою робота 7 вироби завантажуються в розточувальні верстати 8 і 9 і вивантажуються назад на тактовий стіл. З тактового столу готові деталі передаються роботом 4 на позицію входу - виходу в РТК.

Приклад побудови тимчасової діаграми роботи комплексу наведено на рисунку 4.5

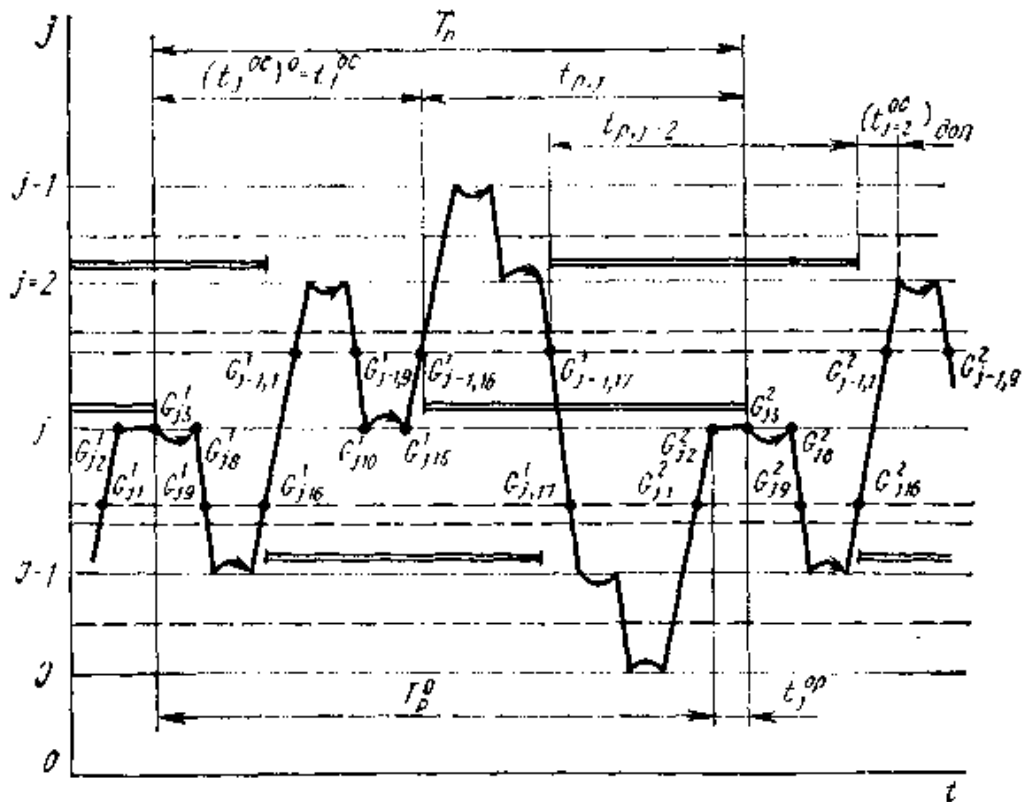


Рисунок 4.5 - Тимчасова діаграма роботи РТК

## КОНТРОЛЬНІ ЗАВДАННЯ

Розробити гнучкий виробничий комплекс механічної обробки деталей.

Початкові дані:

1. креслення деталі-тіпопредставителя, маршрутно-технологічні карти (див. додатки до РТК1, РТК2, РТК3, РТК4).
2. Річна програма випуску деталей.
3. Річний фонд часу.

Перелік питань, які потрібно розкрити:

1. Аналіз технологічного процесу деталі-представника, вибір структури комплексу.
2. Вибір основного технологічного і допоміжного обладнання, а також промислових роботів.
3. Розрахунок кількості верстатів при двозмінній роботі комплексу.
4. Обґрунтувати і побудувати лінійну або кільцеву планування комплексу.
5. Скласти алгоритм роботи комплексу.
6. Розрахувати і побудувати циклограми роботи робота біля кожної одиниці обладнання.
7. Розрахувати і розробити діаграму роботи обладнання комплексу в сталому режимі.
8. Визначити такт випуску деталей в комплексі.

### ЗАВДАННЯ до РТК №1

Розробити гнучкий виробничий комплекс механічної обробки деталей типу "стакан".

#### Умови виробничих ситуацій

Назва показника		варіант						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Річна програма випуску деталей	3000	3500	1500	2000	2500	4000	4500
2	Річний фонд часу	2800	1840	3500	5000	4000	2500	3000

### ЗАВДАННЯ до РТК №2

Розробити гнучкий виробничий комплекс механічної обробки деталей типу "полумуфта".

#### Умови виробничих ситуацій

Назва показника		варіант						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Річна програма випуску деталей	3000	4000	3500	2000	2500	4000	4500
2	Річний фонд часу	2500	3000	2000	1800	3000	2500	3000

### ЗАВДАННЯ до РТК №3

Розробити гнучкий виробничий комплекс механічної обробки деталей типу "ніпель".

#### Умови виробничих ситуацій

Назва показника		варіант						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Річна програма випуску деталей	7000	4000	3000	6000	2500	5000	5500
2	Річний фонд часу	4500	2800	2000	3500	1840	2500	3000

### ЗАВДАННЯ до РТК №4

Розробити гнучкий виробничий комплекс механічної обробки деталей типу "фланець».

#### Умови виробничих ситуацій

Назва показника		варіант						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Річна програма випуску деталей	9000	4000	6000	5000	6500	7000	7500
2	Річний фонд часу	2800	1840	3000	2500	3500	3500	3000



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофєєв А.І. Проектування маніпуляторів промислових роботів і роботизованих комплексів. - М .: Вища. шк., 1986. - 264 с.
2. Механіка промислових роботів: Навчальний посібник: У 3 кн.-М .: Вища. шк., 1989.
3. Козирєв Ю.Г .. Промислові роботи: справочник.-Машинобудування, 1988.- 392с.
4. Робототехніка та гнучкі автоматизовані виробництва: Навчальний посібник в 9-ти кн. - М .: Вища. шк., 1986.

## Додаток А

### Вертикально-свердильний верстат з ЧПУ мод. 2P135Ф2

Вертикально-свердильний верстат з ЧПУ мод. 2P135Ф2 призначений для обробки отворів для кріплення в корпусних деталях, а також в деталях типу фланців, кришок, плит, важелів, кронштейнів, в умовах дрібносерійного і серійного виробництва (див. рис.А.1). Він оснащений хрестовим столом і Шестипозиційний револьверної головкою, які значно розширюють його технологічні можливості. Верстат мод. 2P118Ф2 працює в автоматичному режимі. Він оснащений Шестипозиційний револьверної головкою, яка має додатність можливостями для обробки групи деталей. У разі оснащення верстата агрегатом завантаження супутників і кріплення деталей на них, можливо його вбудовування в ГПС.

Найбільший діаметр свердління, мм - 35;

Розміри стола, мм - 400x630;

Число інструментів - 6;

Пристрій ЧПУ - «Координата С70-3»;

Габаритні розміри верстата: 2500x1800x2700 мм.

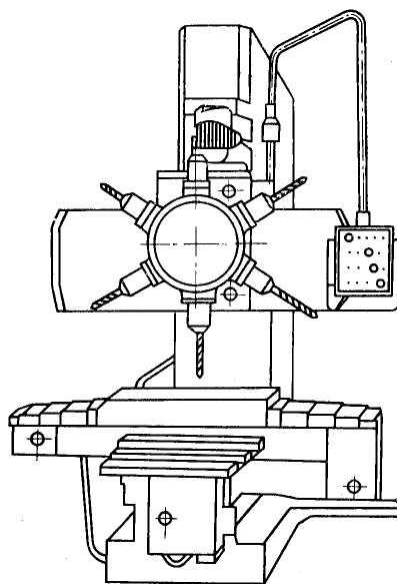


Рисунок А.1 - Верстат з ЧПУ 2P135Ф2

## Додаток Б

### Вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ мод.6520Ф3-36

Для обробки деталей складної просторової форми з чорних і кольорових металів призначені фрезерні верстати з ЧПУ. Технологічні можливості верстатів можна розширити шляхом їх постачання револьверними інструментальними магазинами з шести - восьми позицій або магазинами іншого типу. Многоінструментальное оснащення фрезерних верстатів одна з умов

використання фрезерних верстатів в складі ГПС. Крім того, необхідна автоматизція завантаження заготовок на стіл верстата за допомогою супутників і агрегатів перевантаження супутників на стіл верстата.

Вертикально-фрезерний верстат з ЧПУ мод.6520Ф3-36 (див. рис.Б.1) призначений для фрезерування різноманітних деталей складної форми торцевими, кінцевими, кутовими і фасонними фрезами. Крім фрезерування на верстаті можна виконувати свердління, розточування, зенкування розгортання отворів.

#### **Технічна характеристика**

- Розміри поверхні стола, мм: 250х630;
- Число інструментів у магазині - 14;
- Тип пристрою ЧПУ - 2С85;
- Габаритні розміри верстата: 2000х2020х2150мм.

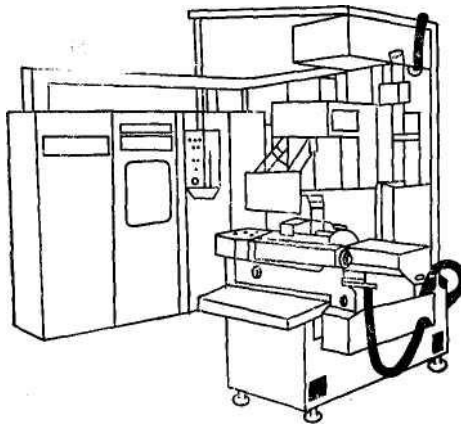


Рисунок Б.1 - Верстат мод. 6520Ф3-36

#### **Додаток В**

#### **Токарний верстат з ЧПУ мод. 16К20Ф3С32**

Токарний патрно-центровий верстат з ЧПУ мод. 16К20Ф3С32 (див. рис.В.1) використовують для токарної обробки деталей типу тіл обертання в патроні і в центрах. Верстат оснащений регульованими двигунами головного руху і подач постійного струму або синхронними двигунами з частотним регулюванням. Програма переміщень інструменту, управління головним приводом і допоміжні команди вводяться в пам'ять системи управління з клавіатури пульта управління, магнітної стрічки або перфострічки і можуть коригуватися на екрані за допомогою клавіатури.

Найбільший діаметр заготовки над супортом, мм - 220;

Пристрій ЧПУ - Н22-1М;

Габаритні розміри: 3700х1700х2145 мм.

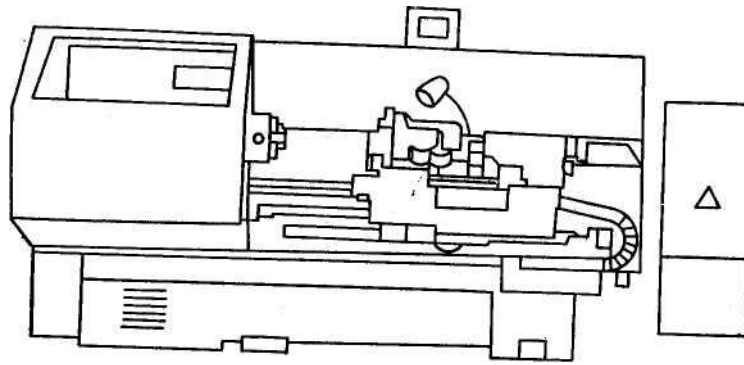


Рисунок В.1 - Верстат мод. 16K20Ф3С32

### Додаток Г Допоміжне обладнання

Промислові роботи компонуються з допоміжним обладнанням, в якості якого використовуються тактові столи, магазини-накопичувачі і крокові транспортери.

Тактові столи мод. СТ 150, 220, 350 (рис. Г.1, табл. Г.1) призначені для транспортування деталей в зону захоплення робота. Заготовки встановлюють безпосередньо на пластини столу або на супутники.

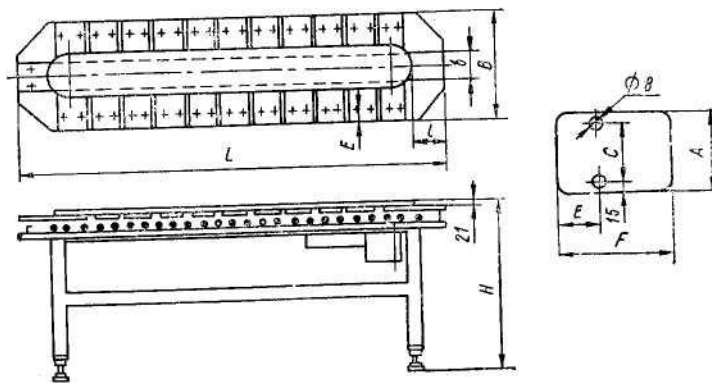


Рисунок Г.1 - Тактовий стіл

Таблиця Г.1 Характеристики тактових столів

Модель столу	габаритні розміри столу, мм			розміри пластин			
	L	B	H	AxF	lxb	E	C
СТ 150	2250	650	700-850	150x225	150x150	100	120
СТ 150.01			300-365				
СТ 220	3260	700	700-850	220x252	220x220	110	190
СТ 220.01			300-365				

На рисунку Г.2 зображені схеми магазинів-накопичувачів для деталей типу тіл обертання. Деталі 2 встановлюються на на щоках 1 з ложементами.

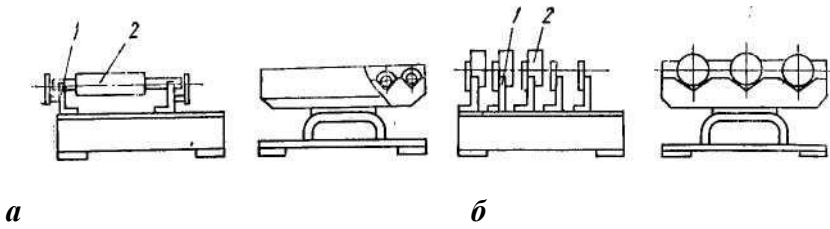
*а**б*

Рисунок Г. 2 - Магазины-накопичувачі для валів (а) і дисків (б)