

Міністерство освіти і науки України
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «БЕРДЯНСЬКИЙ
МАШИНОБУДІВНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Національного університету «Запорізька політехніка»

Циклова комісія професійних дисциплін спеціальності 131

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора з навчальної
роботи

«__» _____ 202__ року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В
МАШИНОБУДУВАННІ**

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
ОПП	Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування

2022р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Механізація та автоматизація виробничих процесів в машинобудуванні » для здобувачів освіти спеціальності 131 Прикладна механіка, ОПП «Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування».

«30» серпня 2022 року – 15с.

Розробник: викладач ВСП «БМФК НУ «Запорізька політехніка» Тетяна ШИЯН

Робоча програма затверджена на засіданні циклової комісії професійних дисциплін спеціальності 131.

Протокол № 1 від «30» серпня 2022 року

Голова циклової комісії професійних дисциплін спеціальності 131

_____ Петро ВОРОНЕНКО
(підпис)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність ОПІ, освітньо-кваліфікаційний рівень (ступінь)	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів - 2,5	Галузь знань: 13 Механічна інженерія	нормативна
	Спеціальність: 131 Прикладна механіка	
Модулів - 7	ОПІ «Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування»	Рік підготовки: 4
Індивідуальне завдання –		Семестр: VIII
Загальна кількість годин – 75		
Тижневих годин : VIII семестр аудиторних – 6год. Самостійної роботи студента – 5,4год.	Освітньо-кваліфікаційний рівень: Молодший спеціаліст Освітньо-кваліфікаційний ступінь: Фаховий молодший бакалавр	Лекції
		24
		Практичні
		16
		Лабораторні
		8
		Самостійна робота
		27
		Індивідуальні завдання:
-		
	Вид контролю: VIII-й семестр – диференційований залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета і задачі предмету – вивчення здобувачами освіти навчального закладу основ автоматизації та механізації виробничих процесів у механічних, складальних, ремонтних та інших цехах машинобудівельних підприємств України та придбання ними практичних навичок з вибору устаткування, пристроїв, приладів, інструментів та інших технічних засобів механізації та автоматизації даних процесів за їх налагодженням та впровадженням у виробництво з забезпеченням певного економічного ефекту.

Процес вивчення даного предмета повинен здійснюватися й спиратися на знання, отримані студентами з фізики, загальної електротехніки й електроніки, нарисної геометрії та інженерної графіки, обчислювальної техніки й програмування, технічної механіки, гідравліки, гідро- і пневмоприводам устаткування, технологічному устаткуванню і т. д.

При вивченні дисципліни повинні формуватися наступні компетентності:

ІК	Здатність вирішувати типові спеціалізовані задачі галузі галузевого машинобудування або у процесі навчання, що вимагає застосування положень і методів відповідних наук та може характеризуватися певною невизначеністю умов; відповідальність за результати своєї діяльності; здійснення контролю інших осіб у визначених обставинах.
ЗК2	Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на сонові розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій; використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
ЗК3	Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово.
ЗК4	Здатність використовувати нормативні документи та читати креслення.
ЗК5	Здатність використовувати, комунікаційні та цифрові технології.
ЗК6	Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
ЗК7	Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
СК7	Здатність застосовувати відповідні кількісні математичні, технічні методи а також комп'ютерне програмне забезпечення для вирішення типових професійних завдань технології обробки.
СК8	Здатність використовувати нормативні та довідкові матеріали, стандартні методики, конструкторську та технологічну документацію.
СК12	Здатність використовувати професійно-профільні знання й практичні навички для складання технологічних процесів виготовлення деталей, підбору устаткування та інструменту в машинобудуванні.

3. Структура навчальної дисципліни

Назва модулів і тем	Кількість годин					
	усь ого	У тому числі				
		лек	пр	лаб	інд	с.р.
Модуль 1 Вступ в механізацію і автоматизацію.	4	2	-	-	-	2
Тема 1.1. Виробничий процес в машинобудуванні. Механізація і автоматизація виробничих процесів. Ефективність механізації і автоматизації виробничих процесів.	4	2	-	-	-	2
Модуль 2. Автоматичне керування технологічним устаткуванням праці.	18	4	4	4	-	6
Тема 2.1 Системи автоматичного керування технологічним устаткуванням .	2	-	-	-	-	2
Тема 2.2 Елементи і пристрої систем автоматичного керування. Програмне керування технологічним устаткуванням.	6	2	-	2	-	2
Тема 2.3. Застосування ЕОМ для автоматичного керування технологічним устаткуванням.	8	2	4	-	-	2
Тема 2.4 Методи налагодження технологічного устаткування з автоматичним керуванням.	2	-	-	2	-	-
Модуль 3. Механізація і автоматизація завантаження та розвантаження технологічного устаткування.	16	4	8	2	-	2
Тема 3.1. Системи живлення устаткування вихідним матеріалом і живлення сортовим матеріалом. Живлення штучними	10	2	6	-	-	2
Тема 3.2. Механізація і автоматизація закріплення заготовок. Маніпулятори, автооператори, промислові роботи.	6	2	2	2	-	-
Модуль 4. Автоматизація контрольних операцій в машинобудуванні.	9	4	-	2	-	3
Тема 4.1. Методи та пристрої автоматичного контролю виробів.	3	2	-	-	-	1
Тема 4.2. Контрольно-сортувальні автомати для виробів. Автоматичний контроль розмірів	6	2	-	2	-	2
Модуль 5. Механізація і автоматизація робіт на технологічному устаткуванні.	17	6	2	-	-	9
Тема 5.1 Механізація і автоматизація токарних робіт.	4	2	-	-	-	2
Тема 5.2 Механізація і автоматизація свердлильних й розточних робіт.	2	-	-	-	-	2
Тема 5.3 Механізація і автоматизація фрезерних робіт.	4	2	-	-	-	2
Тема 5.4 Механізація і автоматизація протяжних, різьбо- і зубооброблюючих робіт.	2	-	-	-	-	2

Тема 5.5 Механізація і автоматизація шліфувальних робіт. Механізація і	5	2	2		-	1
Модуль 6. Механізація і автоматизація слюсарних, складальних і ремонтних робіт.	6	2	2	-	-	2
Тема 6.1 Механізація слюсарних, складальних і слюсарно-ремонтних робіт.	2	2	-	-	-	-
Тема 6.2 Автоматизація складальних робіт.	4	-	2	-	-	2
Модуль 7. Механізація і автоматизація транспортних і складських робіт.	5	2	-	-	-	3
Тема 7.1 Пристрої механізації вантажопідйомних транспортних і складських операцій.	2	2	-	-	-	-
Тема 7.2 Пристрої збору й транспортування металевої стружки.	2	-	-	-	-	2
Тема 7.3 Автоматизація транспортних і складських робіт.	1	-	-	-	-	1
Разом за VIII семестр (75=48+27)	75	24	16	8	-	27
Разом по дисципліні	75	24	16	8	-	27

4. Теми аудиторних занять

№ з/п	Форма заняття	Обсяг годин	Зміст заняття
Модуль 1 Виробничий процес в машинобудуванні			
1	Лекція № 1	2/2	<p>Виробничий процес в машинобудуванні. Виробничий процес виготовлення виробів в машинобудуванні та його структура. Виробничий цикл й основні напрямки його постійного вдосконалення: підвищення продуктивності праці, поліпшення якості виробів, зниження собівартості та забезпечення їх конкурентоспроможності, підвищення гнучкості виробництва, збільшення об'єму випуску нової високоефективної продукції. Особливості здійснення виробничого процесу в гнучких автоматизованих виробництвах (ГАВ).</p>
Модуль 2. Автоматичне керування технологічним устаткуванням			
2	Лекція №2	2/4	<p>Елементи та пристрої систем автоматичного керування. Класифікація елементів та пристроїв САК. Первинні вимірювальні перетворювачі (за датчики й датчики). Їх основні параметри, статистичні та динамічні характеристики. Параметричні та генераторні перетворювачі. Датчики положення – шляхові перемикачі електричного, пневматичного й гідравлічного типів, контактні та безконтактні. Вимірювачі прискорення, тиску. Перетворюючі пристрої та посилювачі гідравлічного, пневматичного та електричного типів. Виконуючі пристрої автоматичних систем. Їх основні характеристики.</p>
3	Лабораторна робота №1	2/6	<p><i>Вивчення конструкції та роботи певних пристроїв САК ТУ та встановлення їх характеристик.</i></p>
4	Лекція №3	2/8	<p>Використання ЕОМ для автоматичного керування технологічним устаткуванням. Мета й особливості використання ЕОМ для автоматичного керування технологічним устаткуванням машинобудівного виробництва. Їх основні види. ПЧПК (пристрої числового програмного керування) на основі мікро ЕОМ: «Електроніка60» модифікації 2P22, 2C42, 2C85. Функції, які вони виконують, їх структура, пульт оператора, дисплей, характеристика, область застосування. ПЧПК на основі мікропроцесорної універсально-обчислювальної системи модифікацій: «Електроніка НЦ-31», «Електроніка НЦ 80-31» («Електроніка МС 2101»). Функції, які вони виконують, їх структура, пульт оператора, характеристика, область застосування. Застосування ЕОМ для автоматичного групового керування технологічним устаткуванням в ГВС окремих видів САК. Автоматизовані системи керування виробництвом (АСКВ).</p>
5	Практичне заняття №1	2/10	<p><i>Вивчення будови основних видів СЦПК і СЧПК, які використовуються в технологічному устаткуванні(Ч1)</i></p>
6	Практичне заняття №1	2/12	<p><i>Вивчення будови основних видів СЦПК і СЧПК, які використовуються в технологічному устаткуванні(Ч2)</i></p>
7	Лабораторна робота №2	2/14	<p><i>Вивчення СПК певного виду автоматичного технологічного устаткування, його налагодження й обробка заданої деталі на устаткуванні.</i></p>

№ з/п	Форма заняття	Обсяг годин	Зміст заняття
Модуль 3 Механізація і автоматизація завантаження та розвантаження технологічного устаткування			
8	Лекція №4	2/16	Система живлення устаткування вихідним матеріалом і живлення сортовим матеріалом Призначення та класифікація систем живлення технологічного устаткування вихідним матеріалом. Використання сортового матеріалу як вихідного. Види живлення сортовим матеріалом. Механізми живлення для проволони в бунтах. Механізми живлення прутковим матеріалом без подаючих цанг і з ними. Застосування механізмів в устаткуванні. Їх робота. Механізми подачі штабельного й полосового матеріалів. Застосування й робота їх в устаткуванні.
9	Практичне заняття №2	2/18	Розробка схеми пристроїв для завантаження певного технологічного устаткування та розрахунок їхніх основних параметрів.(Ч1)
10	Практичне заняття №2	2/20	Розробка схеми пристроїв для завантаження певного технологічного устаткування та розрахунок їхніх основних параметрів.(Ч2)
11	Практичне заняття №2	2/22	Розробка схеми пристроїв для завантаження певного технологічного устаткування та розрахунок їхніх основних параметрів.(Ч3)
12	Лекція №5	2/24	Механізація і автоматизація закріплення заготовок Призначення пристроїв закріплення заготовок в технологічному устаткуванні. Технічні вимоги, що ставляться до них. Види пристроїв за ступенем спеціалізації, механізації і автоматизації: універсальні спеціальні, спеціалізовані, переналагоджувані, ручні, механізовані, автоматизовані. Особливості застосування даних видів пристроїв відповідно до типів виробництв і видів технологічного устаткування. Основні складові частини механізованих і автоматизованих пристроїв закріплення заготовок: затискачі та приводи. Види затискачів заготовок. Особливості їх конструкції, стандартизації, застосування, розрахунку. Види приводів пристроїв: механічні, електричні, пневматичні, гідравлічні, комбіновані. Особливості їх конструкції, стандартизації, застосування, розрахунку.
13	Практичне заняття №3	2/26	Маніпулятори, автооператори, промислові роботи. Принцип роботи. Особливості.
14	Лабораторна робота №3	2/28	Вивчення конструкції, роботи й налагодження певних пристроїв для завантаження технологічного устаткування та закріплення на ньому заготовок. Випробування пристроїв і встановлення їх основних технічних параметрів.
Модуль 4. Автоматизація контрольних операцій в машинобудуванні.			
15	Лекція №6	2/30	Методи і пристрої автоматичного контролю виробів. Основні поняття про кваліметрію – науку про якість. Мета і задачі механізації і автоматизації контрольних операцій з перевірки якості виробів, які виготовляються в машинобудуванні. Розподілення контрольно-вимірювальних приладів на прилади для перевірки деталей до їх обробки, під час обробки деталей і

№ з/п	Форма заняття	Обсяг годин	Зміст заняття
			<p>після їх обробки.</p> <p>Розподілення контрольно-вимірювальних приладів для перевірки деталей до їх обробки та після неї, як контрольно-сортувальних, на пасивні, на немеханізовані, механізовані, автоматизовані, автоматичні.</p> <p>Розподілення контрольно-вимірювальних приладів для перевірки деталей під час їх обробки на візуальні, візуальні з сигналізацією, механізовані, автоматизовані та автоматичні активного контролю: захисні, блокуючі, підналадчики.</p> <p>Автоматичні контрольно-вимірювальні прилади. Їх визначення. Складові частини приладів: завантажувально-транспортуючі, контрольно-вимірювальні, фіксуючі пристрої, сортувальний пристрій або пристрій, що подає команду для зміни технологічного режиму роботи устаткування за результатами перевірки деталей. Види завантажувальних і транспортуючих пристроїв, що застосовуються в контрольно-вимірювальних приладах.</p> <p>Розподілення контрольно-вимірювальних пристроїв на пристрої для контролю діаметральних, лінійних, кутових розмірів, геометричної форми деталей, шорсткості поверхонь деталей, їх твердості, пружних властивостей, для прямого та непрямого методів вимірювання.</p> <p>Контрольно-вимірювальні пристрої механічні, оптичні, електричні контактні, індуктивні, ємності: фотоелектричні, радіаційні, телемеханічні, пневматичні. Стандартизація контрольно-вимірювальних пристроїв.</p> <p>Автоматичні контрольно-вимірювальні пристрої для перевірки шорсткості поверхні деталі: пневматичні, рефлектометричні, електроємності.</p> <p>Автоматичні контрольно-вимірювальні пристрої для вимірювання зношення ріжучого інструменту в автоматичних металорізальних верстатах.</p> <p>Види фіксуючих і сортувальних пристроїв, що застосовуються. Застосування систем автоматичного контролю (САК) в технологічному устаткуванні з ЧПК та в ГВС певних видів ГАП</p>
16	Лекція №7	2/32	<p><i>Контрольно-сортувальні автомати для виробів.</i></p> <p>Призначення та область застосування контрольно-сортувальних автоматів для виробів в машинобудівному виробництві. Автомати для сортування кульок, конічних роликів за діаметром, роликів за довжиною, кілець шарико- та роликотішників за діаметром, гвинтів, мітчиків, гайок за різьбою, прямокутних деталей по висоті, кульок за шорсткістю поверхонь.</p> <p>Їх конструкція, робочий цикл і характеристика.</p> <p>Застосування електронних контрольно-сортувальних автоматів.</p> <p>Ефективність впровадження даних автоматів у виробництво.</p>
17	Лабораторна робота №4	2/34	<p><i>Вивчення конструкції контрольно-сортувального приладу, його налагодження та сортування за допомогою деталей за їх розмірами на групі. Автоматизація робочого циклу верстатів.</i></p>
Модуль 5. Механізація і автоматизація робіт на технологічному устаткуванні			
		2/36	<i>Механізація і автоматизація токарних робіт.</i>

№ з/п	Форма заняття	Обсяг годин	Зміст заняття
18	Лекція №8		<p>Основні об'єкти механізації і автоматизації верстатів токарної групи в залежності від їх виду та від типу виробництва, в якому вони експлуатуються. Застосування пристроїв, механізмів, приладів для подальшої механізації і автоматизації токарних, токарно-карусельних, токарно-револьверних верстатів, токарних одно- та багатошпindelних автоматів, напівавтоматів в залежності від виду їх СК.</p> <p>Особливості механізації і автоматизації налагодження та підналагодження верстатів токарної групи, автоматизації заміни інструментів в них. Пристрої та прилади, що застосовуються для їх виконання.</p> <p>Автоматизація робочого циклу верстатів. Циклограми її роботи при виготовленні на них виробів.</p>
19	Лекція №9	2/38	<p>Механізація і автоматизація фрезерних робіт.</p> <p>Основні об'єкти механізації і автоматизації верстатів фрезерної групи. Види технічних засобів, що використовуються для подальшої механізації і автоматизації верстатів в залежності від їх виду, СК, що мається на них, та типу виробництва, в якому вони експлуатуються.</p> <p>Особливості механізації і автоматизації налагодження та підналагодження верстатів, автоматизації заміни інструментів в них. Автоматизація робочого циклу верстатів. Циклограми їх роботи при виготовленні на них виробів.</p>
20	Лекція №10	2/40	<p>Механізація і автоматизація шліфувальних робіт</p> <p>Основні об'єкти механізації і автоматизації групи шліфувальних і доводочних верстатів в залежності від їх виду, СК, що мається на них, та типу виробництва, в якому вони експлуатуються. Види технічних засобів, що застосовуються для подальшої механізації і автоматизації даних верстатів. Особливості механізації і автоматизації налагодження та підналагодження верстатів; автоматизація вимірювань деталей під час їх обробки на верстатах; автоматизація правки шліфувальних кругів і компенсації їх зношення.</p> <p>Автоматизація робочого циклу верстатів. Циклограма їх роботи при виготовленні на них виробів.</p>
21	Практична робота №4	2/42	<p><i>Призначення, конструкція, робота, характеристика технічних засобів механізації і автоматизації технологічного устаткування. Розробка циклограми їх роботи.</i></p>
Модуль 6. Механізація і автоматизація слюсарних, складальних і ремонтних робіт			
22	Лекція №11	2/44	<p>Механізація слюсарних, слюсарно-складальних і слюсарно-ремонтних робіт</p> <p>Основні види слюсарних операцій, що виконуються в машинобудуванні при виготовленні виробів. Особливості виконання даних операцій різних типах виробництв і потреба в їх механізації. Види технічних засобів, що застосовуються для механізації різноманітних слюсарних операцій: довершені та механізовані інструменти, дрилі; машинки з електричним, електромагнітним, пневматичним приводами; спеціальні пристосування, пристрої, прилади, шаблони. Застосування верстатів для обробки деталей, які замінюють слюсарну їх</p>

№ з/п	Форма заняття	Обсяг годин	Зміст заняття
			<p>обробку.</p> <p>Сутність і склад складальних процесів, що здійснюються при виготовленні виробів. Основні методи складання виробів. Необхідність в механізації складальних процесів. Технічні засоби, що застосовуються для механізації різноманітних видів підготівельних і слюсарно-складальних операцій та всього складального процесу в залежності від типу виробництва виготовлення виробів.</p> <p>Поточні методи складання виробів. Їх види та особливості виконання. Технічні засоби механізації слюсарно-складальних операцій, що застосовуються при поточному складанні виробів. Приклади механізованих поточних ліній складання виробів.</p> <p>Економічна доцільність механізації слюсарних і слюсарно-складальних операцій.</p> <p>Основні види слюсарно-ремонтних і монтажних операцій, що виконуються при монтажі, технічному обслуговуванні, ремонті технологічного устаткування службою головного механіка (СГМ) машинобудівного підприємства та необхідність в їх механізації. Технічні засоби, що використовуються для механізації даних операцій.</p> <p>Економічна доцільність механізації слюсарно-ремонтних і монтажних операцій.</p>
23	<i>Практична робота №5</i>	2/46	<i>Автоматизація складальних робіт.</i>
Модуль 7. Механізація і автоматизація транспортних і складських робіт			
24	Лекція №12	2/48	<p><i>Пристрої механізації вантажопідйомних, транспортних і складських операцій</i></p> <p>Види вантажопідйомних і транспортних операцій, що виконуються у виробничому процесі виготовлення виробу на машинобудівному підприємстві. Розподілення їх на зовнішні, міжцехові та цехові операції. Застосування електрокарів різноманітних видів, монорейок і поворотних кранів з електричними та пневматичними підйомниками, балочних і мостових кранів, рольгангів, лотків-скатів і склизів, конвеєрів різноманітних видів для механізації вантажопідйомних і транспортних операцій в цехах у відповідності з типом виробництва в них. Особливості конструкції та експлуатації даних пристроїв, механізмів, їх характеристики. Основні види машин, устаткування, пристроїв, механізмів, що застосовуються для механізації міжцехових та зовнішніх вантажопідйомних і транспортних операцій.</p> <p>Види складських операцій, що виконуються на машинобудівних підприємствах. Застосування стелажів, тар, ящиків, штабелеукладчиків, штабелюючих мостових кранів, конвеєрів різноманітних видів для механізації даних операцій. Особливості їх конструкції та експлуатації. Характеристики пристроїв.</p> <p>Техніка безпеки при експлуатації устаткування, машин,</p>

№ з/п	Форма заняття	Обсяг годин	Зміст заняття
			пристроїв механізації вантажопідйомних, транспортних і складських операцій.
Разом за VIII семестр		48	

5. Теми семінарів – не передбачено

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення будови основних видів СЦПК і СЧПК, які використовуються в технологічному устаткуванні.	4
2	Розробка схеми пристроїв для завантаження певного технологічного устаткування та розрахунок їхніх основних параметрів.	6
3	Маніпулятори, автооператори, промислові роботи. Принцип роботи. Особливості.	2
4	Призначення, конструкція, робота, характеристика технічних засобів механізації і автоматизації технологічного устаткування. Розробка циклограми їх роботи.	2
5	Автоматизація складальних робіт.	2
Разом		16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення конструкції та роботи певних пристроїв САК ТУ та встановлення їх характеристик.	2
2	Вивчення СПК певного виду автоматичного технологічного устаткування, його налагодження й обробка заданої деталі на устаткуванні.	2
3	Вивчення конструкції, роботи й налагодження певних пристроїв для завантаження технологічного устаткування та закріплення на ньому заготовок. Випробування пристроїв і встановлення їх основних технічних параметрів.	2
4	Вивчення конструкції контрольно-сортувального приладу, його налагодження та сортування за допомогою деталей за їх розмірами на групі. Автоматизація робочого циклу верстатів.	2
Разом		8

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
VII семестр		
1	Виробничий процес в машинобудуванні.	2
2	Системи автоматичного керування технологічним устаткуванням.	2
3	Елементи та пристрої систем автоматичного керування.	2
4	Використання ЕОМ для автоматичного керування технологічним устаткуванням.	2
5	Система живлення устаткування вихідним матеріалом і живлення сортовим матеріалом.	2
6	Методи і пристрої автоматичного контролю виробів.	1
7	Контрольно-сортувальні автомати для виробів.	2
8	Механізація і автоматизація токарних робіт.	2
9	Механізація та автоматизація свердлильних та розточних робіт.	2
10	Механізація і автоматизація фрезерних робіт.	2
11	Механізація та автоматизація протяжних, різьбо- та зубооброблюючих робіт.	2
12	Механізація і автоматизація шліфувальних робіт.	1
13	Автоматизація складальних робіт.	2
14	Пристрої збирання та транспортування металевої стружки.	2
15	Автоматизація транспортних і складських робіт.	1
Разом за VIII семестр		27
Разом по дисципліні		27

9. Індивідуальні завдання – не передбачено

10. Методи контролю

Поточний	Усні опитування
	Виконання практичних завдань/тести
Підсумковий	VIII-й семестр – Диференційований залік

13. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій.
2. Роздатковий матеріал за темами.
3. Методичні вказівки до практичних занять.
4. Методичний посібник для самостійної роботи студентів.
5. Контрольні завдання комплексної контрольної роботи.
6. Завдання для поточного контролю знань студентів.

14. Рекомендована література

Базова

1. Белоусов А. П.; Дащенко А. И. Основы автоматизации производства в машиностроении: - М.: Высшая школа, 1982. – 351 с.
2. Головенков С. Н., Сироткин С. В. Основы автоматизации и автоматического регулирования станков с программным управлением:- М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
3. Шевляков И. М. Основы автоматизации в машиностроении и приборостроении /Пособие для выполнения лабораторных и парктических занятий/ - Киев: Вища школа, 1983. – 160 с.
4. Шурков В. Н. Основы автоматизации производства и промышленные роботы: - М.: Машиностроение, 1989. – 240 с.

Допоміжна

1. Белянин П. Н., Идзан М. Ф. Жогин А. С. Гибкие производственные системы: - М. Машиностроение, 1988. – 256 с.
2. Бобров В. П., Чеканов Л. И. Транспортные и загрузочные устройства и робототехника: - М.: Машиностроение, 1988. – 119 с.
3. Власов С. Н., Позднев Б. М., Черпаков Б. И. Транспортные и загрузочные устройства и робототехника: - М.: Машиностроение, 1988. - 144 с.
4. Гжиров Р. И., Серебеницкий П. П. Программирование обработки на станках с ЧПУ. Справочник: - Л.: Машиностроение, 1990. – 588 с.
5. Дерябин А. Л. Проектирование технологических процессов для станков с ЧПУ: - М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
6. Додонов Б. П., Лифанов В. А. Грузоподъемные и транспортные устройства: - М.: Машиностроение, 1984. – 136 с.
7. Камышный М. И. Автоматизация загрузки станков: - М.: Машиностроение, 1977. – 288 с.
8. Корсаков В. С. Автоматизация производственных процессов: - М.: Машиностроение, 1978.
9. Корсаков В. С. Основы конструирования приспособлений: - М.: Машиностроение, 1983. – 273 с.
10. Кузнецов Ю. Н. Станки с ЧПУ: - Киев: Вища школа, 1991. – 278 с.
11. Локтева С. Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы: - М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
12. Малов А. Н. Загрузочные устройства для металлорежущих станков: - М.: Машиностроение, 1972. – 398 с.

13. Малов А. Н. Механизация и автоматизация универсальных металлорежущих станков: - М.: Машиностроение, 1968. – 520 с.
14. Марголит Р. Б. Эксплуатация и наладка станков с программным управлением и ПР: - М.: Машиностроение, 1991. – 272 с.
15. Модульное оборудование для ГПС механической обработки. Под редакцией Сафрагана Р. З. – Киев: Техника, 1989. – 175 с.
16. Мосолов К. В., Бастов В. Ф. и др. Основы механизации и автоматизации производства: - Л.: Машиностроение, 1968.
17. Плоткин П. Д., Янушкевич О. К. Организация и планирование производства на машиностроительном предприятии: - Львов: Свит, 1996. – 352 с.
18. Программное управление станками. Под редакцией Сосонкина В. Л. - М.: Машиностроение, 1981. – 328 с.
19. Программное управление станками и промышленными роботами Косовский В. Л., Козырев Ю. Г. и др. М.: Высшая школа, 1989. – 272 с.
20. Пуховский Е. С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства: - Киев: Вища школа, 1989. – 240 с.
21. Рабинович А. Н. Автоматизация механо-сборочного производства: - Киев: Техника, 1964. – 386 с.
22. Рабинович А. Н. Автоматизация технологических процессов в машиностроении: - Киев: ДТВУ, 1959.
23. Рубцов А. А., Воронин Ю. В. Механизация и автоматизация производства: - М.: Машиностроение, 1987. – 192 с.
24. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении: - Киев: Вища школа, 1993. – 414 с.
25. Сборка изделий машиностроения. Справочник в 2^х томах под редакцией Корсакова В. С., Заметина В. К.: - М.: Машиностроение, 1983.
26. Сергиевский А. В., Русланов В. В. Пособие наладчика станков с ЧПУ: - М.: Машиностроение, 1991. – 176 с.
27. Спиридонов А. А., Федоров В. Б. Металлорежущие станки с программным управлением: - М.: Машиностроение, 1972.
28. Спину Г. А. Промышленные роботы. Конструирование и применение: - Киев: Вища школа, 1985. -176 с.
29. Станочные приспособления. Справочник в 2^х томах. Под редакцией Вардашкина Б. Н., Данилевского В. В.: -М.: Машиностроение, 1984. - 592 с.; 656 с.
30. Стискин Г. М., Гаевский В. Д. Токарные станки с оперативным управлением: - Киев: Техника, 1989. – 176 с.
31. Типовая система технического обслуживания и ремонта металло- и деревообрабатывающего оборудования, Минстанкопром СССР, ЭНИМС: - М.: Машиностроение 1988. – 672 с.

15. Інформаційні ресурс

Міністерство освіти і науки України
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «БЕРДЯНСЬКИЙ
МАШИНОБУДІВНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Національного університету «Запорізька політехніка»

Циклова комісія професійних дисциплін спеціальності 131

ПРАКТИЧНІ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
ОПП	Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування

2022р.

Муляр, Ю. І.

М90 Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина II : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2020. – 123 с.

Посібник присвячений матеріалам лекційного курсу з дисципліни «Автоматизація виробництва в машинобудуванні» для студентів, що навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» денної та заочної форм навчання.

Мета посібника – надати студентам можливість більш детально вивчити аудиторний матеріал, опрацювати теми відведені на самостійну роботу і підготуватися до іспиту, а також застосувати отримані знання для подальшої фахової роботи.

Перелік та зміст тем відповідає програмі вказаної вище дисципліни. **УДК**

621.0

© ВНТУ, 2020

ЗМІСТ

1 КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕЛИКОСЕРІЙНОГО І МАСОВОГО ВИРОБНИЦТВА.....	5 1.1
Особливості обробки в умовах великосерійного і масового виробництва. Визначення автоматичної лінії.....	5 1.2
Класифікація автоматичних ліній (АЛ).....	6 1.3
Основні вузли та механізми АЛ.....	8 1.3.1
Силові головки.....	8 1.3.2
Транспортні засоби АЛ.....	10 1.3.3
Механізми затискання та фіксації деталей.....	14 1.4
Допоміжні механізми АЛ.....	15
1.4.1 Агрегати накопичення та видавання деталей.....	15
1.4.2 Механізми зміни положення деталей.....	18
1.4.3 Пристрої для видалення стружки.....	19 1.5

Конструкції АЛ.....	21
1.5.1 АЛ з агрегатних верстатів.....	21
1.5.2 АЛ із спеціальних верстатів.....	21
1.5.3 АЛ із спеціалізованих верстатів.....	21
1.5.4 Роторні та роторно-конвеєрні АЛ.....	21 2
ЗАСОБИ ТА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ РОЗМІРІВ ТА ОСНОВНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ.....	27
2.1 Значення автоматичного контролю у сучасних виробничих процесах машинобудівної галузі промисловості.....	27 2.2
Основні відомості про автоматичний контроль.....	27 2.3
Вимірювальні прилади для здійснення активного контролю.....	29 2.4
Автоматичні підналадчики.....	33 2.5
Автоматичні блокувальні пристрої.....	35 3
КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ШИРОКОНОМЕНКЛАТУРНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	37
3.1 Передумови до створення ГАВ.....	37
3.2 Історія розвитку ГАВ.....	39
3.3 Соціально-технічні та соціально-економічні аспекти гнучкої автоматизації виробництва.....	42
3.4 Науково-технічні та технологічні можливості й задачі впровадження ГАВ.....	45 3.5
3.5 Методика створення ГАВ.....	47 3.6
3.6 Технічно-економічна та організаційна ефективність впровадження ГАВ.....	48 3.7
3.7 Надійність роботи автоматизованих комплексів.....	53 3.8
3.8 Економічна ефективність ГАВ.....	54 3.9
3.9 Технологічне обладнання. Багатоцільовий верстат з ЧПК.....	57 3.10
3.10 Промислові роботи та маніпулятори.....	67
3.11 Автоматизована транспортно-накопичувальна система.....	75
3.12 Роботизовані комплекси.....	86 4
МЕХАНІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ СКЛАДАЛЬНИХ РОБІТ.....	93
4.1 Загальні поняття та означення.....	93 4.2
4.2 Шляхи і засоби механізації та автоматизації технологічних процесів складання.....	93 4.3
4.3 Методи проектування автоматизованих технологічних процесів складання.....	96
4.4 Технологічність конструкції деталей вузлів машин при переході на автоматичне складання.....	97 4.5
4.5 Обладнання, яке застосовується при автоматизованому складанні.....	97
4.6 Автоматизація подачі деталей на складання.....	101

4.7 Автоматичне орієнтування деталей у завантажувальних пристосуваннях.....	102
5 МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА ТА КОНТРОЛЕРИ – НАЙЕФЕКТИВНІШИЙ ЗАСІБ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ.....	106
5.1 Загальні відомості про мікропроцесорну техніку та контролери..	106
5.2 Приклади застосування мікропроцесорної техніки у системах керування верстатів з ЧПК, промислових роботів та роботизованих технологічних комплексах.....	109
ВИСНОВОК.....	120
ЛІТЕРАТУРА.....	121

1 КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕЛИКОСЕРІЙНОГО І МАСОВОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1 Особливості обробки в умовах великосерійного і масового типу виробництва. Визначення автоматичної лінії

Відомо, що в умовах великосерійного і масового типів виробництва обробці підлягає вузька номенклатура деталей – мінімум найменувань, але кожне найменування – це виготовлення великої їх кількості. Це може бути або велика серія, для переходу обробки від однієї серії (одне найменування) до іншої потрібне певне переналагодження обладнання, або це може бути велика партія деталей одного найменування. Але, оскільки

технологічний процес обробки передбачає застосування декількох різних за технологічним призначенням одиниць обладнання, то потрібно організувати процес передавання об'єкта обробки між ними. Як правило, у звичайному виробництві (дрібносерійне, середньосерійне) можуть для цього використовувати різний транспорт – починаючи від ручних візків і закінчуючи застосуванням автоматизованого транспорту, наприклад, автороботарів. Застосування міжопераційного транспорту, вказаного вище, є однією з основних причин невисокої продуктивності процесу обробки. Крім того, на продуктивність впливають також втрати часу на встановлення – зняття об'єкта з кожного верстата, процеси затискання – розтискання об'єкта, контрольні заходи. Багато деталей складних конструкцій з причини великої кількості поверхонь, які необхідно обробляти, не можуть бути повністю виготовлені на одному верстаті. В цих випадках операції обробки розподіляють таким чином, щоб їх можна було виконати на мінімальній кількості верстатів. Якщо розміри деталей дозволяють вести обробку на багатоцільових верстатах, то будують поточну лінію з декількох багатоцільових верстатів, при обробці деталей великих розмірів – поточну лінію з однопозиційних верстатів. Якщо в такій поточній лінії здійснити автоматичне передавання деталей від верстата до верстата, а також автоматизувати затискання та розтискання деталей в робочих позиціях, то поточна лінія перетвориться в автоматичну.

Таким чином, **автоматична лінія (АЛ) – це система верстатів, розташованих за ходом технологічного процесу, для автоматичного перетворення заготовки у готову деталь шляхом виконання різних технологічних, контрольних, складальних та інших операцій з автоматичним пересуванням деталей від верстата до верстата та перезатисканням або перебазуванням їх безпосередньо в пристосуваннях або в спеціальних пристосуваннях-супутниках.** Перетворення потокової лінії у автоматичну пов'язане зі значними витратами і не завжди економічно виправдане. У випадку обробки

5

складних за конструкцією деталей, якщо для їх базування та затискання потрібно застосовувати пристосування-супутники, вартість автоматичного транспорту та супутників інколи становить до 40% вартості всієї лінії. Якщо випуск деталей не особливо великий, доцільніше обробляти їх на багатосторонніх верстатах поточної лінії, ніж будувати автоматичну лінію, де кожний верстат буде мати менше інструментів і, відповідно, буде потрібна більша кількість верстатів.

1.2 Класифікація автоматичних ліній

Застосування автоматичних ліній для виготовлення

найрізноманітніших деталей з виконанням різноманітних операцій механічної обробки, складання, контролю, пакування та інших операцій викликало необхідність у великій кількості конструктивних рішень автоматичних ліній. У експериментальному науково-дослідному інституті металорізальних верстатів (ЕНІМВ – організація бувшого СРСР) розроблена класифікація ліній за основними ознаками.

За принципом роботи лінії поділяються на два класи: **синхронні (жорсткі)** та **несинхронні (гнучкі)**. На синхронних АЛ заготовки під час обробки передаються безпосередньо від одного верстата до іншого без транспортування до магазинів-накопичувачів або бункера (рис. 1.1).

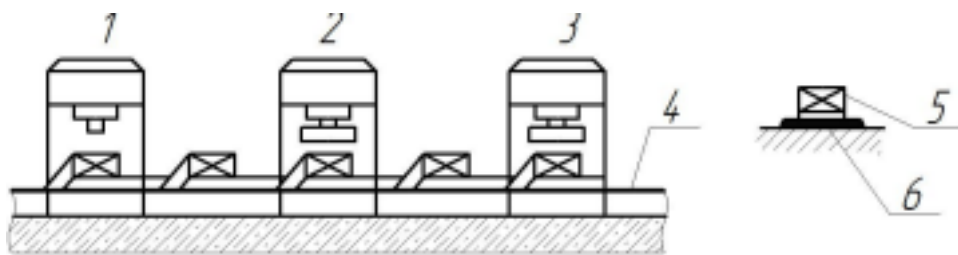


Рисунок 1.1 – Схема синхронної АЛ

Примітка. На рис. 1.1–1.3 позначено: 1, 2, 3 – верстати; 4 – транспортер; 5 – виріб; 6 – супутник; 7 – накопичувач; 8 – живильник. **Несинхронні АЛ** складаються з верстатів, кожний з яких оснащений бункером (або магазином-накопичувачем) для зберігання деталей та автоматичним завантажувально-розвантажувальним пристроєм.

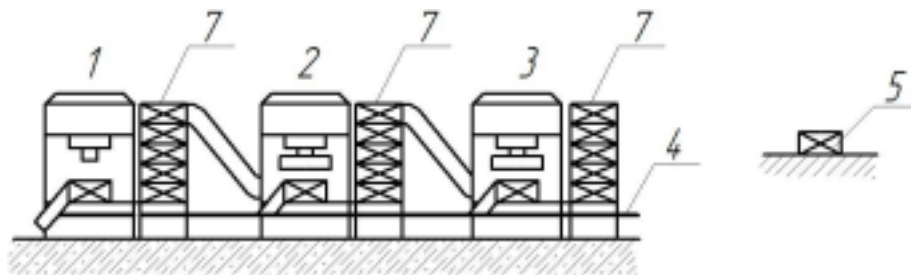


Рисунок 1.2 – Схема несинхронної АЛ

6

Синхронні та несинхронні лінії проектують як з пристосуваннями супутниками, так і без них (**супутникові та безсупутникові лінії**). Автоматичні лінії можуть складатися із одно- та багатопозиційних верстатів з **наскрізним та ненаскрізним транспортером**.



Рисунок 1.3 – Схема АЛ з наскрізним та ненаскрізним транспортером

Наскрізний транспортер найбільш простий і тому лінії з таким транспортером отримали значне поширення. Лінії з ненаскрізним (верхнім та фронтальним) транспортом проектуються у тому випадку, якщо конструкції верстатів не дозволяють здійснити наскрізне транспортування виробів. Недолік – їх складність та необхідність мати на кожній робочій позиції свій завантажувально-розвантажувальний пристрій.

Верстати об'єднані жорстким транспортом і утворюють прямоточну (нерозгалужену) лінію або окремі секції лінії з **розгалуженими потоками**.



Рисунок 1.4 – Схеми АЛ з розгалуженим та розгалуженим потоками

За характером транспортування виробів в процесі обробки або складання АЛ можна поділити на **стаціонарні та роторні**. На стаціонарних АЛ деталі в процесі обробки не змінюють свого положення відносно верстата і лише після закінчення обробки на черговій позиції транспортуються на наступну позицію. На роторних АЛ деталі переміщуються безперервно. Кожний роторний верстат обертається безперервно навколо своєї осі з певною швидкістю. Частина часу, яка витрачається на обробку деталей, суміщується з транспортуванням, інший час витрачається на підведення та відведення інструмента та передавання деталей від одного верстата-ротора до іншого.

За технологічним призначенням розрізняють АЛ для **виконання одного виду операцій (різання, складання і т. ін.) та комбіновані для виконання декількох видів операцій (механо-складання)**.

За типом обладнання, яке застосовується, АЛ поділяють на лінії з універсальних, агрегатних, спеціалізованих та спеціальних верстатів.

1.3 Основні вузли та механізми АЛ

1.3.1 Силкові головки

Силкові головки є основними вузлами автоматичних ліній та агрегатних верстатів.

За технологічним призначенням головки можна поділити на свердлильні, фрезерувальні, розточувальні, різьбонарізні, токарні, шліфувальні, хонінгувальні, протягувальні, складальні та інші (головки різного спеціального призначення). **Залежно від потужності двигуна**

силові головки поділяють на мікро-, малі, середні та великі (потужність від 0,05 кВт до 30 кВт). **За типом привода головного руху** силові головки можна поділити на головки з електричним, пневматичним та гідравлічним двигунами.

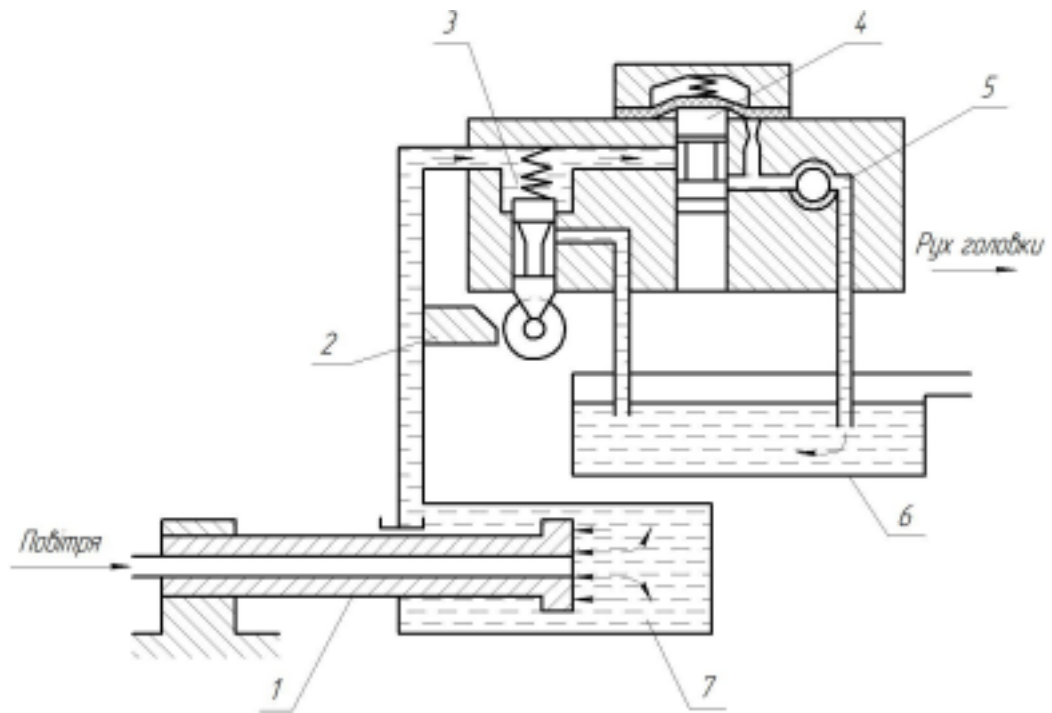
За типом привода на верстаті головки мають три конструктивних види: з висувною піноллю, з рухомим корпусом, з рухомим корпусом та висувною піноллю. Інколи на автоматичних лініях встановлюють інструментальні бабки (нерухомі головки), шпинделі яких отримують тільки обертний рух. Інструментальні бабки застосовують переважно при компонуванні розточувальних та фрезерувальних верстатів, на яких потрібна підвищена жорсткість. В цьому випадку рух подачі здійснюється деталлю. Головки з рухомим корпусом та головки з висувною піноллю використовують для виконання розточувальних, фрезерувальних та інших операцій. За типом привода подач головки поділяють на механічні (кулачкові та гвинтові), пневматичні, пневмогідравлічні і гідравлічні. Останнім часом з'явилися головки з пневмогідромеханічними та іншими комбінованими механізмами подачі. Найбільшу кількість головок мають гідравлічні та гвинтові приводи. Вони застосовуються як для малих, так і для великих потужностей.

Залежно від місця встановлення привода подач силові головки можна поділити на головки з індивідуальним приводом, розташованим всередині самої головки – **самодійні** та з приводом поза головкою – **несамодійні**.

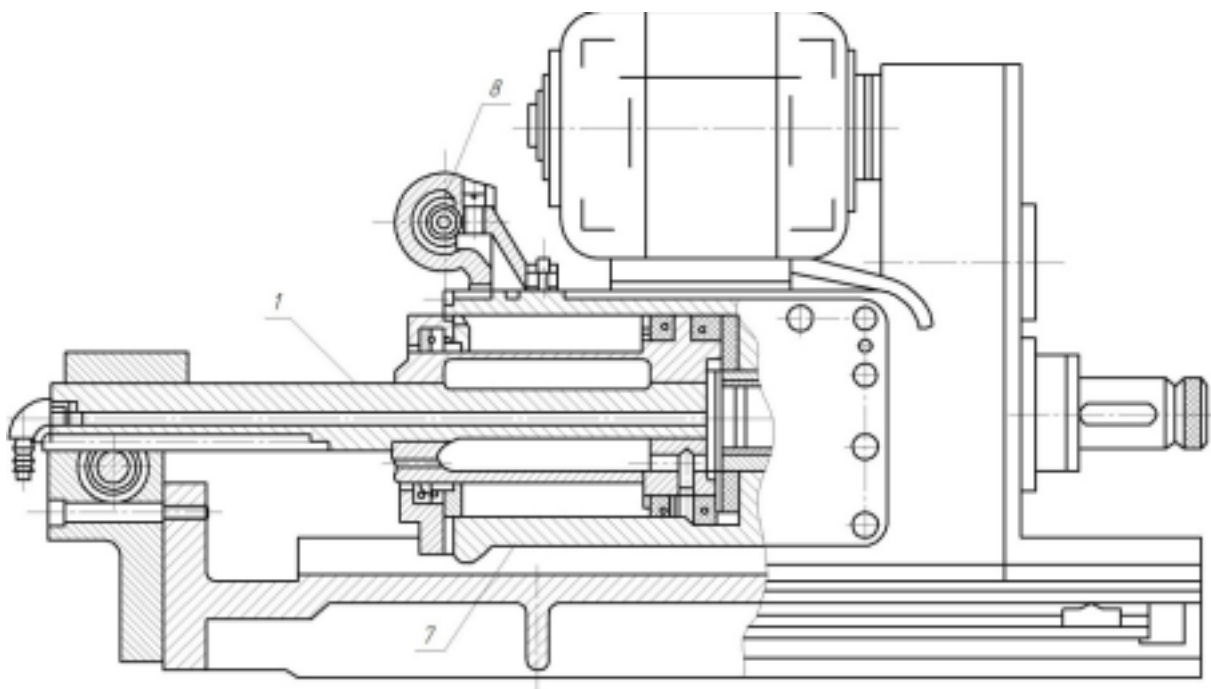
На рис. 1.5 показані принципова схема пневмогідравлічної головки з рухомим корпусом (а) та її будова (б).

Стиснуте повітря через отвір у штоці поршня 1 подається до циліндра 7. Оскільки поршень нерухомий, циліндр разом з головкою переміщується по напрямних. При цьому масло із штокової порожнини циліндра вільно зливається у бак. При вивільненні плунжера 3 кулачок 2 перекидає зливання масла у бак. З цього моменту масло проходить через редукційний клапан 4 та дросель 5, при цьому головка переміщується зі швидкістю робочої подачі. Повертання головки відбувається при подачі стиснутого повітря до масляного бака 6, що здійснюється шляхом перемикання електропневматичного розподільчого клапана. Пройшовши через

форкамеру 8, повітря витісняє масло із бака у штокову порожнину циліндра, повертаючи головку у вихідне положення.



а)



б)

Рисунок 1.5 – Пневмогідралічна головка

9

Окрім силових головок у машинобудуванні широко застосовують силові столи з гвинтовими механізмами. Силові столи, як і силові головки, є нормалізованими взаємозамінними вузлами. Перевага їх в тому, що на силовий стіл можуть бути встановлені будь-які інструменти або бабки з

інструментами, що підвищує гнучкість та технологічні можливості агрегатних верстатів, із яких компонують лінії. Так, на силовому столі можуть бути встановлені протяжки, пристрої для запресування деталей, складальні та контрольні пристрої. Силкові столи спрощують виконання фрезерування та розточування із застосуванням жорстких шпинделів.

1.3.2 Транспортні засоби АЛ

Транспортні засоби являють собою комплекс елементів, які передають об'єкти з однієї операції на іншу. Конструкція, принцип дії обладнання визначається габаритами, розмірами об'єктів, які переміщуються. До транспортних засобів відносяться накопичувачі, транспортери, підіймачі, допоміжне обладнання. Тобто в процесі транспортування може виконуватися і ряд допоміжних операцій (поворот, розподілення потоку, створення запасів для забезпечення надійної роботи). Від правильного вибору типів транспортних засобів залежить продуктивність і надійність лінії.

Транспортне обладнання поділяється на 2 основні класи:

- транспортні засоби з жорстким зв'язком;
- транспортні засоби з гнучким зв'язком.

Окрему частину транспортних засобів становлять транспортні засоби для виділення стружки.

1.3.2.1 Транспортні засоби автоматичних ліній з жорстким зв'язком

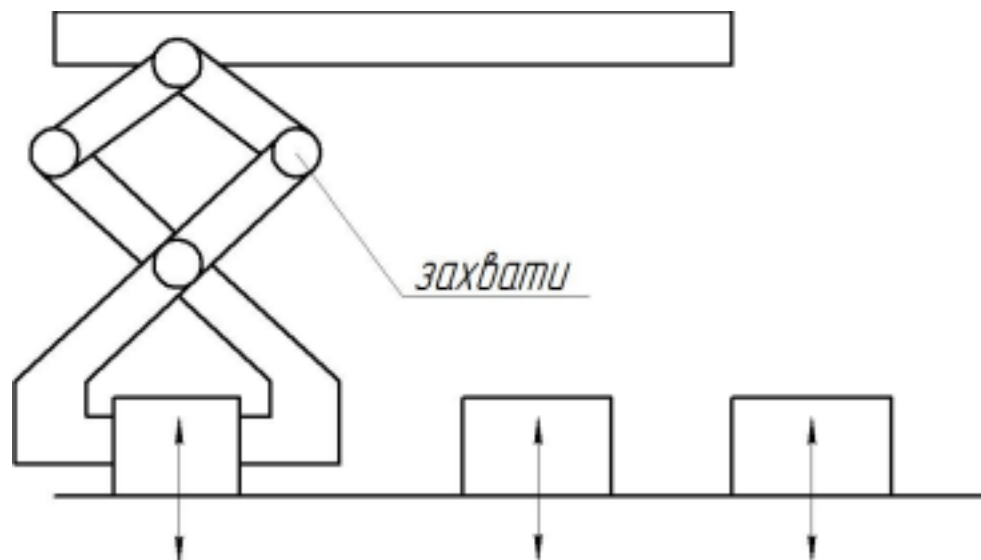


Рисунок 1.6 – Рейнерний кроковий конвеєр

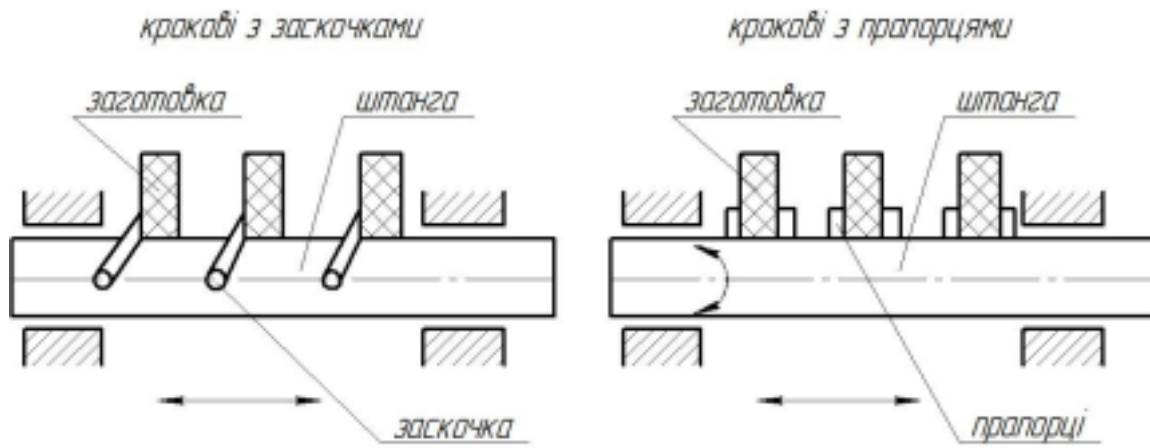


Рисунок 1.7 – Конвеєри крокові з заскочками та з прапорцями

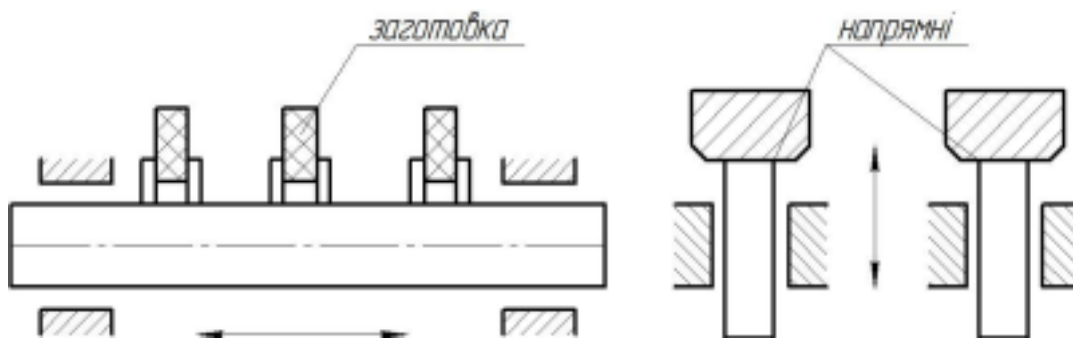


Рисунок 1.8 – Грейферні крокові конвеєри

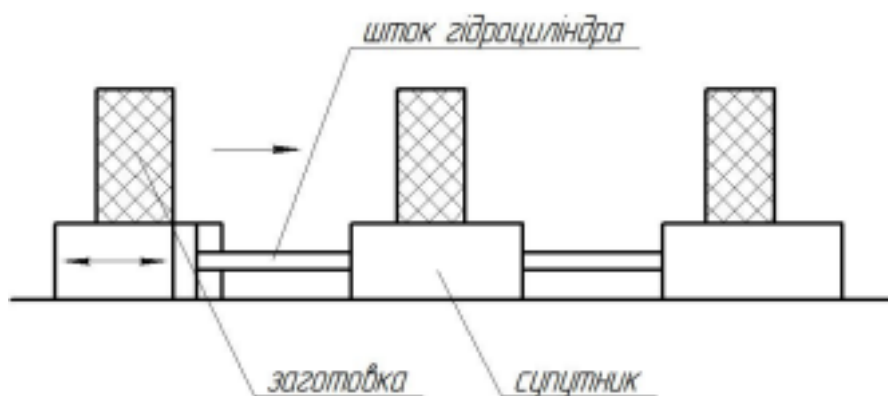


Рисунок 1.9 – Штовхаючий кроковий конвеєр

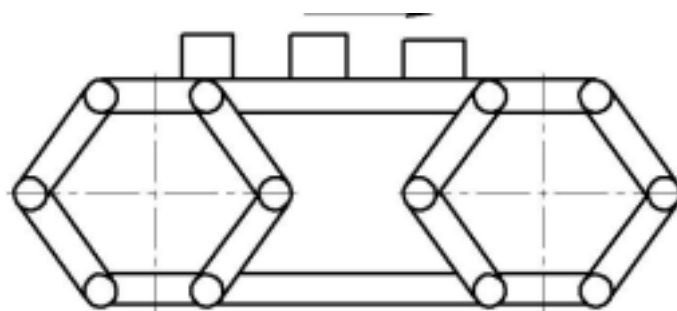


Рисунок 1.10 – Ланцюговий конвеєр

встановлені підпружинені заскочки. Під час руху вправо заскочки захоплюють заготовку і рухають на наступну позицію. При зворотному русі заскочки втоплюються в пази штанги і проходять під заготовкою.

Переваги:

- простота руху (зворотно-поступальний);
- простота привода.

Недоліки:

- складність точного позиціонування заготовки на робочій позиції з огляду на можливість її зміщення через інерцію;
- можливість потрапляння стружки в гнізда, пружини, заскочки і їх заклинювання (періодичне технічне обслуговування, обмежений доступ стружки).

Щодо першого недоліку, то потрібно зменшити масу або швидкість. Зменшення швидкості краще, тому що масу змінити неможливо. Швидкість не має не перевищувати 10 м/хв.

В деяких випадках 10 м/хв, а в кінці руху можна зменшити швидкість. При цьому виграємо в часі, а програємо в продуктивності. *Крокові – з прапорцями* (див. рис. 1.7). Перед рухом вперед штанга повертається на певний кут і прапорці захоплюють заготовку. Після цього здійснюється рух вправо на потрібний крок. Далі повертають штангу, прапорці виходять зі зчеплення і повертаються в початкове положення. Оскільки прапорці з двох боків, то маємо більшу швидкість і точніше позиціонування.

Грейферні крокові (див. рис. 1.8) використовуються не часто, а в тих випадках, коли необхідно заготовки піднімати. Коли базувальна площа і два пальці нерухомі. Перш ніж рухати заготовку її потрібно зняти з пальців. Але простіше зробити рухомими пальці.

Рейнерні крокові транспортери (див. рис. 1.6) – це ускладнений тип грейферних. Здійснюється захоплення заготовки захватами, що знаходяться на штанзі, яка розташована над верстатом. Значно поширена така система для ліній обробки валів. Вони спрощують конструювання ліній, але і мають низьку надійність роботи.

Штовхальні транспортери (див. рис. 1.9) найбільш прості. Шток гідроциліндра діє на останню заготовку, рухаючи всі попередні. **Недолік:** накопичення похибки установа заготовки внаслідок накопичення або похибки розмірів заготовки, або розмірів супутників. *Ланцюгові* (див. рис. 1.10) використовують як транспортування і для безперервного, і для крокового рухів. Ланцюг отримує зворотно поступальний рух на крок. Заготовки, які вільно лежать на ланцюзі, рухаються на потрібну відстань. Вони встановлюються на пристроях, а ланцюг рухається в зворотному напрямку.

Транспортні системи складаються з транспортерів з прямолінійним рухом супортів, зворотним рухом супортів і двох сполучних транспортерів, які розміщені на початку і в кінці лінії.

Транспортери призначені повертати супутник на завантажувальні позиції. Для одержання комплексної лінії такий транспортер розміщують або над основним транспортером або під ним (рис. 1.11). Супутник за допомогою піднімачів опускається чи піднімається на транспортер. Нижнє розташування транспортера ускладнює його ремонт і обслуговування та усунення стружки з лінії.

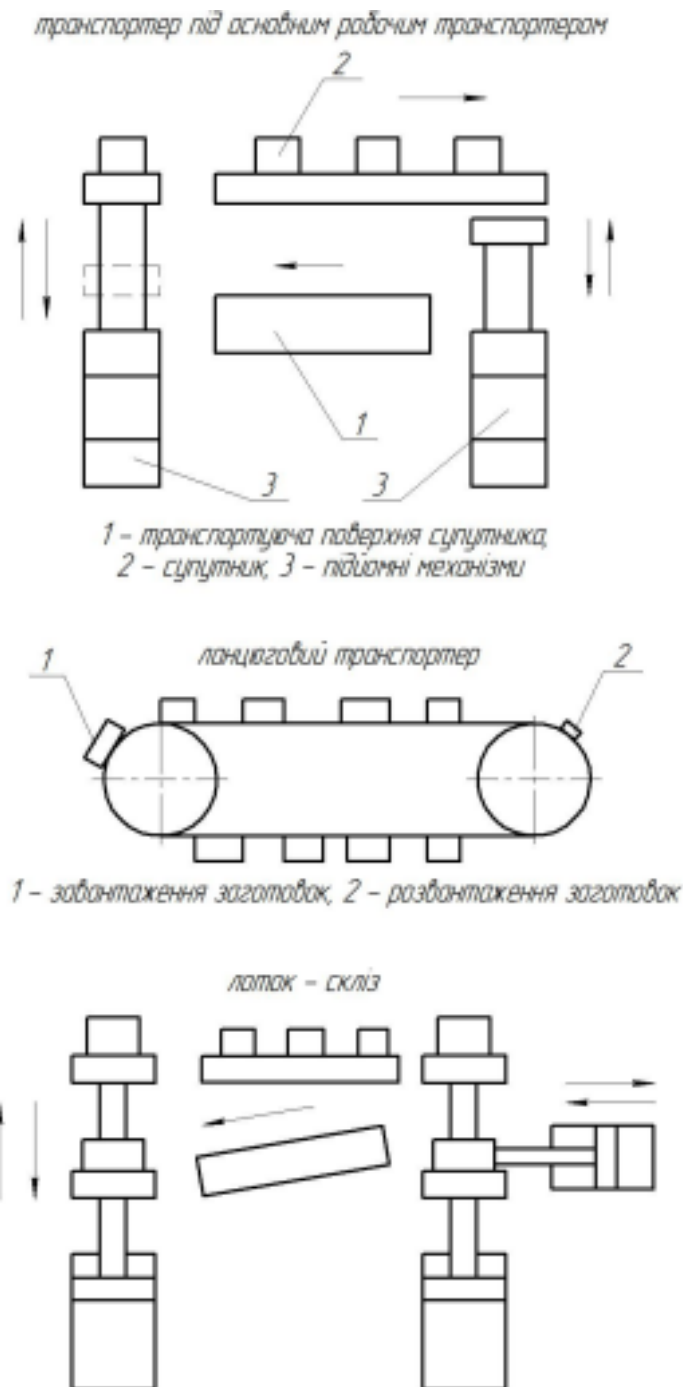


Рисунок 1.11 – Транспортери розташовані на різних площинах з робочим транспортером

З огляду на це найбільш поширені транспортні системи, в яких транспортери мають розміщуватись в одній площині з основним транспортером (рис. 1.12). При цьому поліпшуються умови ремонту і обслуговування, але збільшується площа лінії.

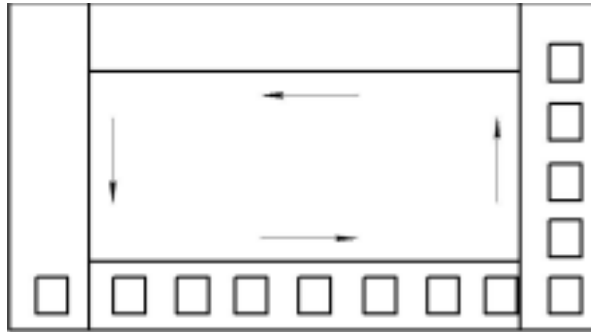


Рисунок 1.12 – Транспортер в одній площині з робочим транспортером

Недоліки цих систем: погано обслуговуються і ремонтуються.

1.3.2.2 Транспортні засоби автоматичних ліній з гнучким зв'язком

Окрім транспортерів використовують ще такі транспортні пристрої: підіймачі, розподільники, пристрої прийому та подачі заготовок, відповідні транспортні лотки і т. ін.

Підіймачі використовуються для транспортування заготовок на задану висоту, з якої вони під дією ваги скочуються до робочої позиції (рис. 1.13).

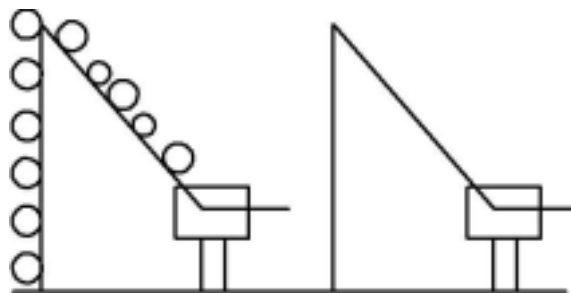


Рисунок 1.13 – Підіймачі для транспортування заготовок на задану висоту

Транспортні розподільники – механізми, які можуть розподіляти потік заготовок на декілька потоків (2–3 гілки). Лоток може роздвоюватись і розтворюватись.

Пристрої підйому та видачі заготовок: відсікачі, лотки.

1.3.3 Механізми затискання та фіксації деталей

Окрім силових вузлів та транспортних засобів досить важливими механізмами автоматичних ліній є пристосування для затискання та фіксації деталей. Вибір правильного методу базування деталей та затискання їх з потрібним зусиллям затиску забезпечують точність

обробки та надійність роботи лінії. Застосування швидкодійних затискних

14

та фіксувальних механізмів дозволяє скоротити допоміжний час та підвищити продуктивність лінії.

Залежно від конструкції деталі, яка обробляється, та способу компонування лінії пристосування поділяють на дві групи: нерухомі (стаціонарні) та рухомі разом з деталлю, тобто пристосування – супутники. У стаціонарних пристосуваннях затискають як деталі, які є нерухомими в процесі їх обробки, так і деталі, які отримують при обробці поступальний або обертальний рух. Стаціонарні пристосування використовують на одному з верстатів лінії і зазвичай для нього проектують. Ці пристосування на двох сусідніх верстатах лінії можуть мати конструктивні відмінності. Пристосування-супутники використовують на всіх позиціях автоматичної лінії або ділянки лінії, конструкції їх строго однакові.

Для корпусних деталей як базові поверхні вважають площину та два отвори. Деталі затискають зверху, в деяких випадках підтискають знизу. Верхнє розташування затискного пристрою дещо спрощує конструкцію пристосування, його обслуговування. Однак підтискання деталі до планок, по яких вона ковзає під час переміщення від позиції до позиції і які зношуються внаслідок цього, приводить з часом до поступового опускання деталі та порушення точності обробки. Крім того, потрапляння стружки на напрямні може призвести до деформації за недостатньої її жорсткості. Цих недоліків не має схема базування деталі, при якій затискання її здійснюється з підтисканням до верхньої площини. Тут поверхні, до яких підтискаються деталі або супутник, завжди залишаються чистими, зношення їх практично відсутнє, а навантаження від затискних зусиль не деформують деталь.

У стаціонарних пристосуваннях як фіксація, так і затискання у більшості випадків здійснюється від гідравлічних або пневматичних механізмів, що забезпечує постійність сили затискання незалежно від коливання припусків на обробку. При цьому на кожному верстаті на початку кожного циклу здійснюється фіксація та затискання наступної деталі. У пристосуваннях-супутниках деталі затискають один раз, зазвичай це виконують за допомогою механічних систем, зусилля затискання створюють електромеханічним ключем.

1.4 Допоміжні механізми АЛ

1.4.1 Агрегати накопичення та видавання деталей

Порівнюючи процес механічної обробки деталей на звичайних поточних лініях і на автоматичних лініях з жорстким транспортним зв'язком, потрібно відмітити суттєвий недолік останніх – при вимушеній зупинці одного верстата простоює уся лінія. Для зменшення витрат

робочого часу, пов'язаного з налагодженням окремих верстатів автоматичної лінії, її розділяють на окремі ділянки, кожна з яких при зупинці інших може працювати самостійно.

15

Щоб кожна ділянка лінії могла працювати незалежно від інших, перед початком кожної з ділянок створюють **міжопераційні запаси деталей**. Таким чином, при зупинці будь-якої ділянки лінії всі інші будуть працювати, отримуючи деталі з міжопераційних запасів. Для прийому, зберігання та видавання деталей з міжопераційних запасів на лініях застосовують спеціальні автоматичні накопичувачі магазинного, штабельного та бункерного типів. Ці накопичувачі порівняно із звичайними автоматичними завантажувальними пристосуваннями мають значно більші розміри для накопичування потрібного міжопераційного запасу деталей, які обробляються на автоматичних лініях. При створенні міжопераційних запасів з крупних деталей (блоки моторів) замість автоматичних накопичувачів застосовують майданчики-склади, які обслуговують робітники-оператори.

За призначенням автоматичні пристрої для приймання, зберігання та видавання деталей, які встановлюються між ділянками автоматичних ліній, поділяють на **автоматичні бункери та автоматичні магазини**.

В автоматичних бункерах деталі знаходяться у хаотичному стані (навалом), але видаються на автоматичну лінію у орієнтованому положенні.

В автоматичних магазинах деталі надходять, зберігаються та видаються на лінію у орієнтованому положенні.

За видом роботи бункерні та магазинні автоматичні пристрої, які встановлені між ділянками автоматичної лінії, поділяють на **транзитні та складські**.

В транзитних накопичувачах для видавання з накопичувача однієї деталі необхідно переміщувати весь запас деталей, які знаходяться в ньому.

В складських автоматичних пристроях за безперебійної роботи двох суміжних ділянок лінії потік деталей надходить з попередньої на наступну, минаючи накопичувач. Накопичувач починає працювати тільки у випадку зупинки попередньої ділянки лінії.

Автоматичні бункерні та магазинні пристрої для зберігання запасу деталей **складаються** з ємності для зберігання деталей, механізмів приймання та видавання деталей у орієнтованому положенні, транспортних пристроїв, приводів та з'єднувальних деталей.

Розглянемо **транзитний накопичувач** (рис. 1.14), через який деталі, що обробляються на агрегатах автоматичної лінії, проходять при нормальній роботі лінії та зупинці однієї з ділянок лінії. Транзитний

накопичувач 1 є транспортером, який безперервно рухається та переміщує деталі до того моменту, коли вони підійдуть до відсікача або до раніше пересунутих деталей.

16

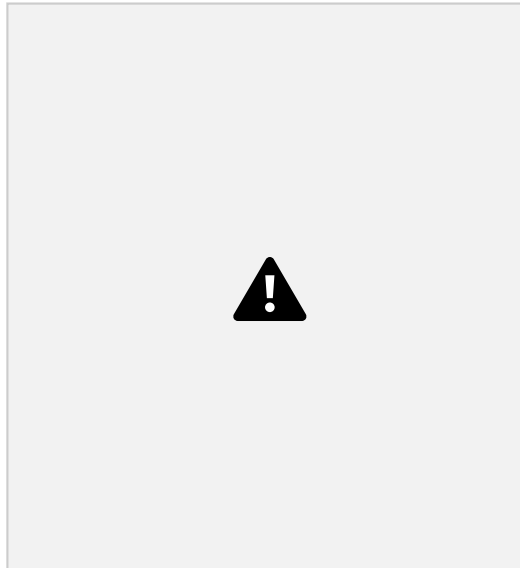
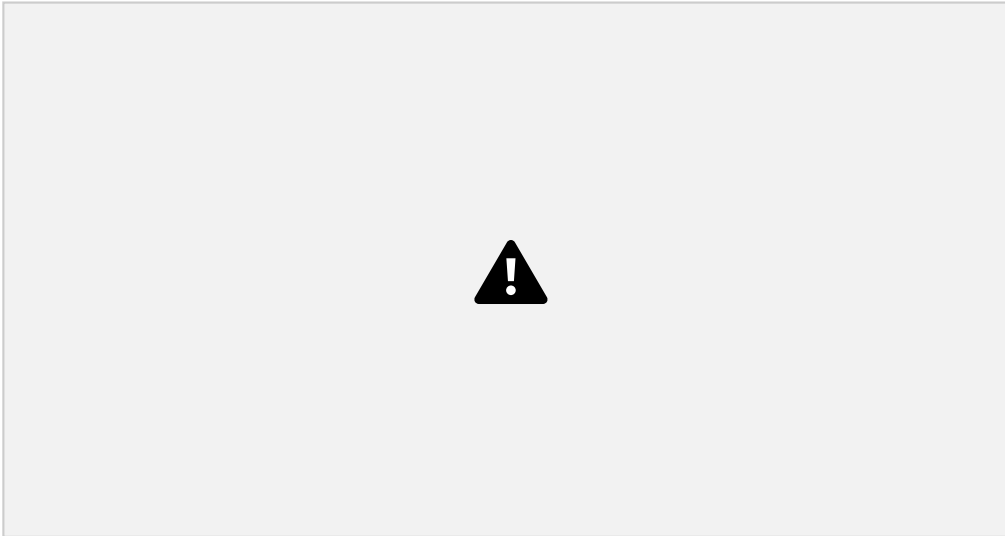


Рисунок 1.14 – Схема транзитного накопичувача для зберігання штучних деталей

Другий варіант накопичувача (рис. 1.15) – кроковий транспортер 5, який є накопичувачем для зберігання міжопераційного запасу. Транспортер-накопичувач 5, як показано стрілками, може працювати в двох напрямках. При зупинці другої ділянки лінії деталі, які оброблялися на першій ділянці, транспортером 2 пересуваються на позицію 3, з якої вони надходять на транспортер-накопичувач 5. При зупинці першої ділянки лінії деталі з транспортера-накопичувача 5 подаються на позицію 3, а звідти транспортером 4 – для обробки на другу ділянку лінії. При нормальній роботі першої та другої ділянок лінії оброблювані деталі транспортером 2 першої ділянки передаються на транспортер 4 другої ділянки без заходу до накопичувача 5. Накопичувач 5 називається **тупиковим накопичувачем**.



Рисунок

1.15 – Схема тупикового накопичувача для зберігання штучних деталей

17

Переваги тупикового накопичувача в порівнянні з транзитним: - можливість накопичення більшого міжопераційного запасу; - зменшення простоювань лінії з причини відмов в роботі самого накопичувача, тому що він включається у роботу тільки у випадку зупинки однієї з двох ділянок лінії.

Недоліки: можливість тривалого знаходження деталей в накопичувачі. Тупикові та транзитні накопичувачі застосовують на багатьох автоматичних лініях з метою зменшення втрат при простой однієї з ділянок лінії. Здебільшого накопичувачі застосовують на автоматичних лініях, де деталі, які підлягають обробці, встановлюються не в пристосуваннях супутників, а у стаціонарних пристосуваннях на верстатах лінії. Автоматичні лінії, на яких деталі встановлюються у пристосуваннях супутників, теж можуть мати накопичувачі для зберігання запасів. Вид накопичувача вибирають залежно від габаритних розмірів, форми деталей та кількості деталей, які одночасно мають знаходитися у накопичувачі для створення міжопераційного запасу. Міжопераційні запаси, які знаходяться у накопичувальних пристроях, по-різному впливають на зниження вимушених простоїв окремих ділянок лінії, причому ступінь цього впливу залежить від місця встановлення накопичувачів на лінії. Для кожної конкретної лінії є такий варіант розподілу її на окремі ділянки, при якому можна найкращим чином розмістити між ними накопичувальні пристрої для зберігання міжопераційних запасів деталей. Основними критеріями оцінення доцільного поділу лінії на окремі ділянки є однакові кількісні показники їх роботи, кількість відмов в роботі різних пристроїв лінії та тривалість налагодження агрегатів окремих ділянок лінії. Практично лінію поділяють на окремі ділянки залежно від прийнятого для неї варіанта технологічного процесу обробки деталей. Зазвичай лінії поділяють на ділянки в тих місцях, де потрібно змінювати положення деталі перед

наступною обробкою або де закінчуються технологічні операції одного і починаються операції другого виду.

1.4.2 Механізми зміни положення деталей

В автоматичних лініях із складними структурними схемами, а також у прямоточних лініях, призначених для обробки деталей з різних боків, широко застосовують різні механізми для зміни положення деталей. До них відносяться кантувачі, призначені для повороту транспортованих деталей навколо горизонтальної осі, та різні пристрої для повороту деталей навколо вертикальної осі. Ряд таких механізмів нормалізований та виготовляють їх як самодійні вузли для вбудовування в автоматичні лінії.

18

1.4.3 Пристрої для відведення стружки

Видалення стружки є одним з найважливіших питань при проектуванні автоматичних ліній. Треба прагнути до зменшення стружки за рахунок раціонального вибору вихідних заготовок, якомога більше дробити стружку. Комплекс питань видалення стружки:

- відведення стружки з зони обробки;
- усунення її з базових поверхонь і затискних елементів;
- транспортування стружки по цеху;
- очищення ЗОР від дрібної стружки та шлаку.

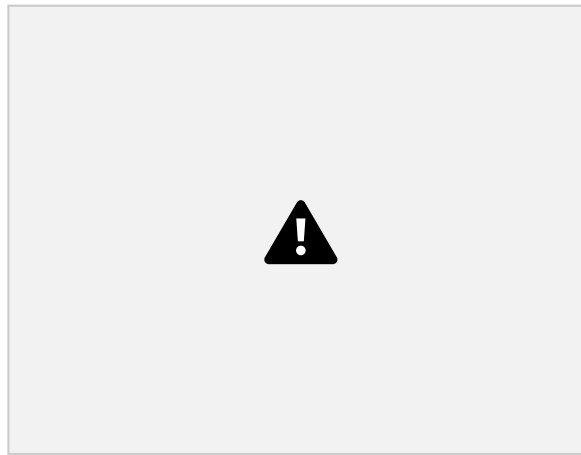
Відведення стружки з робочої зони здійснюється простими

методами: - механічним способом за допомогою щіток, скребачок;

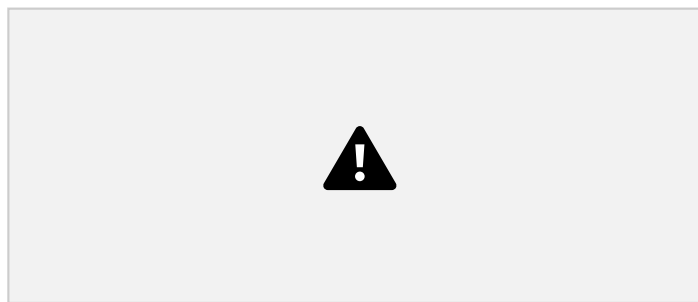
- гравітаційним способом. Стружка падає під дією ваги під верстат або біля нього в спеціальну тару;

- змиванням стружки напором емульсії;
- видалення змиванням або водометом;
- видалення за допомогою електромагніту.

Для видалення стружки від верстата можна використовувати різні транспортні засоби. Найпоширенішими є транспортери, які вбудовуються в верстат. Приклади конвеєрів наведені на рисунку 1.16.



а)

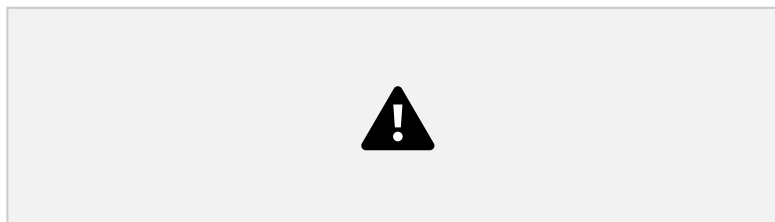


б)

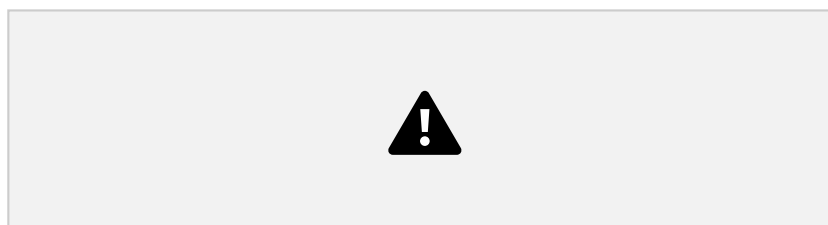
а) – стрічковий; б) – скребачковий;

Рисунок 1.16 – Конвеєри видалення стружки

19



в)



г)



д)

в) – йоршиковий; г) – вібраційний; д) – шнековий

Рисунок 1.16, аркуш 2

Стрічкові конвеєри мають високу продуктивність і можуть транспортувати на відстань. Прості за конструкцією, економічні в роботі. Недолік: швидке спрацювання стрічки; частини стружки виносяться холостою гілкою під раму.

Переваги **скребачкових конвеєрів**: можливість транспортування стружки під кутом і довговічність скребачок.

Недоліки: невелика продуктивність, великі витрати енергії, невеликі відстані переміщень.

Йоршикові транспортери найбільш ефективні при транспортуванні крученої стружки. Привод руху – зворотно-поступальний – це гідравлічна система.

Вібраційні транспортери ефективні як при транспортуванні дрібної стружки, так і при транспортуванні крученої.

Шнекові – надійно, ефективно працюють з будь-яким видом стружки. Продуктивність транспортерів для крученої стружки – 1–9 м³/год. Крім механічних транспортерів використовують пневматичні чи гідравлічні транспортери стружки, які можуть бути нагнітальними або всмоктувальними. Нагнітається тиск 0,2–0,4 МПа, при всмоктуванні створюється розрідження 0,5 МПа і стружка всмоктується. Гідравлічні системи – це емульсія, куди стружка потрапляє і транспортується до кінцевої точки. Далі стружка і емульсія розходяться.

20

1.5 Конструкції АЛ

1.5.1 Автоматичні лінії з агрегатних верстатів

Автоматичні лінії з агрегатних верстатів найбільш поширені і добре впроваджуються в експлуатацію. Агрегатні верстати – це верстати, що складаються з нормалізованих агрегатів нормалізованих деталей і обмеженого числа спеціалізованих деталей. Часто такі верстати використовуються як напівавтомати, які замінені декількома верстатами в масовому і великосерійному виробництві при обробці корпусних деталей.

1.5.2 Автоматичні лінії із спеціальних верстатів

Автоматичні лінії зі спеціальних верстатів використовуються в масовому виробництві при виготовленні деталей, конструкція яких стабільна протягом тривалого часу. Цим вимогам відповідає підшипникова промисловість. Зміна номенклатури – металообробка.

1.5.3 Автоматичні лінії із спеціалізованих верстатів

Спеціальні верстати мають ряд недоліків, найсуттєвіший з них той, що зміна об'єкта виробництва призводить до зміни верстатів, тому в цьому випадку використовуються спеціалізовані верстати. Це верстати, призначені для обробки певних груп деталей; вони займають проміжне місце між спеціальними верстатами і універсальними. Ці верстати потребують більш високих технологічних можливостей, оскільки допускається переналагодження на деталі іншого типорозміру. Використовуються в великосерійному і масовому виробництві. Це здебільшого, переважно верстати для обробки тіл обертання, зубошліцевої обробки. Верстати можуть використовуватися при обробці декількох однотипних деталей.

Переналагодження верстатів на виготовлення інших деталей – це заміна інструменту, зміна їхнього положення, режиму обробки, переналагоджування верстатних пристроїв. Якщо лінії такого типу використовувати в масовому виробництві, то їх налагоджують на обробку однієї деталі без переналагодження.

1.5.4 Роторні та роторно-конв'єрні АЛ

Ефективним засобом автоматизації промислового виробництва є автоматичні роторні лінії (АРЛ), в яких обробка виробів здійснюється у процесі їх безперервного руху.

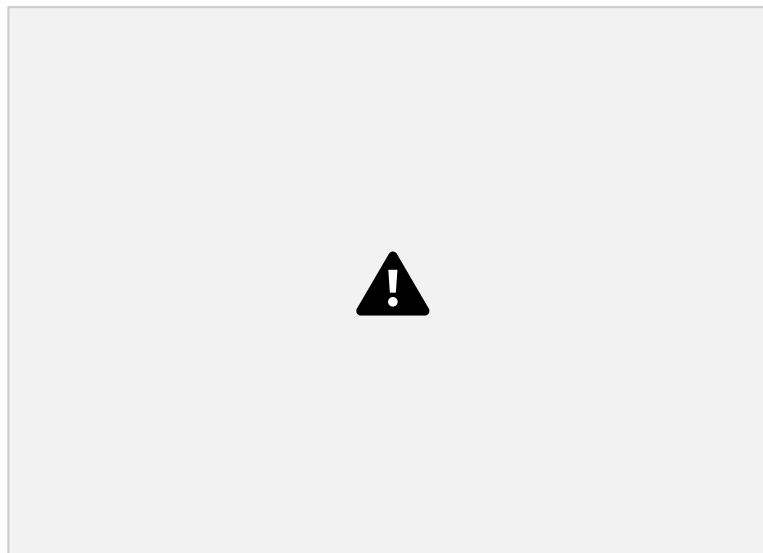
Найпростіша АРЛ (рис. 1.17), як правило, складається з робочого 10 та транспортних 9, 11 роторів, які встановлені на осях і мають спільний привод 19. Робочий ротор виконаний у вигляді трьох барабанів 13, 14, 17, у гніздах яких рівномірно по колу розташовані інструментальні блоки (ІБ) 6, які складаються також, і собі із пристосувань, що базують заготовки, інструмента 2, 7 та виконавчих органів 1, 8. Останні кінематично зв'язані

відповідно копірами 12, 18. Вони є приводами інструментальних блоків. При ввімкненому приводі 19 через систему зубчастих передач передається обертання на робочий та транспортні ротори. В момент руху завантажувального пристрою 4 захоплювачем 5 транспортного ротора 9 заготовка 3 при обертанні передається до ІБ 6 робочого ротора. Технологічна дія на оброблювану заготовку здійснюється пуансоном 7 та матрицею 2, які пересуваються виконавчими органами 1, 8 при обкатці останніх по нерухомих копірах 12, 18. Виготовлена деталь 16 спрямовується до транспортного ротора 11 і подається у пристрій

вивантаження 15.



а)



б)

Рисунок 1.17 – Конструктивна (а) та кінематична (б) схеми роторної машини

22

Нині існують різноманітні конструкції АРЛ, їх **систематизують за такими ознаками:** вид основної технологічної дії (інструментальна обробка, обробка середовищем та комбінована обробка); технологічне призначення (токарні, термічні, складальні, контрольні і т. ін.); кількість ярусів (одно- або багатоярусні, останні застосовуються, як правило, для збільшення тривалості обробки і складаються із комплекту дисків, розташованих на валу ротора); кількість потоків, які надходять до роторної

машини (РМ) за одиницю часу (одно- та багатопотокові, розрізняють РМ з однаковим та з різною кількістю входів та виходів); кількість деталей, які обробляються одним інструментальним блоком ІБ (одно- та багатомісні, які характеризуються послідовним рядом поперемінних ІБ для обробки технологічно подібних деталей).

Розглянемо структурну схему АРЛ (рис. 1.18).

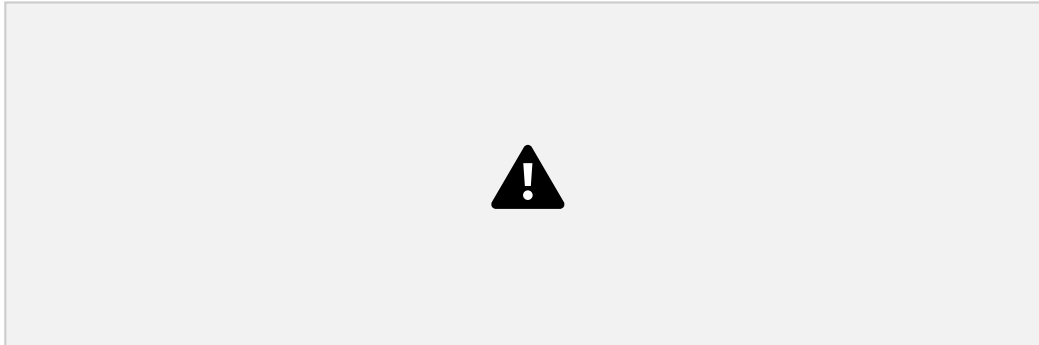


Рисунок 1.18 – Структурна схема АРЛ

АРЛ має ротор інструментальної обробки РІО, складальний ротор РС, ротор контролю РК, ротор обробки середовищем РОС. Передавання виробів між технологічними роторами здійснюють три транспортних ротори ТР. Завантаження лінії здійснюється двома пристроями автоматичного завантаження ПАЗ, розвантаження виконується пристроями автоматичного розвантаження ПАР.

До недоліків АРЛ, які заважають поширенню їх у широко номенклатурних виробництвах, можна віднести таке: живлення роторів та міжопераційне передавання передбачені тільки для предметів, які мають форму тіл обертання, для предметів довільної форми це складно, тому що необхідним є сумісне транспортування виробу та інструмента на ділянці передавання у попередньо зорієнтованому положенні; для виконання тривалих операцій потрібне збільшення діаметральних розмірів ротора, що технічно важко, а інколи економічно недоцільно; автоматична зміна інструмента утруднена, а зупинка для переналагодження АРЛ знижує її продуктивність; велика крокова відстань між позиціями, яка визначається не розмірами оброблюваних виробів, а габаритами виконавчих органів, зменшує щільність потоку; обмежена можливість обробки широкої номенклатури виробів, тому що АРЛ можуть бути оснащені на кожній

позиції інструментом для обробки певних видів виробів, необхідність застосування великої кількості інструментів пов'язана зі збільшенням габаритів та ускладненням конструкції АРЛ.

Сукупність роторних машин, встановлених у строгій послідовності та з'єднаних між собою міжопераційними транспортними пристроями з єдиною системою керування являє собою **автоматичну роторно**

конвеєрну лінію (АРКЛ). АРКЛ від АРЛ відрізняються тим, що оброблювані вироби розташовуються у базових пристосуваннях, встановлених у гнучких транспортних органах, які обгинають робочі органи. Транспортні органи в цих машинах пересуваються не по круговій траєкторії, а по овальній, зигзагоподібній і т. ін. Завдяки високій продуктивності, мінімальному обсягу незакінченого виробництва, відсутністю міжопераційних накопичувачів, конструктивній простоті виконання основних елементів, високій надійності та ряду інших переваг галузь використання АРКЛ постійно розширюється.

Розглянемо структурну схему АРКЛ (рис. 1.19).

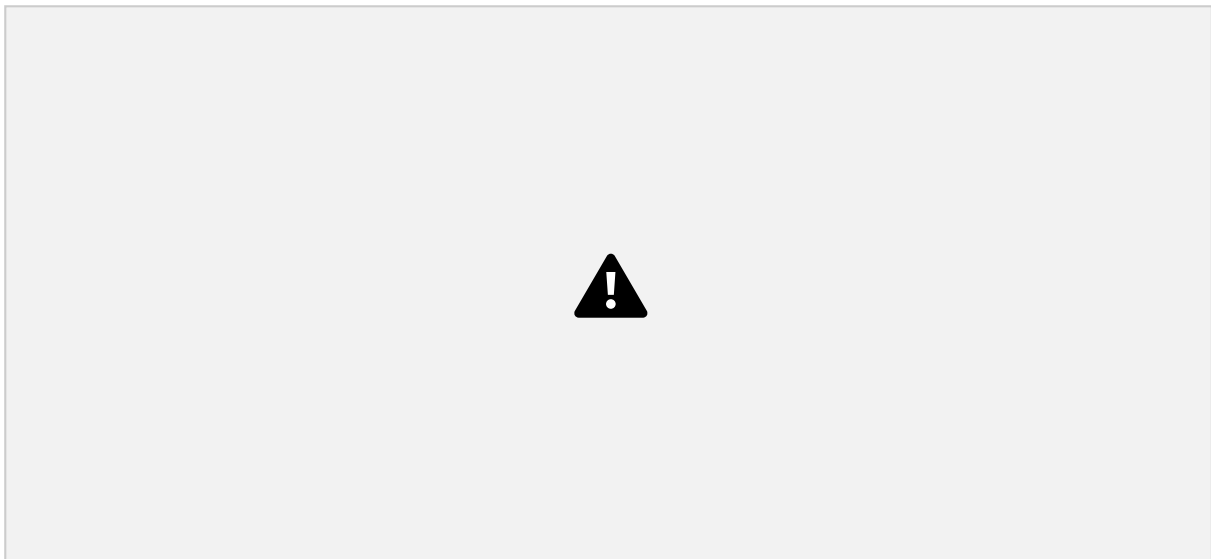


Рисунок 1.19 – Структурна схема АРКЛ

Ця лінія призначена для свердління та розвертання отворів у статорних пластинах. Завантаження пластин до конвеєра КЗ здійснюється пристроєм ПЗ, виконаному у вигляді роторного автомата живлення. Із комірок конвеєра КЗ за допомогою ротора завантаження РЗ заготовки пластин перевантажуються до базувальних пристосувань конвеєра КБП. При проходженні ротора орієнтації РО пластини орієнтуються ним по зовнішньому пазу, тобто займають однозначне кутове положення. У роторі змикання РЗМ відбувається точне встановлення позицій конвеєра КБП відносно інструмента конвеєра свердлильних головок КСГ. В робочому роторі РР1 свердлильні головки входять у зачеплення зі шпинделями і здійснюють свердління отворів. При проходженні ротора розділення РРЗ

конвеєри розчіплюються: КСГ огинає ротори автоматичного приймання РПС та видавання свердел РВС, а КБП огинає контрольний ротор РК1, який визначає наявність та якість отворів у пластині. Процес розвертання отворів та виконання фаски виконується комбінованим інструментом аналогічно свердлінню з тією лише різницею, що конвеєр розвертальних

головак КРГ огинає робочий ротор РР2 та контрольний ротор РК1. З причини відносно малого часу виконання операції розвертання у роторі РР2 здійснюються змикання та розмикання конвеєрів КБП та КРГ. Після контролю оброблених пластин та інструменту конвеєр КБП вивантажує пластини за допомогою ротора вивантаження РВ, огинає ротори прийому базових пристосувань РПБ та видавання РВБ, які призначені для зміни базових пристосувань при зміні номенклатури – типорозміру пластини. Ротори РПС та РВС, які суміщені з цековкою, крім заміни інструмента при заміні виробу, виконують заміну інструмента, який вийшов з ладу, передчасно зносився, за командами з ротора РК.

АРКЛ в більшості випадків мають дуже високий рівень автоматизації, але низьку гнучкість.

На АРЛ та АРКЛ у машинобудуванні виконуються такі операції:

- холодне (зокрема листове) штампування;
- гаряче штампування;
- переробка пластмас;
- пресування з металопошків;
- токарна обробка (виготовлення деталей типу валів);
- лиття за виплавними моделями, під тиском, у кокіль і т. ін.; - термічна (відпал, загартовування, сушіння і т. ін.), хімічна (травлення, обезжирювання, фосфатування і т. ін.) обробка; - нанесення покриття (лакування, фарбування, гальванопокриття, нанесення трафаретів і т. ін.);
- складання та пакування деталей та виробів;
- контроль лінійних розмірів та форми виробів.

Роторний принцип використаний, наприклад, при виготовленні сільфонів та підшипників кочення, при складанні клапанів аерозольних упаковок і т. ін.

Питання для самоконтролю

1. Особливості умов великосерійного та масового типів виробництва з точки зору необхідності автоматизації виробничих процесів.
2. Класифікація автоматичних ліній.
3. Дати характеристику силових механізмів АЛ.
4. Дати загальну характеристику транспортних засобів АЛ.
5. Транспортні засоби АЛ з жорстким зв'язком.
6. Транспортні засоби з гнучким зв'язком.

7. Дати характеристику механізмів затискання та фіксації, які використовуються на АЛ.

8. Дати характеристику агрегатів накопичення та видавання деталей на АЛ.

9. Дати характеристику механізмів зміни положення деталей на АЛ.
10. Дати характеристику пристроїв для відведення стружки на АЛ.
11. Що таке автоматична роторна лінія (АРЛ)? Склад найпростішої АРЛ.
12. Класифікація АРЛ.
13. Структурна схема АРЛ.
14. Недоліки АРЛ.
15. Що таке автоматична роторно-конвеєрна лінія (АРКЛ)? Чим вона принципово відрізняється від АРЛ?
16. Структурна схема АРКЛ.
17. Операції, на яких використовуються АРЛ та АРКЛ.

2.1 Значення автоматичного контролю у сучасних виробничих процесах машинобудівної галузі промисловості

Швидкий розвиток машинобудівної промисловості та зростаючі вимоги до точності, якості, геометричної форми й чистоти спряжених поверхонь деталей, ставлять задачу широкого запровадження автоматизації контролю деталей. Незважаючи на значний прогрес та розвиток машинобудування, організація контролю продукції на підприємствах все ж пов'язана з великими витратами ручної праці. В середньому по машинобудуванню кількість контролерів по всіх країнах СНД становить приблизно 20% від загальної кількості зайнятих у виробництві робітників. Однак такий багатокількісний та дороговартісний апарат технічного контролю не забезпечує потрібної якості продукції. Тому автоматизація контролю є однією з найбільш важливих задач, які висувуються перед машинобудуванням. Впровадження активного контролю деталей на машзаводах приводить до підвищення якості виготовлюваних деталей машин, автоматизації технологічних процесів, зменшення трудомісткості та вартості виготовлення деталей, зниження втрат від браку та скорочення кількості контролерів.

Таким чином, підвищення продуктивності праці пов'язано із запровадженням автоматичного контролю на машинобудівних заводах. Застосування активного контролю деталей, які обробляються на верстатах, забезпечує підвищення точності заданих розмірів шляхом компенсації похибок, викликаних пружними деформаціями технологічної системи ВПД та зношенням різального інструмента. Складові системи ВПД і викликають розсіювання розмірів деталей, які обробляються на металорізальних верстатах. Похибки обробки деталей, які залежать від пружних деформацій технологічної системи ВПД, важко компенсувати попереднім налагодженням верстата, тому що ці похибки є випадковими.

2.2 Основні відомості про автоматичний контроль

У машинобудуванні застосовують два **методи** контролю деталей:

- 1) технологічний – **активний**;
- 2) післяопераційний – **пасивний** контроль.

Активний контроль – контроль деталей виконується в процесі їх обробки на верстаті спеціальними вимірювальними пристроями (контроль, який керує технологічним процесом обробки деталей).

Пасивний контроль – контроль деталей виконується після їх обробки на верстаті шляхом розбраковки або сортування по групах за допомогою контрольних та сортувальних напівавтоматів та автоматів (післяопераційний контроль).

Залежно від призначення засоби активного контролю поділяють на чотири групи:

- 1) пристрої, які контролюють деталі безпосередньо в процесі їх обробки на верстаті;
- 2) підналадчики;
- 3) блокувальні пристрої;
- 4) пристрої, які контролюють деталі перед обробкою на верстаті. До **першої групи** відносяться прилади, які контролюють розміри деталей та положення різальної кромки інструмента безпосередньо в процесі обробки деталі і через коло зворотного зв'язку подають команду на припинення обробки за досягнення заданих розмірів деталей. До **другої групи** відносяться **підналадчики** – це вимірювальні прилади, які через коло зворотного зв'язку здійснюють підналадку верстата або вимірювального пристрою, який керує роботою верстата, якщо величина контрольованого розміру виходить за припустимі межі. Підналадчики не визначають дійсні розміри деталей, а контролюють розміри деталей в межах заданого допуску на обробку.

До **третьої групи** відносяться **блокувальні пристрої** – вони є найпростішою формою активного контролю. Блокувальні пристрої контролюють деталі безпосередньо після їх обробки на верстаті. Якщо розміри деталей виходять за задані межі, то блокувальний пристрій подає команду на припинення обробки деталей на верстаті. Блокування може здійснюватися і в процесі обробки деталей, наприклад, зупинка верстата при перевищенні припустимих значень сил або потужності різання. Захисно-блокувальні пристрої застосовують на шліфувальних, токарних, свердлильних верстатах і на автоматичних лініях.

За ступенем автоматизації автоматизовані вимірювальні пристрої для післяопераційного контролю поділяють на три групи: 1) вимірювальні пристрої з автоматичним сигналом;

- 2) напівавтоматичні вимірювальні пристрої;
- 3) автоматичні вимірювальні пристрої.

При контролі деталей вимірювальним **пристроєм з автоматичним сигналом** (світловим або звуковим) сигнал подається, коли контрольований розмір знаходиться в межах допуску.

Контрольний напівавтомат контролює деталі автоматично, але встановлення та зняття деталі на позицію напівавтомата здійснюється вручну.

У контрольному автоматі контроль, встановлення та зняття деталі автоматизовані.

Вимірювальні пристрої для післяопераційного автоматичного контролю розбраковують або сортують оброблені деталі по групах та розмірах.

2.3 Вимірювальні прилади для здійснення активного контролю

Сучасні вимірювальні прилади для активного контролю переважно застосовуються для контролю одного розміру і рідше – декількох розмірів деталі.

Ці прилади використовують для автоматичного контролю розмірів деталей із **суцільними та переривчастими поверхнями** (рис. 2.1). Застосування тих чи інших засобів автоматичного контролю залежить переважно від таких основних факторів:

- 1) точності деталей, які вимірюються;
- 2) їх форми та розмірів;
- 3) кількості параметрів, які контролюються;
- 4) потрібної продуктивності;
- 5) економічності.

Оскільки кожний метод вимірювання супроводжується власними похибками, при виборі вимірювальних засобів користуються співвідношенням між величиною допуску на виготовлення деталі та похибкою методу вимірювання. Рекомендується допускати похибку методу вимірювання не більше $1/10$ – $1/15$ частини допуску розміру контрольованої деталі. В деяких випадках це співвідношення можна збільшити до $1/3$.

Як відомо, вимірювальні прилади, зокрема вимірювальні контрольні пристрої, поділяються на пристрої, основані на:

- 1) прямому методі вимірювання;
- 2) непрямому;
- 3) комбінованому.

При **прямому методі** вимірювання наконечник контрольного пристрою весь час знаходиться в контакті з поверхнею контрольованої деталі та безпосередньо контролюється її розмір. За досягнення заданого розміру контрольний пристрій автоматично подає сигнал про закінчення обробки або необхідності зміни її режиму.

Контрольні пристрої, які основані на **непрямому методі** вимірювання, не мають безпосереднього дотикання з поверхнею деталі, тому що закінчення процесу обробки визначається тут не моментом досягнення деталлю заданого розміру, а величиною переміщення робочого органу верстата, який несе різальний інструмент.

При **комбінованому методі** вимірювання контролюється одночасно положення різального інструменту та розмір оброблюваної поверхні.

29

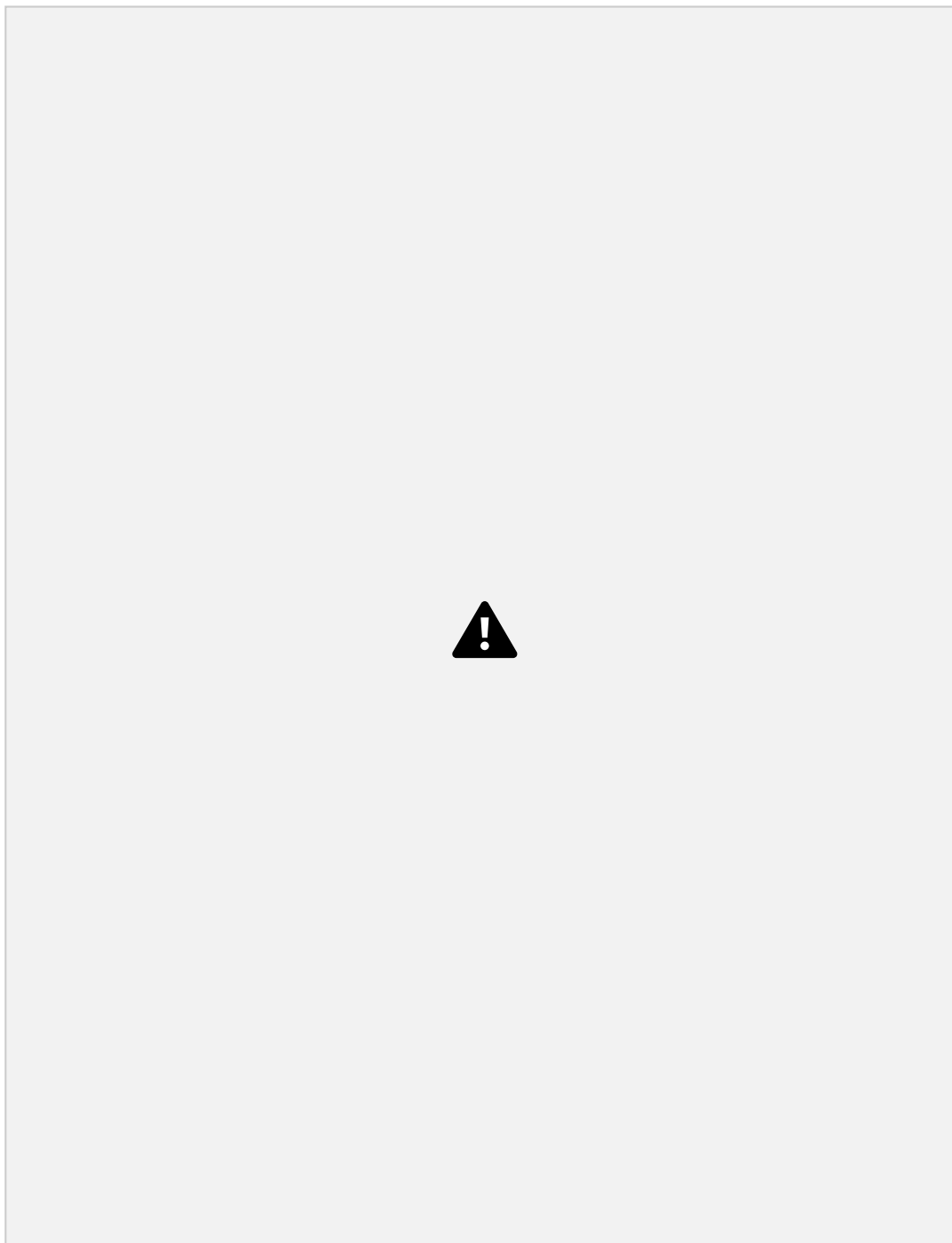


Рисунок 2.1 – Класифікація пристроїв активного контролю

Особливі умови роботи засобів активного контролю, які пов'язані з вібраціями верстатів та контрольованих деталей, наявністю охолоджувальної рідини, абразивного пилу, стружки як у навколишньому середовищі, так і на контрольованій поверхні; із силовими та температурними деформаціями розмірних технологічних та метрологічних

ланцюгів, висувають такі вимоги до конструкцій цих засобів:

- 1) стійкість проти вологи, абразивного пилю, стружки;
- 2) вібростійкість – забезпечення високої точності в умовах вібрацій;
- 3) надійність роботи в заданих межах точності;

30

4) максимальне виключення у вимірювальному засобі впливу силових та температурних деформацій розмірного технологічного ланцюга на результати контролю;

5) видавання певної кількості команд верстату.

За своїм призначенням датчики, які використовуються в технологічних агрегатах (верстатах), **поділяють на шляхові, розмірні, силові, швидкісні та інші**, а за характером сигналів, які створюють, – на **механічні, електричні, фотоелектричні, пневматичні та гідравлічні**.

Вимірювальні контактні прилади для прямих вимірювань поділяються на:

1) прилади, які контактують з вимірюваною поверхнею деталі у одній точці при вимірюванні внутрішнього та зовнішнього діаметрів (рис. 2.2).

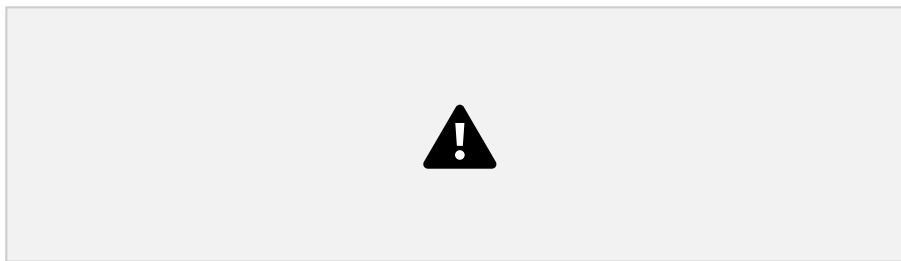


Рисунок 2.2 – Приклади вимірювань внутрішнього (а) та зовнішнього (б) діаметрів деталей

Переважно одноконтактні вимірювальні прилади застосовують для активного контролю при плоскому та безцентровому шліфуванні деталей, рідше – при зовнішньому та внутрішньому шліфуванні.

2) прилади, які контактують з вимірюваною поверхнею деталі у двох точках. Двоконтактні вимірювальні прилади застосовують для активного контролю деталей на круглошліфувальних верстатах, внутрішньо шліфувальних, хонінгувальних та інших верстатах (рис. 2.3).

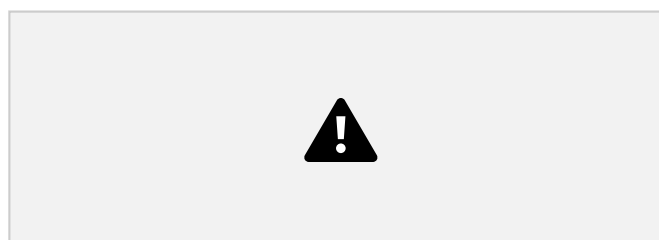


Рисунок 2.3 – Двоконтактні прилади для вимірювання поверхонь на круглошліфувальних верстатах (а) та внутрішньошліфувальних

3) прилади, які контактують з вимірюваною поверхнею деталі у трьох точках. Триконтактні прилади застосовують для активного контролю на круглошліфувальних та внутрішньошліфувальних верстатах (рис. 2.4).

31

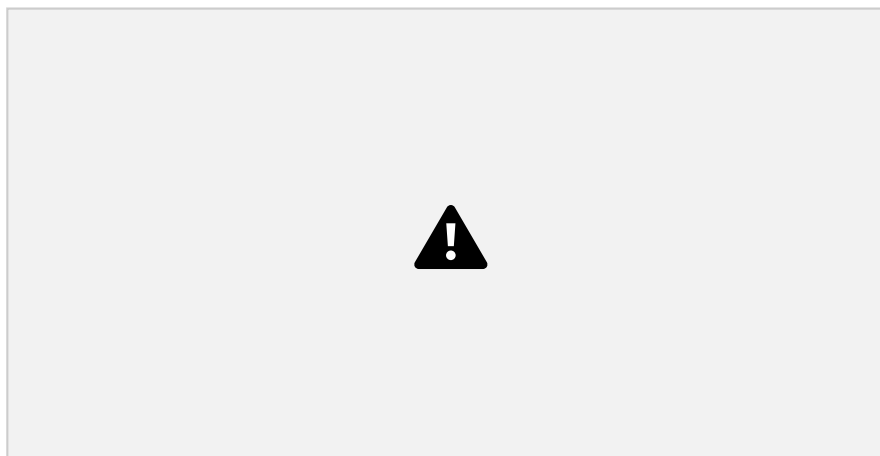


Рисунок 2.4 – Триконтактні прилади для вимірювання поверхонь на круглошліфувальних (а) та внутрішньошліфувальних (б) верстатах

4) прилади, які контактують по циліндричній поверхні, яка вимірюється. Ці вимірювальні прилади застосовуються для активного контролю отворів на внутрішньошліфувальних та хонінгувальних верстатах (рис. 2.5).

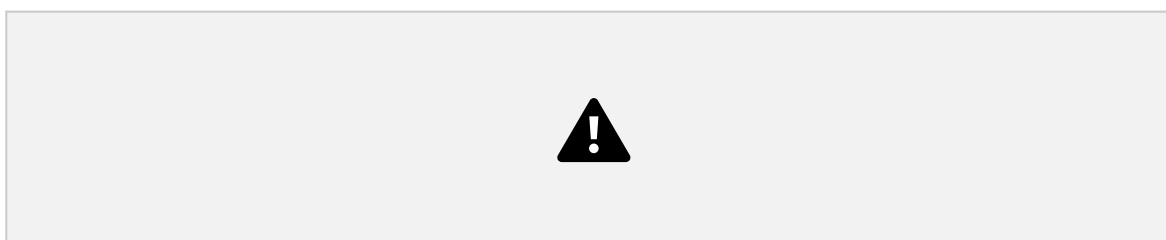


Рисунок 2.5 – Прилади, які контактують по циліндричній поверхні

5) контактні прилади з ковзним контактом. Вони поділяються на: - **межові** – для контролю розмірів деталей по межових розмірах (в межах допуску);

- **амплітудні** – для контролю похибки форми деталі, взаємного розташування оброблених поверхонь деталі та для контролю розміру, який безперервно змінюється, тобто для контролю різниці між найбільшим та найменшим межовими значеннями розміру, який перевіряється.

У межових приладах зв'язок між вимірювальним штоком та рухомими контактами жорсткий, а у амплітудних – функціональний, який виконується у вигляді сектора обкочуваного по фрикційній пластині або у вигляді штифта, притиснутого до призми пружиною. При зміні розміру,

викликаній відхиленням форми, наприклад, овальності, пересувається вимірювальний шток та фрикційно зв'язані з ним контакти.

Наприклад, при контролі конусності деталі задача звичайно зводиться до визначення різниці діаметрів у двох точках (рис. 2.6).

32

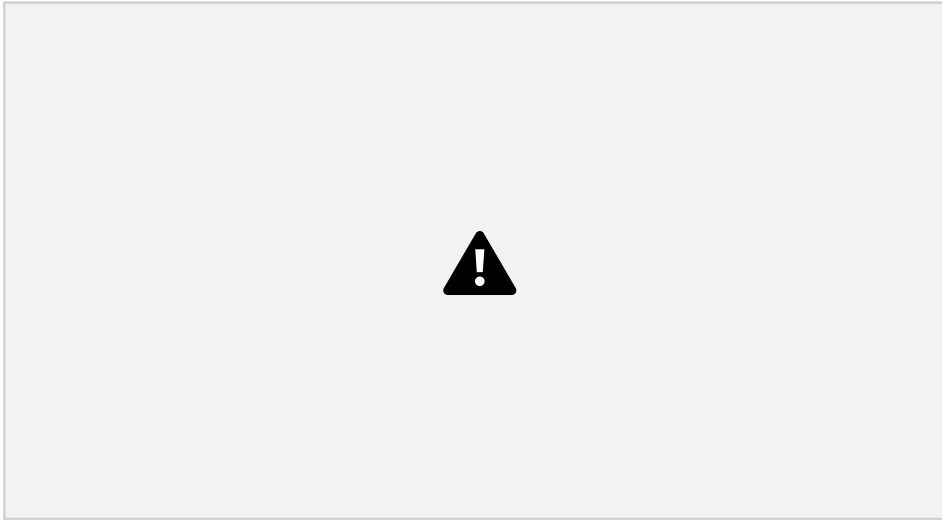


Рисунок 2.6 –

Прилад для вимірювання конусності циліндричної поверхні

Виріб встановлюється у скобу 2, закріплену шарнірно у корпусі 1. До деталі у двох точках притиснуте вимірювальне коромисло 3, вертикальний важіль якого здійснює тиск на контактний важіль 4, який обертається навколо осі 5. При повороті важеля його контакти дотикаються до контактних гвинтів 6 та 7. При контролі виробу циліндричної форми контактний важіль стає у нейтральне положення і два контакти розімкнуті, а за наявності конусності повертається і замикає коло. Різниця у діаметрах контрольованих деталей компенсується поворотом скоби 2 навколо осі 8.

Є вимірювальні прилади для безконтактних вимірювань, але вони для активного контролю розмірів деталей застосовуються порівняно рідко.

Вимірювальні прилади для **непрямих вимірювань** поділяють на: 1) прилади, які контролюють положення різальних граней різального інструменту відносно оброблюваної поверхні;

2) прилади, які контролюють переміщення вузла верстата з різальним інструментом.

2.4 Автоматичні підналадчики

В системі з автоматичною підналадкою програма задається та перевіряється за допомогою різних пристроїв, які подають команди до загального пристрою керування. В найпростішому випадку для задання програми застосовують упори, які обмежують подачу виконавчого органу. Інколи носієм програми служить командоапарат – в цьому випадку команда, яка надходить до пристрою керування, попередньо підсилюється.

Після виконання програми оброблена деталь контролюється вимірювальним пристроєм підналадчика. Якщо з верстата сходять деталі з розмірами, які не виходять з поля допуску, контрольний пристрій 2 не подає ніяких команд. Але як тільки з будь-якої причини, наприклад, внаслідок зношення інструмента, розмір деталі наближається до межового

33

розміру, по колу зворотного зв'язку подається команда на підналадку верстата. Ці команди надходять до пристрою керування, туди ж, куди надходять команди від програмоносія, і керівний пристрій виконує вже скоректовану програму.

Найбільше поширення для автоматизації металорізального обладнання дістали автопідналадчики для шліфувальних верстатів. Як приклад розглянемо релейну систему регулювання діаметра деталі, яка шліфується на безцентрово-шліфувальному верстаті (рис. 2.7). В цій системі діаметр шліфування вимірюється індуктивним диференційним датчиком 1. Цей датчик, на відміну, наприклад, від простого індуктивного датчика, має переваги, тому що останній для вимірювання переміщення в обох напрямках має мати початковий повітряний зазор і початковий струм I_0 . Це створює незручність у вимірюванні і значні похибки від коливань температури і живильної напруги. Диференційний датчик до того ж має вдвічі більшу чутливість.

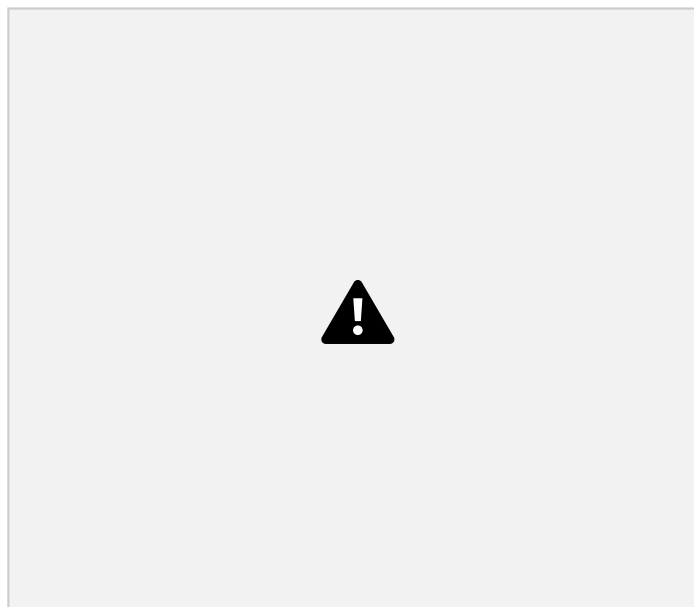


Рисунок 2.7 – Релейна система автоматичної підналадки безцентрово шліфувального верстата

Котушки датчика ввімкнені у плечі містка 2, який керується поляризованим реле 3. Його середній контакт залежно від знака струму в діагоналі містка 2, тобто залежно від знака відхилення регульованої величини d , замикається з правим або лівим контактом, вмикаючи струм

або в одну, або в іншу обмотку 4 збудження двигуна 5. В результаті цього гвинт отримує обертання або в один, або в інший бік, відповідно рухома бабка з ведучим кругом, переміщується у відповідний бік.

34

2.5 Автоматичні блокувальні пристрої

Блокувальні пристрої на відміну від підналадчиків не виконують автоматичну підналадку, а тільки зупиняють верстат, коли зношення інструмента чи з інших причин розмір деталей виходить за контрольні межі або коли потрібна обробка взагалі не відбулася, що можливо при поломці інструмента.

Одним з прикладів може слугувати конструкція скоби з блокувальним клапаном. Зміна зовнішнього діаметра шліцьового валу в процесі шліфування (рис. 2.8) перетворюється губками 1 та 11, закріпленими на каретках 2, в зміну зазору Z між соплом 7 та гвинтом-засувкою 10.

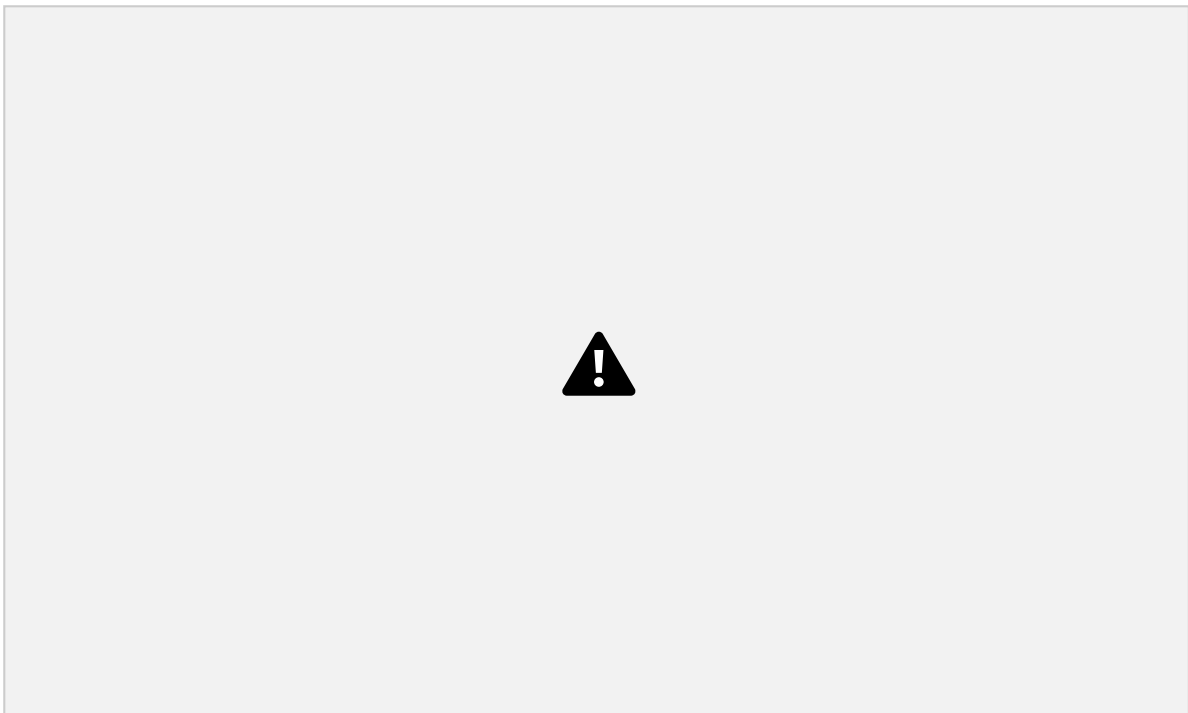


Рисунок 2.8 – Вимірювальний пристрій з блокувальним клапаном

Каретки 2 підвішені до нерухомої основи 8 за допомогою плоских пружин 9.

Залежно від зазору Z у вимірювальній камері (простір між соплом 7 та входним соплом 4) встановлюється певний вимірювальний тиск P , який через канал клапана 6 надходить до відлікового пристрою. Коли контактні поверхні губок стануть над розривами, засувка-гвинт 10 сяде на захисну

коронку сопла 7, вимірювальний тиск різко збільшиться, мембрана 3, долаючи зусилля пружин 5, закриє клапан 6. Відліковий пристрій буде ізольований від прийому хибної інформації. Розсіювання розмірів в партії деталей зі шліцьовою поверхнею, оброблених за допомогою цього приладу, становить 6–8 мкм.

35

Питання для самоконтролю

1. З якою метою застосовується автоматичний контроль у сучасних виробничих процесах машинобудування?
2. Які методи контролю розмірів застосовуються на виробництві? Охарактеризуйте їх.
3. На які групи поділяються засоби активного контролю залежно від призначення? Дати їх характеристику.
4. На які групи поділяються пристрої для післяопераційного контролю залежно від ступеня автоматизації? Дати їх характеристику.
5. Від яких факторів залежить застосування певних засобів автоматичного контролю?
6. На яких методах вимірювання побудовані контрольні пристрої? Дати їх характеристику.
7. Які вимоги висувають до конструкції засобів активного контролю? 8. Поділення приладів для контактних вимірювань розмірів поверхонь. Розглянути приклади.
9. Приклади контрольних вимірювань.
10. Для чого застосовуються автоматичні підналадчики? Розглянути приклад.
11. Для чого застосовуються блокувальні пристрої? Розглянути приклад.

3 КОМПЛЕКСНА АВТОМАТИЗАЦІЯ ШИРОКОНОМЕНКЛАТУРНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Передумови до створення ГАВ

В промислово розвинених країнах інтенсивно ведуться роботи зі створення автоматизованих систем в металообробці. Так в Японії, США, Швеції та інших країнах існують тенденції зі створення комплексно автоматизованих систем верстатів, забезпечення обробки деталей в довільній послідовності при різних за розмірами партіях. Це дозволяє віддавати перевагу тим чи іншим партіям деталей і на цій основі скорочувати обсяг незавершеного виробництва, площі складів та накопичувачів.

Однак при створенні автоматизованих систем верстатів використання нової техніки має оптимально комбінуватися з прогресивною технологією, науковою організацією праці і виробництва, високим рівнем професіональних знань кадрів, належною трудовою та технологічною дисципліною, розвитком бригадних форм організації праці.

Ріст рентабельності виробництва та скорочення часу виготовлення виробів можливі при таких умовах:

1. Підвищення рівня технології за рахунок застосування групової обробки та обладнання з ЧПК.

2. Підвищення рівня керування виробництвом за рахунок впровадження обчислюваної техніки для оптимізації завантаження робочих місць, виявлення найбільш актуальних замовлень на зміну.

3. Організація інтегрованих дільниць виробництва з верстатів з ЧПК та ОЦ, оптимізація маршрутів транспорту та системи зберігання деталей в проміжних магазинах (складах).

4. Створення ГАВ, які забезпечують автоматизацію матеріального потоку, керованого центральною ЕОМ.

Наприклад, у Німеччині, після забезпечення двох умов на Ерфуртському машинобудівному комбінаті, час знаходження деталей в цехах скоротився від 75 до 22%. Корисно використовуваний час зріс від 25 до 78%. Цикл виготовлення деталей після виконання перерахованих умов та застосування гнучких автоматичних систем «Призма-2», «Рота-125», «Рота-200» та інші суттєво скоротився.

В серійному виробництві продуктивність праці підвищується за рахунок автоматизації процесів та інтеграції всього виробництва. В Німеччині та інших промислово розвинених країнах **розрізняють три ступеня автоматизації та інтеграції виробництва в машинобудуванні:**

1. Автоматизація процесу обробки із застосуванням верстатів з ЧПК (програма вводиться вручну).

37

2. Автоматизація із застосуванням обробних центрів ОЦ з ЧПК (можливе автоматичне завантаження та заміна заготовки при керуванні від ЕОМ).

3. Автоматизація виробництва на основі інтегрованої системи верстатів з ЧПК (ГАВ).

Нині є і інші напрямки – інтеграція робіт на дільниці типових деталей, проектування та створення цехів механічної обробки та складання без працівників.

Матеріали виставок верстатів та індустріальних конференцій показують, що **вирішення науково-технічних задач з метою підвищення продуктивності праці проводиться в таких напрямках:**

1. Виявлення оптимальних технологічних можливостей ОЦ для конкретного виробництва.

2. Створення та впровадження автоматичних пристроїв і магазинів для заміни та збереження деталей.

3. Застосування програмних пристроїв з ЕОМ.

4. Застосування безступінчастих приводів для головного руху та подач металорізальних верстатів.

5. Запровадження діагностичних систем для контролю різних функцій машин, визначення помилок, що виникають, та їх компенсації. 6. Створення

економічних стійких рішень для контролю процесу обробки.

В серійному виробництві велика частина операцій механічної обробки виконуються на верстатах з ЧПК. Виробництво та застосування цих верстатів постійно зростає. Багатоопераційні програмні верстати застосовуються з початку 60-х років. Нині у всіх розвинених країнах вони застосовуються все ширше. Більшість цих верстатів мають автоматичну заміну заготовок з додатковим столом для закріплення деталей на супутниках, автоматичної подачі їх в робочу зону та повернення звідти.

Верстати мають від 3 до 5 керованих координат, розміщення шпинделя може бути горизонтальним, вертикальним та під кутом. За точністю та продуктивністю вони відповідають сучасним вимогам.

З причини постійного змінення потреб замовників починають виготовлення верстатів модульної конструкції. Підвищення продуктивності суттєво залежить від скорочення часу на заміну інструмента та заготовок. Час на наступну заготовку знижується до 30 с при її автоматизації та застосуванні пристосувань-супутників.

Це можливо за таких умов:

1) заміна заготовок проводиться поза місцем обробки і суміщена з машинним часом;

2) носій заготовок – супутник (при обробці деталі з 3–4 боків) має бути габаритами близьким до деталі;

38

3) подача та повернення супутників при з'єднанні верстатів в систему мають виконуватися автоматично;

4) для забезпечення точності обробки (при з'єднанні декількох ОЦ) на місці закріплення заготовок необхідно проводити робочі підсилення затискання для гарантування точності позиціонування на всіх позиціях обробки.

Для суміщення роботи із завантаження супутників з роботою верстата застосовуються допоміжні столи, з яких деталі із супутниками автоматично вводяться в робочу зону ОЦ.

Перерахування тенденцій в розвитку автоматизації допоміжних операцій – транспортування, складування деталей поряд з удосконаленням технологічної підготовки виробництва створюють реальні передумови для перетворення автоматизованих дільниць верстатів з керуванням від єдиної ЕОМ в дільниці гнучкого автоматизованого виробництва.

Таким чином **передумовами створення ГАВ є:**

1. Різке підвищення рівня технологічного проектування (на основі САПР).

2. Створення малоопераційної програмованої технології основних та допоміжних процесів та керування інформацією.

3. Удосконалення розробок з вирішенням широкого кола питань зі

стандартизації з метою забезпечення розміщення, з'єднання та надійності функціонування всіх компонентів (модулів ГАВ).

4. Перегляд складу, структури, категорій складності та оцінки праці з тим, щоб праця ІТР в умовах ГАВ стала невід'ємною частиною основного виробничого процесу.

5. Забезпеченість з'єднання та тиражування програм керування, швидкого переналагодження та перепрограмування компонентів ГАВ.

3.2 Історія розвитку ГАВ (рис. 3.1–3.2)

За 1-ою концепцією здебільшого роботи проводилися у США та СРСР, за 2-ою – у Японії, тобто на це виділялося більше капіталовкладень. З 1980 р. у наукових виданнях та засобах масової інформації за кордоном з'явилися аналітичні статті із висвітленням поразки США в найпрестижнішій для цієї країни галузі – технології виробництва. 2-й етап, 3 концепція – об'єднання двох перших концепцій. Японія раніше США використала перевагу CAD/CAM, оскільки 90% пристроїв типу САПР було імпортовано в Японію в ті роки із США. Недоліки CAD/CAM – вони зберігають велику частку ручної праці при управлінні ТП, а тому залишаються досить жорсткими системами, орієнтованими на специфіку того або іншого проекту.

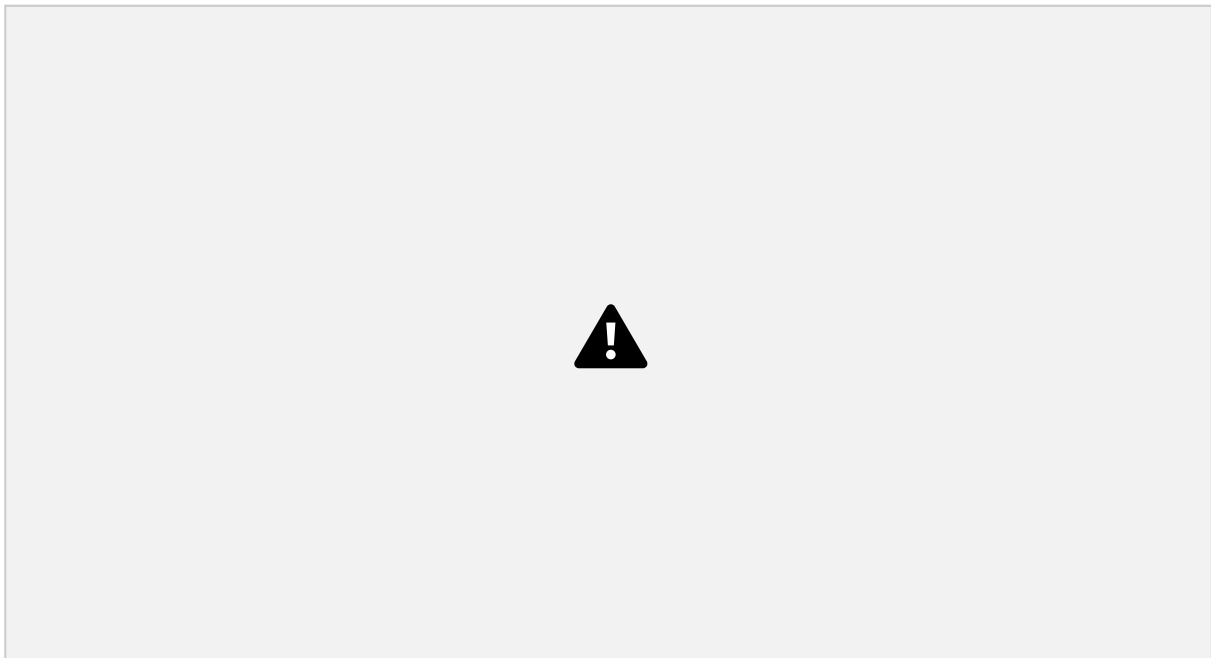


Рисунок 3.1 – Історія розвитку ГАВ (1-ий етап)

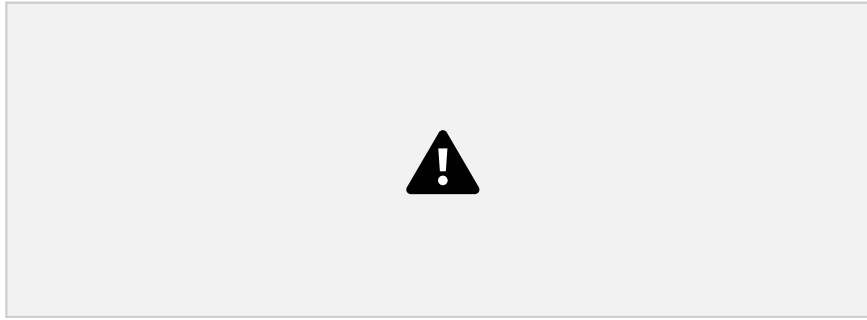


Рисунок 3.2 – Історія розвитку ГАВ (2-ий етап)

Особливості CAD/CAM:

- будуються на базі ЕОМ у вигляді апаратних та програмних засобів з метою технічного проектування, графічного подання інформації, машинного аналізу, управління виробництвом;
- дозволяють створювати, відображати, запам'ятовувати усіляку графічну інформацію без застосування ручного креслення, а також маніпулювати ним;
- легко перебудовуються за потреби конкретного користувача завдяки модульному принципу побудови;
- мають багатотермінальний доступ з боку користувача;
- дозволяють автоматично перетворювати графічну інформацію в команди керування засобами виробництва з ЧПК;
- засвоюються з мінімумом зусиль;
- мають одночасний контроль точності, якості та надійності як технологічного обладнання, так і продукції.

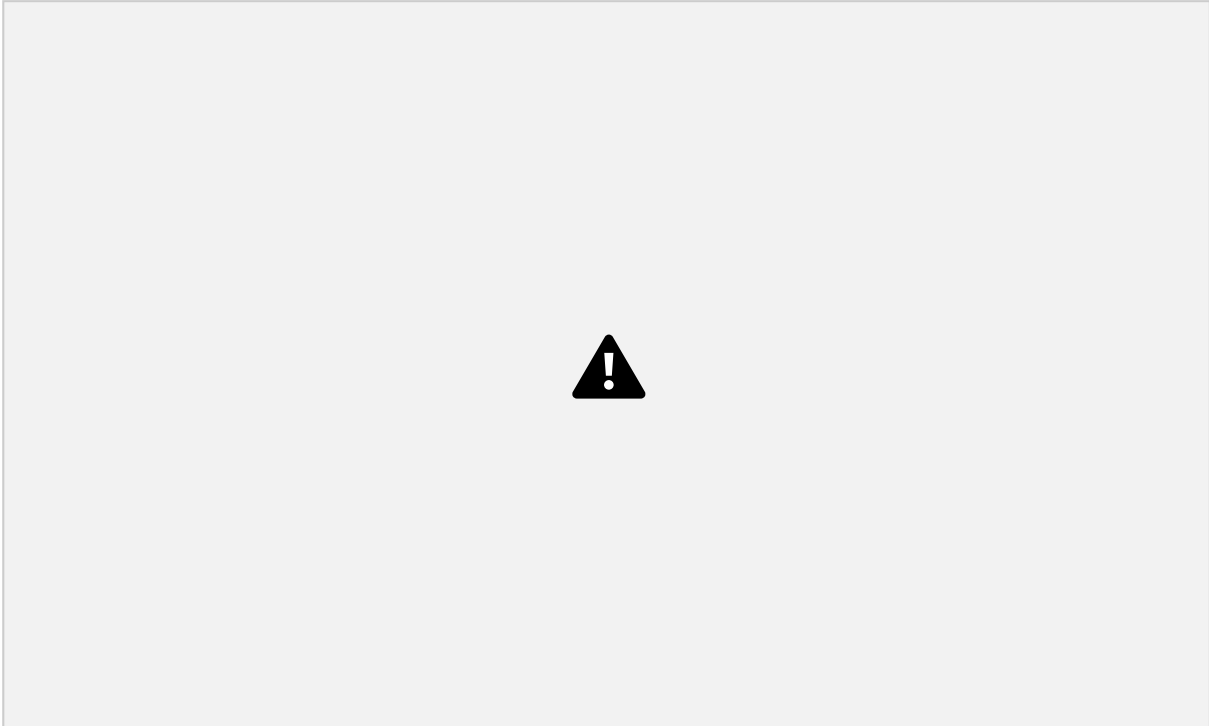


Рисунок 3.3 – Історія розвитку ГАВ

Подібні системи називають по різному:

Японія – гнучка автоматизація, ГВК;

США – ГВС (FMS); СІМ (виробнича система, інтегрована за допомогою ЕОМ); VMS (система зі змінною виробничою задачею); VMM (виробництво зі змінною задачею);

Німеччина – СFF (ГВС); СТАМ (автоматизація виробничої системи, інтегрована за допомогою ЕОМ);

Італія – ГВС;

Франція – гнучкий цех;

Англія – ASP (автоматизація дрібносерійного виробництва). В СРСР такого роду комплекси було прийнято називати гнучкою автоматизацією виробництва (ГАВ).

Основні елементи ГАВ розробляються вже давно, частинна їх реалізація відноситься до кінця 60-х та початку 70-х років (на рівні розвитку промисловості того часу), однак тільки в листопаді 1978 року в журналі IRON AGE був опублікований перший звіт про працю в цій галузі «Представление обществу гибкости производства». В жовтні 1982 р. на першому міжнародному конгресі в м. Брантон (Англія) йшла мова вже не тільки про створення гнучких комплексів виробництва, а й про їх інтеграцію з системами САД.

Впровадження та значне поширення нової техніки та технології супроводжується впливом цих процесів на економічні та соціальні аспекти діяльності людини. При цьому разом з позитивними впливами виникають і негативні наслідки, як правило, зменшуючи корисний ефект від впровадженої новизни. На жаль, із зростанням масштабу витрат на нову технологію все менше можливостей залишається для відмови від нововведення у випадку невдалого розвитку ходу подій, тоді компенсувати певною мірою негативний вплив можна тільки ціною нових витрат. Однак, не завжди втрати можна виправити, особливо коли проблеми мають соціальне значення. Тому, будь-які великі виробничо-технологічні проекти потребують ще на початковій стадії розвитку ретельного системного розгляду всіх можливих наслідків.

Для сучасних способів автоматизації промислового виробництва характерним є рівень початкових капіталовкладень. ГАВ не є в цьому розумінні виключенням. Наприклад, в закордонній практиці витрати на проект ГВС для більшої частини розробок мають від 2 млн до 20 млн доларів, цінність більш поширених промислових роботів вимірюються в діапазоні від 40 тис. до 100 тис. доларів. Зрозуміло, що від таких капіталовкладень необхідна відповідна віддача.

Показником є японська фірма «Ямазакі», на якій створили ГВС механічної обробки. В результаті впровадження кількість верстатів зменшилась з 68 до 18, звільнена площа збільшилась в 3 рази, кількість робітників зменшилась з 215 до 12 чол., технологічний час зменшився в середньому з 35 днів до 1,5. Не дивлячись на таке різке покращення показників, через 2 роки із 18 млн доларів затрат окупились тільки 6,9 млн доларів. Це показник того, що поясненням капіталовкладення на створення ГАВ мають бути задуми стратегічного характеру, впливаючі із комплексного аналізу ефективності ГАВ. Тому аналіз економічної ефективності ГАВ є однією з центральних проблем, які вирішуються при створенні гнучкого виробництва.

Комплексний аналіз економічної ефективності ГАВ можна розділити на декілька компонентів:

- цілісний аналіз витрат та втрати відповідних способів виробництва; - цілісний аналіз витрат та економії, отримуваної в результаті переходу на гнучке виробництво;
- порівняльний кількісний аналіз ГАВ за економічними претензіями;
- аналіз ринку та чутливості економічних рішень.

1. Аналіз існуючого способу виробництва – пов'язаний з визначенням показників собівартості своєї продукції, ступеня використання технологічного обладнання, якості продукції, витрат ручної праці, продуктивності обладнання, рівня запасів матеріалів, сировини та ін.

Він необхідний як відправна точка для наступного обґрунтування капіталовкладень в нову технологію.

2. Аналіз витрат та економії від впровадження гнучкої технології – оснований на оціненні як кількісних, так і якісних показників виробництва. Існує декілька основних категорій таких оцінок:

- показники прямої економії, здебільшого які мають кількісний характер;
- показники непрямой економії, які поєднують якісні та кількісні характеристики;
- фактори економії, які мають якісний характер.

Показники прямої економії зазвичай просто розраховуються та пов'язані, головним чином, з результатами автоматизації виробництва, які супроводжуються заміною звичайного обладнання на автоматично працююче. Як правило, нове обладнання більш високопродуктивне, що приводить до збільшення обсягів виробництва. Використання автоматичного керування сприяє безоператорній роботі із збільшенням замінності функціонування обладнання. Багатофункціональність обладнання зменшує його загальну кількість та займану площу.

Головними статтями економії є менші витрати:

- на пряму оплату праці;
- на забезпечення виробництва енергією, паливом, обслуговуванням;
- на рух матеріалів, сировини, обробки відходів і т. ін.;
- на амортизацію приміщень та обладнання.

В ГАВ автоматизуються не тільки обладнання та технологічні процеси, але і обробка інформації, організація керування, обслуговування виробництва. Тому **більш значною є непряма економія**, основні статті якої є результатом:

- прискорення виробничого циклу із зменшенням, головним чином, міжопераційних та транспортних затримок;
- зниження рівня незавершеного виробництва через збільшення продуктивності та прискорення виробничого циклу;
- зниження рівня складських запасів;
- зменшення витрат на оплату праці в сфері ремонту, обслуговування та експлуатації верстатів, але оплата праці може зрости через необхідність використання при діагностиці, контролі, обслуговуванні більш висококваліфікованого персоналу (інженерів та кваліфікованих техніків операторів, програмістів та спеціалістів з електронної техніки);
- підвищення ефективності обробки інформації, проектування, планування, організаційного керування, всіх видів інженерної праці;
- зниження витрат на реконструкцію та модернізацію виробництва.

Найбільш складними для використання є *якісні фактори економії*, оскільки їх вплив не піддається оціненню в чисто економічних термінах, а проявляються вони у формі впливу, яка має, головним чином, соціальне значення. В цій категорії оцінок економія з'являється в результаті:

- покращення якості продукції, підвищення її конкурентоздатності та можливості для задоволення потреб запиту на більш високому рівні; - підвищення гнучкості виробництва до швидкості зміни характеристик продукції та споживчих властивостей виробів, а також серійності виготовлення продукції;

- покращення умов праці за рахунок автоматизації фізичних робіт та усунення таких форм праці людини, які необхідно здійснювати в тяжкому, шкідливому чи загрозливому для здоров'я виробничому середовищі;

- підвищення ефективності міжгалузевих зв'язків та кооперації на основі більш динамічних дисциплін взаємних поставок матеріалів, сировини, готових виробів;

- зниження витрат в соціальній сфері із поглибленням автоматизації виробництва та зменшення кількості працюючих.

3. Аналіз ефективності ГАВ за економічними показниками Цей аналіз спрямований, насамперед, на визначення собівартості продукції, продуктивності праці, термінів окупності капіталовкладень та інших показників виробництва. Оцінка виробляється на основі стандартних методик, які мають законодавчу силу для окремих підприємств однієї галузі; для групи галузей або в народному господарстві в цілому. **4. Аналіз ризику та чутливості економічних рішень**

Він необхідний для виявлення суттєвих факторів, які можуть підсилювати чи послаблювати очікувані ефекти від крупних капіталовкладень у виробництво. При інтенсивних методах розвитку способу виробництва аналіз ризику не має великого значення та практично не застосовується, оскільки планове регулювання інкрементально нарощуваної економіки суттєво зменшує ризик при прийнятті економічних рішень.

Однак з переходом до інтенсивних методів господарювання і, зокрема, до гнучкої автоматизації виробництва відбувається різке прискорення темпів введення нових чи модернізованих потужностей. При цьому, по перше, техніка та способи виробництва підлягають не частковим змінам, а повністю витісняються новою технологією і, по-друге, значно підвищуються для прогресивної техніки та автоматизованих методів керування, що веде до суттєвого збільшення початкових капіталовкладень.

Згідно з такими новими тенденціями при плановому регулюванні інвестицій починає зростати ризик відволікання засобів на неоптимальні варіанти та напрямки розвитку.

Тому аналіз ризику та чутливості стає необхідною ланкою у визначенні та ретельній перевірці головних факторів, діючих на ефективність капіталовкладень в нові форми автоматизації виробництва. Зокрема,

контролю підлягають фактори, які впливають на зменшення очікуваного обсягу виробництва, затягування в часі введення виробничих потужностей,

44

збільшення витрат на реалізацію і впровадження засобів автоматизації нових поколінь. Діючим інструментом аналізу чутливості є імітаційне моделювання гнучкого виробництва в комбінації з економічними моделями балансового типу.

5. Роль зміни характеру праці

Зміна характеру праці має вирішальне значення для ефективного освоєння нових видів автоматизації та інтенсифікації виробництва. Досвід створення гнучкого виробництва свідчить про те, що розробити прогресивну техніку буває простіше, ніж її впровадити.

Необхідною умовою ефективної роботи в умовах ГАВ є знання основ обчислювальної техніки, інформатики, мов програмування, а також відповідний рівень математичної підготовки спеціалістів.

3.4 Науково-технічні та технологічні можливості й задачі впровадження ГАВ

Сучасне виробництво в машинобудуванні відповідно до розмірів серії (партії) виготовлюваної продукції прийнято поділяти на два відмінних види:

- дрібносерійне;
- масове,

які можна охарактеризувати таким чином (табл. 3.1).

Якщо ця межа між двома видами машинобудування була чіткою, то тепер вона почала стиратися (розширення номенклатури виготовлюваної продукції, постійно поширюється на масове виробництво, наприклад, автомобілебудування, де на основі базової моделі, як правило, випускаються множинні модифікації).

Проте, саме для машинобудування з дрібносерійним та серійним характером виробництва особливо характерні ускладнення конструкції виробів, зменшення серійності, а також збільшення трудомісткості виробництва та номенклатури, часта заміна виробів в виробництві.

Нині визначилися дві, певною мірою суперечливі, вимоги до сучасного промислового виробництва:

- з одного боку, скорочення термінів підготовки виробництва та виготовлення, а також серійності продукції;
- з іншого боку, зменшення трудомісткості виготовлення та вартості при високій якості продукції.

Виконання першої вимоги передбачає збільшення універсальності обладнання та систем керування, що дозволяє відпрацьовувати будь-які

заздалегідь незаплановані ситуації, швидко переходити на виготовлення нової продукції.

45

Таблиця 3.1 – Якісна характеристика виду виробництва

Вид виробництва	Серійне та дрібносерійне виробництво з широкою номенклатурою продукції (важке машинобудування, кораблебудування, автомобілебудування, верстатобудування, дорожнє будування; хімічна, поліграфічна та інші галузі)	Масове та великосерійне виробництво з обмеженою номенклатурою (автомобілебудування, тракторне та сільськогосподарське машинобудування, виробництво інструменту, годинників, електронних елементів і т. ін.)
Питома вага у виготовленні продукції	75-80%	20-25%
Рівень спеціалізації та кооперації виробництва	Низький (малі партії деталей, часте переналагодження обладнання)	Високий (великі або неперервні партії деталей, постійне закріплення операцій за робочими місцями)
Рівень автоматизації виробничих процесів	5-10%	60-85%
Технічна база автоматизації	Універсальне та спеціальне обладнання; обладнання з ЧПК; виробничі автомати та групи автоматів, керовані від ЕОМ	Спеціальне та спеціалізоване обладнання, автоматичні лінії з жорстким програмуванням (з цикловою автоматикою)

Ефективність виробництва	Невисока	Висока
--------------------------	----------	--------

Друга вимога пов'язана з необхідністю комплексної автоматизації виробництва, яка нині асоціюється із застосуванням технологічного обладнання з програмним керуванням та ЕОМ на різних рівнях керування – від безпосереднього керування обладнанням до керування фінансовою діяльністю підприємства.

У відносному протиріччі цих вимог значною мірою і полягають труднощі створення сучасного ефективно функціонуючого виробництва.

46

Щоб задовільнити суперечливі вимоги, необхідно надати виробництву декілька певних властивостей:

- **гнучкість та маневреність**, тобто здатність швидко перебудовуватися на виготовлення нової продукції;
- **високий технічний рівень та добру оснащеність** новими технологіями та обладнанням, що дозволяє виготовляти вироби високої якості, більшої надійності та ресурсу;
- **економічність**, яка забезпечує придатну для ринку продажну ціну продукції, а, відповідно, і мінімальні витрати на її виготовлення, економію всіх видів ресурсів, включаючи можливо більш широке використання попередньої праці.

3.5 Методика створення ГАВ

Для успішного вирішення задач, виникаючих при розробці ГАВ, важливою обставиною є правильна оцінка та розуміння основоположних принципів створення ГАВ.

Розглянемо ці принципи.

1. Принцип комбінування високої гнучкості (універсальності) та високої продуктивності обладнання.

Саме гнучке обладнання – універсальне; саме неавтоматизоване обладнання – універсальне; саме продуктивне – спеціальне. Комбінування цих протиставних показників на базі ЧПК дає змогу реалізувати названий принцип у ГАВ. Принцип суміщення припускає оптимізацію вибору обладнання з ЧПК на основі техніко-економічного аналізу виробництва.

2. Принцип модульності.

В основі побудови ГАВ лежить модуль. Під ним розуміють первинний компонент, який виконує такі операції: обробку, транспортування, складування, контроль, керування, планування, керування виробництвом,

керування технологічними процесами, підготовкою виробництва і т. ін.

Модуль, як компонент ГАВ, сам може складатися із модулів більш низького рівня. Декілька одиниць модулів, які об'єднані функціонально, створюють модуль більш високого рівня (макромодуль). Кожному модулю певного рівня відповідають функції цього рівня.

3. Принцип ієрархії.

ГАВ будується за принципом рівнів структури. Нижній рівень – модульні елементи технологічних одиниць, наступний рівень – модулі технологічних одиниць (верстат, промисловий робот і т. ін.), далі – рівень функціональної інтеграції декількох модулів (верстат, промисловий робот, контрольний засіб) із замкненим циклом в більшості випадків – технологічний модуль; далі модуль дільниці, цеха, заводу.

Кожний більш високий рівень має в своєму складі мінімум два модулі більш низького рівня. Наприклад, в модуль ГАВ дільниці входять декілька

47

технологічних модулів, транспортна модульна підсистема, модуль автоматичної складської підсистеми.

4. Принцип програмного налагодження.

При заміні виробів, які виготовляються, налагодження на виконання наступних здійснюється шляхом введення нових керівних програм. Переналагодження вручну допускається при економічно виправданому варіанті виробництва і за відсутності при початкових етапах впровадження автоматизованого обладнання.

5. Принцип максимальної предметної замкненості виробництва на можливо нижчому рівні ГАВ.

Даний принцип мінімізує затрати на транспорт і промислові роботи. При цьому знижується кількість операцій; підвищується загальна гнучкість ГАВ.

Найкращим застосуванням цього принципу є предметна замкненість на рівні технологічного модуля. Але поки це не завжди досягається; а іноді замкненість виробництва деталей на рівні дільниці, цеха економічно ще себе не виправдовує.

Для кожного підприємства існує оптимальний рівень предметної замкненості, яка визначається предметом виробництва, виконанням принципу суміщення високої продуктивності та універсальності використовуваного обладнання. Створення ГАВ з максимально досяжною предметною замкненістю обумовлює впровадження бригадних форм організації праці, підвищення відповідальності персоналу за роботу, скорочує витрати на контроль якості виробів.

6. Принцип застосування групових методів обробки.

Впровадження групових технологічних процесів скорочує необхідну «гнучкість» приладів або, навпаки, дозволяє розширити номенклатуру

оброблюваних виробів, скорочує необхідну номенклатуру інструменту, оснащення і т. ін.

Групова обробка – технологічна основа ГАВ!

7. Принцип інтеграції ГАВ із САПР, АСТПВ та АСКВ. Цей принцип дозволяє об'єднати на одній основі програмне керування проектуванням, розробку, підготовку виробництва та виготовлення виробів. При інтеграції цих систем завжди виникає питання компромісної конструкції та технології виготовлення.

3.6 Техніко-економічна та організаційна ефективність впровадження ГАВ

При переході до гнучких ліній та дільниць в 2–3 рази буде підвищуватися ефективність використання обладнання за рахунок мінімізації часу переналагодження його на виготовлення іншої продукції. Об'єднання автономно працюючого автоматичного технологічного обладнання в гнучких виробничих лініях (ГВЛ) дозволить підняти

48

коефіцієнт завантаження верстатів до 0,85–0,9 порівняно з 0,4–0,6; а коефіцієнт змінності їх роботи – до 2,5 порівняно з досягнутою нині величиною 1,3–1,6; суттєво (в 6–10 разів) скорочується виробничий цикл обробки деталей; знаходиться можливість цілодобово без верстатників виконувати операції обробки різних деталей однієї групи в будь-якій послідовності, тобто перейти до «безлюдної» технології. Крім того, з'являється можливість забезпечити функціонування ГАВ при відключенні або виході з ладу окремих елементів системи.

Технічну та організаційну ефективність впровадження ГАВ зазвичай оцінюють низкою показників:

- коефіцієнтом використання пристроїв;
- коефіцієнтом змінності роботи пристроїв;
- коефіцієнтом завантаження пристроїв;
- коефіцієнтом гнучкості пристроїв;
- показниками надійності (показниками готовності, напрацювання на відмову, ремонтоздатності і т. ін.).

1. Коефіцієнт використання пристроїв за машинним часом

$$M_n = \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^T t_{mkt} \cdot K_{mkt} / T, \quad (3.1)$$

де M – число найменувань деталей в комплекті;

n – кількість верстатних операцій на одну деталь;
 t_m та $t_{шт.к.}$ – машинний та штучно-калькуляційний час на операцію,
 відповідно.

2. Коефіцієнт змінності роботи обладнання

$$K_{зм} = \frac{n_{вст.обл.}}{n_{вст.обл.р.}}, \quad (3.2)$$

де $n_{вст.обл.}$ – кількість відпрацьованих верстатозмін в місяць;
 $n_{вст.обл.}$ – кількість встановленого обладнання;
 D_p – кількість робочих днів місяця.

3. Коефіцієнт завантаження обладнання

$$K_{зав} = \frac{n_{пр}}{n_{р.}}, \quad (3.3)$$

де n_p та $n_{пр}$ – розрахункове та фактично застосоване обладнання. 4.
 Показником гнучкості модулів, ліній та дільниць є номенклатура оброблюваних на них деталей (чим вона більша, тим вища їх гнучкість).

49

Поняття гнучкості виробничої системи є багатокритеріальним та неоднозначним. Залежно від конкретного випадку розробники ГАВ на перший план висувають різні аспекти гнучкості, наприклад, такі як:

- машинна гнучкість – простота перебудови технологічного обладнання ГАВ для виробництва заданої множини деталей;
- технологічна гнучкість – властивість виробляти задану множину типів деталей різними способами;
- структурна гнучкість – можливість розширення системи за рахунок введення нових технологічних модулів;
- виробнича гнучкість (живучість) – властивість продовжувати обробку заданої множини деталей при відмові окремих технологічних елементів ГАВ;
- маршрутна гнучкість – можливість зміни порядку виконання операцій;
- гнучкість за продуктом – властивість швидкого перемикання на випуск нових деталей;
- гнучкість за обсягом – властивість ГАВ ефективно функціонувати при різних обсягах виробництва;

- гнучкість за номенклатурою – властивість виробляти різноманітні вироби.

Велика кількість технологічних, виробничих та інших задач, які вирішуються методами гнучкої автоматизації, не дає можливості сформулювати єдині методи комплексного оцінення гнучкості, що дозволяє порівнювати різні системи. Тому **доцільно оцінювати три форми гнучкості:**

- структурну,
- технологічну,
- організаційну.

Структурна гнучкість охоплює декілька можливостей:

- вільність у виборі послідовності обробки;
- можливість при виході з ладу будь-якої одиниці обладнання виконувати обробку на аналогічному обладнанні;
- можливість нарощування системи на основі модульного принципу.

Гнучкість ГВС

Гнучкість ГВС є властивістю швидко та цілеспрямовано змінювати технологічні можливості в межах свого технологічного потенціалу шляхом перебудови морфологічної та функціональної організації згідно з запитами виробничої ситуації при мінімально можливих трудових витратах.

Для вибору гнучкості можна використовувати два підходи: 1. Можна охарактеризувати гнучкість відношенням кількості пар ($2a$) різних деталей, які потребують переналагодження, до загальної кількості (M) деталей, оброблених за одиницю часу:

$$G_1 = \frac{2a}{M} \quad (3.4)$$

Для одиничного виробництва це відношення дорівнює 1. В такому випадку для кожної наступної на обробку деталі необхідна автоматична підготовка нових затискних пристроїв, завантажувальних та транспортних пристроїв, набору різальних інструментів, керівної програми і т. ін.

Для кожного верстата в системі необхідна певна гнучкість, а загальна гнучкість верстатної системи обмежена верстатом з найменшою гнучкістю.

2. Можна гнучкість охарактеризувати відношенням фактично здобутої гнучкості A_ϕ до потрібного значення пристосування A_{mp} :

$$G_2 = \frac{A}{\phi} \quad (3.5)$$

При цьому зіставляють фактичні можливості обладнання із вимогами, які виходять із заданого набору оброблюваних деталей. Тільки у випадку $\Gamma_2 = 1$ потреби гнучкості повністю задовольняються, при гнучкості $\Gamma_2 > 1$, гнучкість обладнання не повністю використовується, а при $\Gamma_2 < 1$ не всі деталі оброблюються при оптимальних умовах. Перевірку умови (3.5) доцільно проводити як для окремих верстатів, так і для всієї верстатної системи.

Технологічна гнучкість виявляється за властивістю на існуючому обладнанні виконувати декілька технологічних задач, що забезпечується використанням багатоцільових та багатоінструментальних верстатів, наявністю технологічних модулів, які охоплюють широкий спектр виробничих операцій і, за змоги, обробки групи різних деталей без механічного переналагодження обладнання (або з незначними витратами на переналагодження).

Наближене порівняння різних ГВС можливо проводити за індексом гнучкості, який знаходиться за формулою:

$$N k U_n = \dots, \quad (3.6)$$

$$1000^{\Gamma}$$

де N – номенклатура деталей, виготовлених системою за певний період часу;

k – частка деталей, які виготовляються на системі вперше (процес оновлення номенклатури);

n – кількість однакових деталей в типовій партії.

Індекс гнучкості найбільш доцільно знаходити із середньорічних характеристик системи.

Організаційна гнучкість значною мірою визначає структуру ГАВ. При проектуванні організаційно-виробничої структури виникає протиріччя між намаганням максимально завантажити обладнання та намаганням забезпечити мінімальну тривалість виробничого циклу. Намагання до скорочення тривалості виробничого циклу приводить до виробничої структури, зорієнтованої на виріб, тобто на предметний принцип, який неодмінно викликає нераціональне використання обладнання та трудових ресурсів.

Альтернативою слугує виробнича структура, зорієнтована на засоби

виробництва, тобто на технологічний принцип, що забезпечує найбільш ефективне використання обладнання, дозволяє скоротити кількість працюючих, але може призвести до збільшення тривалості виробничого циклу, збільшення незавершеного виробництва.

Важливою характеристикою гнучкості є перехід системи на обробку деталей іншого найменування, підготовка до чого виконана завчасно, а також час підготовки до виробництва деталей нових найменувань, включно із інфраструктурною та технологічною підготовками.

До показників надійності відносять:

- напрацювання на відмову

$$N t \sum_{T^i} \cdot = m \quad , (3.7)$$

де N – кількість верстатів (пристроїв), які входять в гнучку систему цієї моделі;

t – напрацювання i -го верстата на відмову за 1 годину роботи;

m – кількість відмов (збоїв) всіх N верстатів;

- показник ресурсу або довговічності

$$N^x P^L, (3.8)$$

$$\sum \cdot = N$$

де x – величина фактичних ресурсів i -го верстата;

- коефіцієнт готовності обробки до роботи

$$TK_{+} = , (3.9)$$

$$\frac{a}{T T_{ov}}$$

де T_{ov} – середній час видалення відмови (наприклад, встановлення працездатності верстата після відмови);

52

- показник ремонтоздатності

$$T, (3.10)$$

$$\sum_{i=1}^n T_i = N$$

де T_i – середній час відновлення i -го верстата.

3.7 Надійність роботи автоматизованих комплексів

При дослідженні та відпрацюванні надійності роботи автоматизованих комплексів корисно використовувати великий досвід, який накопичений при експлуатації автоматичних ліній масового виробництва.

Надійність автоматизованих комплексів – властивість виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, відповідних заданим режимам обслуговування, ремонту і т. ін.

Для автоматизації виробництва заданою функцією є випуск продукції заданої якості в потрібному обсязі, тому надійність автоматизованих комплексів є насамперед їх властивість безперебійно випускати продукцію в об'ємах, обумовлених заданою виробництвом програмою за час повного терміну служби.

Відмова – це подія, яка полягає в порушенні роботоздатності комплексу та потребує для усунення втручання людини.

Збій – самоусувна відмова, яка призводить до короткочасного порушення роботоздатності.

Роботоздатність – стан комплексу, при якому він здатний виготовляти продукцію заданої якості в потрібному обсязі.

Рівень надійності автоматизованого комплексу залежить від надійності кожного з його елементів і від характеру їх взаємодії – обраного компонування та схеми керування комплексом. Звідси два основних шляхи підвищення надійності комплексів:

- підвищення надійності роботи верстатів, механізмів АТС та СІО, інших елементів, із яких компонується комплекс;
- підвищення надійності комплексу в цілому вибором раціонального його компонування та системи керування.

Особливістю автоматизованих комплексів, які формуються на основі об'єднання з ЧПК, є те, що це нове обладнання принципово відрізняється від об'єднання та системи керування, які використовувалися раніше в автоматичних лініях масового виробництва.

Принципова відмінність – це перехід в системах керування на безконтрольну мікроелектроніку, в цикловій автоматичності – на електронні контролери, в механізмі – на безредукторні приводи, загартовані напрямні

і інші елементи, які мають високу довговічність. Важливо, щоб у всій сумі механізмів та ланок керування, які входять до комплексу, була обумовлена вимога рівновисокої надійності.

При створенні автоматичних комплексів часто були докори на адресу центральної ЕОМ, яка за відмови закінчує роботу комплексу в цілому. Вітчизняний та зарубіжний досвід показує, що відмови центральної ЕОМ, особливо при її резервуванні, на порядок нижчі відмов пристроїв у електроавтоматиці, гідравтоматиці та механіці верстатів та транспорту.

Всі прості обладнання поділяються на дві категорії:

- **власні;**
- **організаційно-технічні.**

Власні прості визначаються конструктивним вдосконалення обладнання, його нездатністю до роботи, кваліфікацією обслуговуючого персоналу і т. ін.

Організаційно-технічні прості обумовлені зовнішніми чинниками, які не залежать від конструкції обладнання та комплексу в цілому: це відсутність заготовок, персоналу, інструменту і т. ін.

Гнучкість перебудови технології обробки на автоматизованих комплексах, простота та негайність переходу на обробку будь-якої із освоєних деталей надають керівнику комплексу ефективний засіб скорочення організаційних простоїв.

Оскільки для функціонування автоматизованого комплексу необхідний певний склад спеціалістів, важливою обставиною забезпечення високого коефіцієнта використання комплексу є вивчення суміжних професій всередині бригади, що є малокількісним виробничим персоналом; забезпечення взаємодопомоги.

3.8 Економічна ефективність ГАВ

До кількості показників економічної ефективності впровадження ГАВ відносяться:

- **коефіцієнт окупності;**
- **економічний ефект за рік (економія приведених витрат);**
- **коефіцієнт підвищення продуктивності праці;**
- **коефіцієнт прирощення вартості обробки на одного працюючого по змінах;**
- **фондовіддача.**

Розрахунок показників виконують таким чином:

1. Коефіцієнт окупності:

$$T_K = \frac{T_{ок}}{T_{окн}}, \quad (3.11)$$

де $() / () T_{ок} = K_2 - K_1 C_1 - C_2$ – термін окупності витрат, рік;

54

1/ 6,7 $T_{ок.н} = E =$ років – нормативний термін окупності (при нормативному коефіцієнті ефективності $E = 0,15$). Обов'язковою вимогою окупності є $T_{ок} < T_{ок.н}$.

Для підрахунку величини $T_{ок}$ розраховуються капіталовкладення й одночасні витрати K_2 та K_1 до та після впровадження ГАВ, відповідно, а також технологічна собівартість одиниці продукції за змінними елементами витрат C_1 та C_2 до та після впровадження ГАВ, відповідно.

Величини K_2 та K_1 підраховують як суму капіталовкладень та одночасних витрат на обладнання $K_{об}$, ЕОМ та технічні засоби керування $K_{асу}$, транспортно-складське обладнання $K_{м-с}$ та системи інструментального забезпечення $K_{сіз}$, технологічне оснащення $K_{осн}$, виробничі, допоміжні та побутові площі $K_{пл}$ з врахуванням (додаванням) витрат на підготовку та освоєння виробництва $П_{п}$, зворотні фонди в незавершеному виробництві $H_{пр}$ та інші одночасних витрати $одЗ$.

Величини C_1 та C_2 являють собою суму витрат на зарплатню виробничих, допоміжних робітників, ІТР та обслуговуючого персоналу (з нарахуваннями) $плЗ$; на налагодження обладнання $налЗ$; на амортизацію A та поточний ремонт P обладнання: $A_{об} + P_{об}$, ЕОМ та технічні засоби АСК: $A_{асу} + P_{асу}$, основного транспортно-складського обладнання $A_{м-с} + P_{м-с}$; систем інструментального забезпечення $A_{сіз} + P_{сіз}$; дороговартісного оснащення $A_{осн} + P_{осн}$ та площ $A_{пл} + P_{пл}$; на знос інструменту та пристосувань спеціального призначення $ін.І$; на рушійну енергію $E_{ов}$; на освоєння виробництва $O_{п}$ та на втрати від браку $П_{бр}$.

2. Економічний ефект за рік

Якщо всі перераховані вище витрати підрахувати з урахуванням відповідних галузевих нормативів, то річний економічний ефект від впровадження ГАВ:

$$E = (C - C) \cdot N - E \cdot (K - K) + C \cdot r_{1221}, \quad (3.12)_{MEP}$$

де N – кількість одиниць продукції, виготовленої за рік; C_E – соціальний ефект на одного вивільненого робітника; r – кількість вивільнених робітників.

Вивільнення виробничих робітників:

- абсолютне, %:

$$r = - \frac{\dots}{\dots} = ; \quad (3.13)$$

$T T N$

$$\left(\frac{r_{p1}}{r_{p2}} \right) \cdot \frac{12}{\Phi_p} = \dots$$

55

- відносно, %:

$$\frac{r_{p1}}{r_{p2}} = \dots \cdot 100 \quad (3.14)$$

де N – річна програма виготовлення виробів;

Φ_p – фонд часу роботи одного працюючого за рік;

r_{p1} та r_{p2} – кількість виробничих працюючих до та після впровадження ГАВ.

3. Коефіцієнт підвищення продуктивності праці, %:

$$\Pi_{-} = 100 \cdot \frac{T_{np}}{T} \quad (3.15)$$

При зниженні трудоемності виготовлення одного комплекту продукції, %:

$$\frac{T}{T_{np}} = \dots \cdot 100 \quad (3.16)$$

де T_1 та T_2 – трудоемність комплекту продукції до та після впровадження ГАВ, відповідно.

4. Коефіцієнт прирощення вартості обробки на одного працюючого, %:

$$\left[\frac{C_2}{C_1} \right] \cdot 100 = \dots \cdot \frac{KCTNr}{CTNr} \quad (3.17)$$

де $C_{н.ч.о.}$ – вартість однієї нормо-години виготовлення продукції.

5. Фондовіддача

Ріст фондовіддачі обладнання при збільшенні виготовлення продукції, коли $N_2 > N_1$:

- абсолютний:

$$\Phi_{омд} = \Phi_{омд2} - \Phi_{омд1}; \quad (3.18)$$

- відносний, %:

$$\frac{\Phi_{омд2} - \Phi_{омд1}}{\Phi_{омд1}} \cdot 100, \quad (3.19)$$

$$\frac{\Phi_{омд2} - \Phi_{омд1}}{\Phi_{омд1}} \cdot 100 = \frac{\Phi_{омд2}}{\Phi_{омд1}} - 1 \cdot 100$$

де $\Phi_{омд1}$, $\Phi_{омд2}$ – фондовіддача до та після впровадження ГАВ.

Впровадження ГАВ дає не тільки більший техніко-економічний ефект, але і викликає важливі соціальні зміни у виробництві.

Велика соціальна ефективність впровадження ГАВ проявляє себе в підвищенні культури роботи обслуговуючого персоналу, покращенні режиму їх роботи (наприклад звільняються від праці в нічний час), виключенні важкої ручної фізичної праці, покращенні техніки безпеки та скороченні виробничого травматизму, а також скороченні витрат на житлове та культурне будівництво (з огляду на скорочення необхідної кількості працюючих).

3.9 Технологічне обладнання. Багатоцільовий верстат з ЧПК

За останні роки в галузі машинобудування з'явився новий тип металорізального устаткування – **багатоопераційні верстати (БВ)**. Вони називаються багатофункціональними (багатоцільовими) верстатами або оброблювальними центрами. Багатоцільові верстати призначені для комплексної обробки деталей різними видами інструментів, із програмним керуванням та автоматичною заміною інструментів. БВ призначені для обробки корпусних деталей, плит, кронштейнів та інших деталей, які мають багато отворів та потребують обробки з різних боків. Наприклад, в практиці часто зустрічаються важкі корпусні деталі, яким необхідна обробка з шести боків. Якщо деталі мають похилі площини, то кількість боків збільшується до 10 і більше. На кожному із боків є виступи, кишені, пази, напрямні ребра та інші конструктивні елементи, тобто кожний з боків корпусу – це поверхня, яка має декілька рівнів за глибиною. Кожний рівень глибини має свій складний контур. На кожному боці розташована певна

кількість основних та кріпильних отворів; гладких, ступінчастих, конічних та різьбових різних розмірів, глибини та точності. Часто необхідна обробка внутрішньої порожнини корпусних деталей, у якій є перемички, стінки, ребра жорсткості та кишені. Це змушує розробляти складні технології та передбачати велику кількість фрезерних, свердлильних та розточних операцій. При цьому важкий, громіздкий корпус необхідно транспортувати від одного верстата до іншого, потрібно забезпечити велику кількість установлень на верстаті; вивіряння, закріплення, необхідно проектувати засоби механізації для підйомно транспортних робіт. Машинний час зазвичай не перевищує 30%/шт., а інший час залишається на важкі допоміжні ручні рухи. Сумарний час обробки на верстатах не перевищує 5% виробничого циклу виготовлення деталі. Інший час деталі пролежують біля верстата в очікування обробки. Зберігання міжопераційних запасів потребує великих виробничих площ, призводить до загромодження переходів, необхідності створення спеціальних стелажів та піддонів. Багатократне встановлення корпусу знижує точність його виготовлення. За деякими статистичними даними корпусні деталі становлять більше половини всіх деталей цього оброблюваного типу, на БВ оброблюються з 2–4 боків 32% корпусних деталей, близько 50% – з 5–6 боків. В останньому випадку необхідно

57

обертання деталі навколо 2-х осей або перевстановлення. Більшість БВ застосовують для свердління, зенкерування, розвертування, розточування отворів, торцевого підрізання, фрезерування фасонних контурів та площин, нарізання різі, а на деяких (фірма Fritz Heckert) – проводиться розмітка та стругання. Причому, при свердлінні витрачається 70% часу, на фрезерування – 20%, розточування – 10%. Багатоцільові верстати доцільно застосовувати для обробки складних деталей. Досвід експлуатації цих верстатів показує, що чим складніша деталь, чим більше кількість операцій та переходів містить технологічний процес, тим ефективніше застосування цих верстатів.

БВ порівняно з універсальними верстатами мають такі переваги: - підвищену продуктивність (в 4–10 разів вища – різке зменшення допоміжного та підготовчо-заключного часу);

- підвищену точність в результаті ліквідації перебазування деталей та обробки пов'язаних між собою поверхонь жорсткими допусками; - підвищений коефіцієнт використання;

- простоту налагодження при переході від однієї деталі до іншої; - відсутністю необхідності створення складної та дорогої технологічної оснастки;

- можливістю багатOVERSTATного обслуговування.

Крім того, БВ характеризуються:

- підвищенням точності в результаті ліквідації перебазування деталей

та обробки пов'язаних між собою поверхонь жорсткими допусками положення від одної бази та одного програмоносія;

- скороченням виробничого циклу, звільненням площі;
- підвищенням мобільності виробництва при переході від обробки одних деталей до інших, що характерно для дрібносерійного виробництва;
- скороченням внутрішнього цехового транспорту;
- звільненням робочої сили (зменшення кількості обслуговуючих верстатів, контрольних операцій та транспортних функцій).

3.9.1 Класифікація БВ

БВ випускаються найчастіше двох типів:

- для обробки корпусних деталей;
- для обробки деталей типу тіл обертання.

Перший тип БВ є найбільш численним і вони можуть мати різне розташування шпинделя відносно площини столу:

- перпендикулярне (найчастіше – вертикальне);
- паралельне (горизонтальне).

БВ з вертикальним шпинделем випускаються у вигляді таких компонувань:

- за типом консольних та безконсольних вертикально-фрезерних верстатів;

58

- за типом поздовжньо-фрезерних або двостоякових координатно розточувальних верстатів.

Ці верстати призначені для обробки корпусних деталей середніх розмірів типу плит або кришок з паралельно розташованими отворами. БВ з горизонтальним шпинделем:

- за типом консольних горизонтально-фрезерних верстатів;
- за типом горизонтально-розточувальних верстатів.

Ці два верстати мають поворотний стіл, призначений для обробки більш крупних корпусних деталей з різних боків.

Нині випускається ряд БВ нормальної, підвищеної та високої точності. Одними з кращих моделей цих верстатів є моделі IP500MФ4, 2204BMФ4, 2623PMФ4.

За характером переважаючих переходів та відповідних різновидів багатоопераційні верстати поділяються на 3 групи:

- фрезерно-свердлильно-розточувальні з головним рухом – обертанням інструмента та компонуванням, аналогічним фрезерним, свердлильним, горизонтально-розточувальним верстатам;

- токарно-свердлильні, токарно-свердлильно-фрезерні з головним рухом – обертання оброблюваної деталі при компонуванні, наближеному до компонування верстатів токарної групи;

- верстати з широким використанням різних видів обробки (включно зі струганням) і оригінальним компоуванням вузлів.

Зустрічаються БВ, які скомпоновані як агрегатні верстати, а також верстати, скомпоновані з вузлів, характерних для універсальних верстатів. Так БВ фірми Iugenthal скомпоновані з токарно-карусельного та фрезерного верстатів.

Створюються БВ, які мають 2 шпинделі: один для легких, інший для важких робіт.

Більшість свердлильно-фрезерних та розточувальних БВ (близько 70%) – верстати горизонтального типу.

Існують БВ, шпиндель у яких може мати змінне положення осі в просторі.

Лише невелика кількість моделей МБВ мають таке ж компоування, як і верстати токарної групи.

3.9.2 Накопичувачі інструментів БВ

Суттєвою особливістю БВ є наявність накопичувачів та пристроїв автоматичної їх заміни.

3.9.2.1 Накопичувачі

Накопичувачі найчастіше виконуються у вигляді:

- **револьверних головок;**
- **інструментальних магазинів;**
- **комбінованих пристроїв.**

59

Накопичувачі можуть виконуватися у вигляді магазинів шпиндельних вузлів. Зокрема, у бувшому Радянському Союзі вони не знайшли застосування.

Револьверна головка

Являє собою поворотний корпус з декількома вмонтованими шпинделями. За зовнішнім виглядом вона нагадує револьверні головки токарно-револьверних верстатів. На відміну від останніх, в комірках револьверних головок БВ закріплюються шпиндельні вузли, в яких встановлюється різальний інструмент. Заміна інструментів в таких накопичувачах виконується обертанням головки. Після кожного оберту головка фіксується в певному положенні. В робочій зоні один із шпинделів приводиться в обертання від двигуна головного привода верстата.

Револьверні головки можуть мати різні компоновки залежно від розташування осі обертання поворотного корпусу револьверної головки та осей вмонтованих шпинделів (рис. 3.4):

- а) вісь шпинделів 1, перпендикулярна осі 2 револьверної головки; б) вісь шпинделів 1 паралельна осі 2 револьверної головки; в) вісь шпинделів 1 розміщена під кутом до осі 2 револьверної головки.

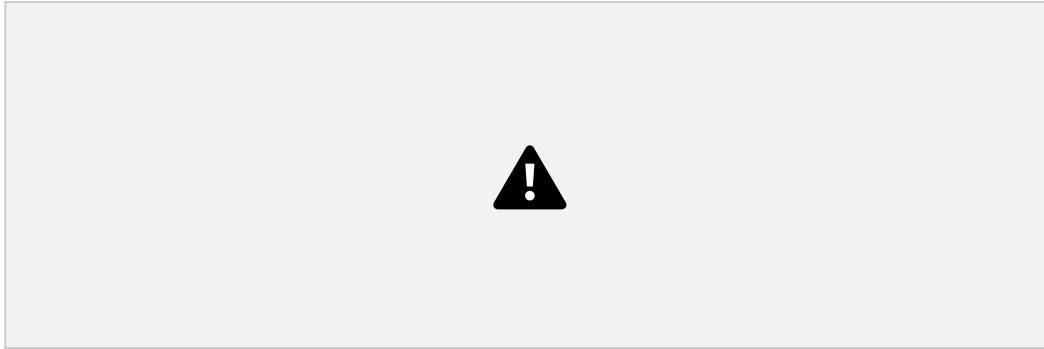


Рисунок 3.4 – Револьверні головки

БВ з револьверною головкою має ряд недоліків, наприклад, знижену жорсткість інструмента і, як наслідок, більш низьку точність. Однак застосування револьверної головки як накопичувача інструментів не потребує суттєвої зміни конструкції верстата, а заміна інструмента виконується за невелику кількість часу – 2–3 с. Тому револьверна головка знаходить нині широке використання в БВ середніх розмірів.

Інструментальні магазини

Виконуються у вигляді окремого вузла і призначаються для зберігання необхідної кількості інструментів (до 150 та більше). За програмою обробки інструменти автоматично вилучаються із магазину та завантажуються в шпindel верстата. Використаний інструмент автоматично повертається в магазин. Конструктивно інструментальні магазини виготовляють трьох типів:

- поворотні;
- ланцюгові;

60

- стелажні.

Магазин поворотного типу являє собою барабан, по периферії якого в спеціальних комірках розміщуються інструменти. Конструктивно цей магазин схожий на револьверну головку, що має більш щільне пакування різального інструменту (30 та більше) (рис. 3.5).

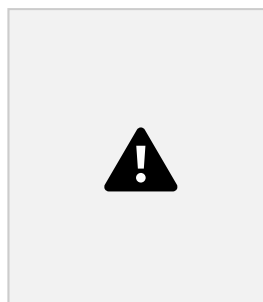


Рисунок 3.5 – Магазин поворотного типу

Магазин ланцюгового типу виконується у вигляді ланцюгового транспортера з відповідною кількістю комірок для інструментів. Крок

транспортера обумовлений діаметром інструменту, а його довжина – ємністю накопичувача (60 та більше) (рис. 3.6).

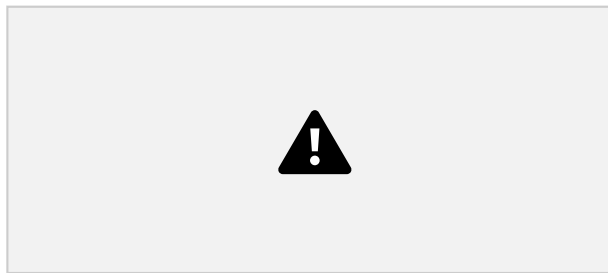


Рисунок 3.6 – Магазин ланцюгового типу

Магазин стелажного типу виконується у вигляді вертикальної чи горизонтальної плити з певною кількістю повздовжніх та поперечних рядів-комірок (рис. 3.7). Цей тип магазину забезпечує найщільніше пакування, але тут більш складний пошук інструменту. Якщо в магазинах поворотного та ланцюгового типу пошук інструменту виконується одним рухом, то в магазинах стелажного типу – двома рухами (вздовж повздовжніх та поперечних рядів).

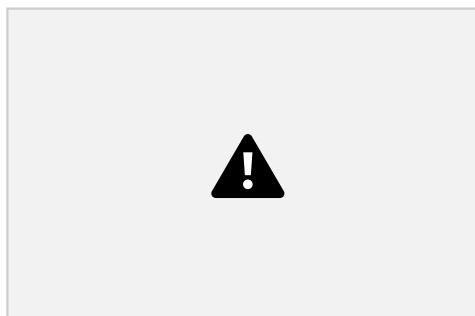


Рисунок 3.7 – Магазин стелажного типу

61

При застосуванні інструментальних магазинів в БВ зберігається висока жорсткість інструменту, а тому має місце підвищення точності обробки; ємність магазину практично не обмежена (до 150 та більше); потребує конструктивної зміни верстата; час заміни інструмента більший, ніж при револьверних головках. Отже, БВ з інструментальними магазинами доцільно застосовувати для обробки крупних та складних деталей.

Комбіновані накопичувачі

Зазвичай виконуються у вигляді поєднання магазину та револьверної головки. Основною метою їх створення є скорочення часу, який витрачається на заміну інструменту. В інших країнах експлуатується багатоцільовий вертикально-фрезерний консольний верстат виробництва Німеччини, у якого накопичувач виконаний у вигляді головки та магазину на 12 інструментів, встановленого у верхній частині станини. Заміна інструмента, закріпленого в револьверній головці, виконується за рахунок обертання головки.

Час заміни інструменту становить приблизно 3 с. Інструментальний магазин в цьому випадку слугує для поповнення різальним інструментом револьверної головки. Переміщення різального інструменту з магазину в револьверну головку виконується автоматично, при чому в той шпindel, який знаходиться у верхній частині револьверної головки. Заміна інструменту здійснюється найчастіше під час обробки деталі. Цим переважно і досягається зменшення часу заміни інструменту. На стіл верстата можна встановлювати поворотний пристрій, який збільшить технологічні можливості верстата. На верстаті виконуються всі види роботи з обробки корпусних деталей.

3.9.2.2 Пристрої автоматичної заміни інструмента (ПАЗІ) Ці пристрої призначені для автоматичного обміну інструментів між накопичувачами інструментів та верстатом, забезпечення стабільності та точності положення інструменту в шпинделі після його закріплення, а також надійності закріплення. Заміна інструменту має виконуватися за мінімум часу.

Пристрої для автоматичної заміни інструменту можуть бути:

- без автооператорів;
- з автооператорами.

ПАЗІ без автооператорів

Доволі часто виконуються у вигляді сполучення револьверної головки та додаткових вузлів, забезпечуючи розтискання, поворот та закріплення револьверної головки, а також обертання шпинделя револьверної головки, коли він знаходиться в робочій позиції. Подібними пристроями нині оснащено приблизно кожний четвертий БВ із тих, що виготовляються в країнах СНД. На рисунку 3.8 подана конструкція привода з револьверною головкою з поворотними шпинделями. В цьому випадку головка має нахилену вісь обертання. Один із шпинделів займає робочу позицію, в якій

62

він отримує обертання від кулачкової муфти 2. Кулачкова муфта приводиться в рух від електродвигуна 4. Поворот головки, її розтискання та переміщення кулачкової муфти виконується за допомогою електродвигуна 3. Черв'ячна передача 5 слугує для повороту револьверної головки. За допомогою рейкового зачеплення 6 виконується розтискання та затискання револьверної головки. Рейка при переміщенні повертає важіль 7, який вмикає та вимикає муфту 2.

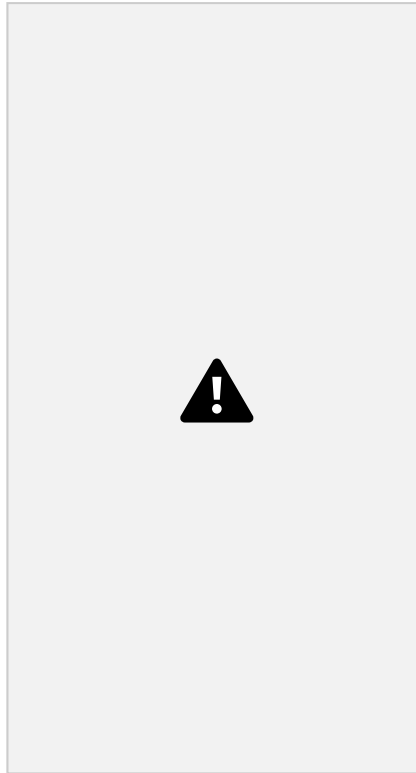


Рисунок 3.8 – Конструкція привода з револьверною головкою з поворотними шпинделями

На рисунку 3.9 наведена схема ПАЗІ з використанням револьверної головки для розширення набору інструментальних оправок. Револьверна головка також розміщена в шпindelній бабці. Подібну головку іноді називають «Короною».

В робочій позиції шпindel верстата проходить через діаметрально розташований отвір револьверної головки, захоплюючи інструмент; просуваючись далі, шпindel здійснює робочий цикл. При поверненні назад оправка з інструментом залишається в магазині, а шпindel виходить із револьверної головки, даючи їй можливість здійснити поворот.

Без автооператора працює ПАЗІ, у якого в магазині знаходяться шпindelні гільзи. Вони надходять з магазину на робоче місце шпинделя верстата, з'єднуються з приводами головного руху та подачі, а після робочого циклу пересуваються знову у магазин.

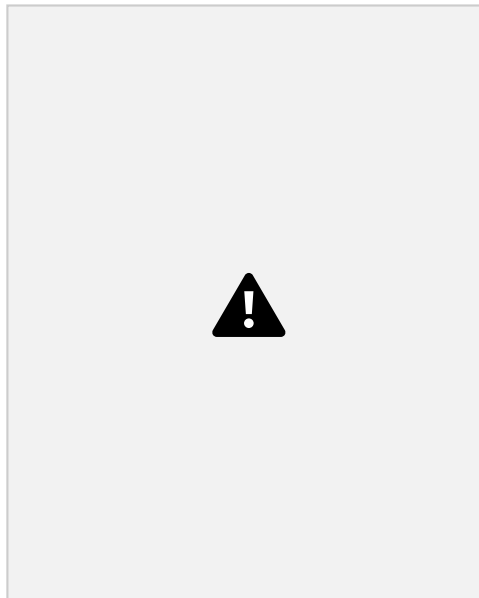


Рисунок 3.9 – ПАЗІ з використанням револьверної головки для розширення набору інструментальних оправок

В цьому випадку через відсутність автоматичної заміни самих інструментів можна забезпечити (при ручному закріпленні) добре зачищення посадочних місць і надійне закріплення інструменту. Може бути забезпечена достатня жорсткість шпиндельного вузла. При збереженні однакових зовнішніх розмірів пінолі є можливість диференційно підійти до конструкції шпинделів та опор залежно від умов роботи кожного шпинделя за характером навантаження, швидкості ходу і т. ін. Проте заміна пінолі не створює впевненості в збереженні постійного положення робочого шпинделя, тобто збереження важливого фактора точності. Крім того, подібна конструкція збільшує масу механізму АСК, габаритні розміри та його вартість.

В деяких конструкція БВ механізми розташовують на столі, наприклад у верстатів фірм Marusin (Англія) та Ernault – Somua (Франція) (рис. 3.10).

ПАЗІ з автооператором

За статистичними даними більшість БВ мають магазини інструментів (57%) з автооператором. Вони найчастіше являють собою комбінацію інструментальних магазинів, автооператорів та інших пристроїв. Під автооператором будемо розуміти частину ПАЗІ, яка забезпечує автоматичний обмін інструментів між накопичувачем та шпинделем верстата.

Розглянемо схеми ПАЗІ, які забезпечують найбільшу швидкість, тобто мінімальний час заміни інструментів (2–3 с). Для забезпечення такого часу до моменту закінчення робочого циклу необхідна максимально можлива підготовка до заміни інструментів. Найчастіше це забезпечується за допомогою таких способів.

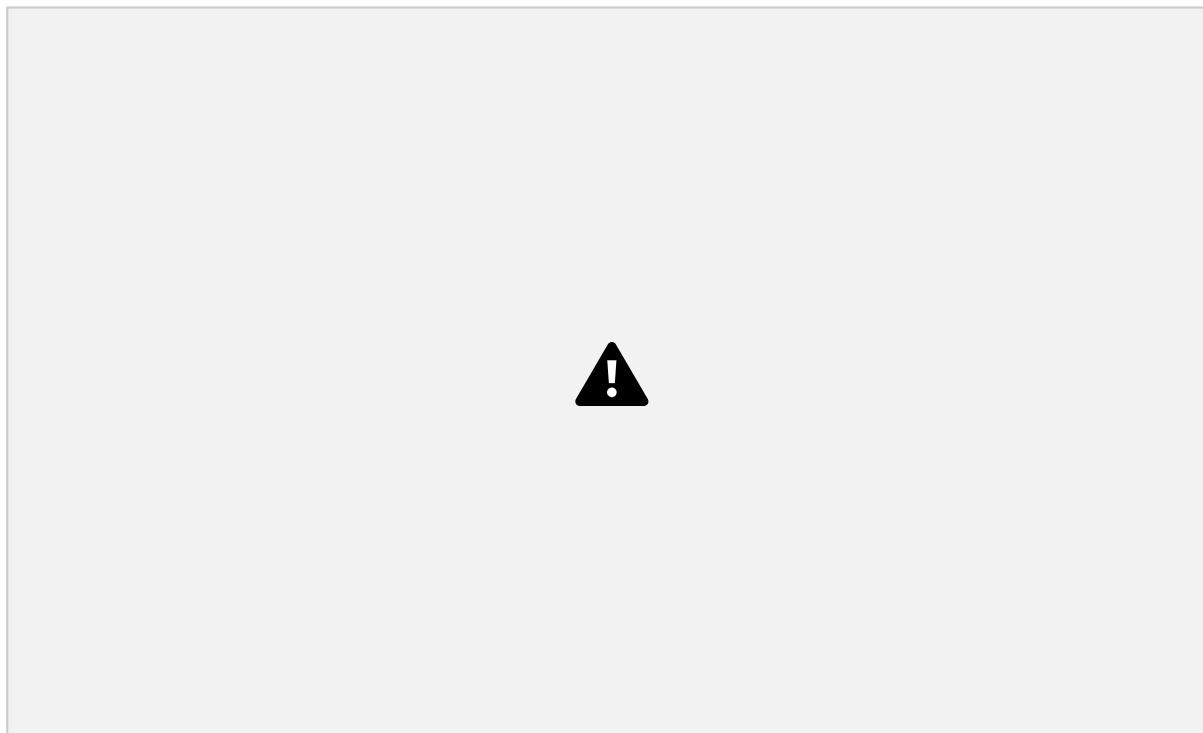


Рисунок 3.10 – БВ з механізми, розташованими на столі

1. Застосовують двошпindelьну револьверну головку з магазином, який знаходиться на шпindelьній бабці (рис. 3.11). Під час робочого циклу для 1-го шпindelя здійснюється заміна інструменту із магазину у 2-му шпindelі. Таким чином, для заміни інструменту необхідний час (несуміщений) тільки для повороту револьверної головки. Цей спосіб, хоча і є комбінованим та дозволяє разом з мінімальним часом заміни до 1 с збільшити кількість інструментів в наборі (до 20–30 шт.), але все ж таки не вдалось звільнитись від недоліків, характерних ПАЗІ зі шпindelьними револьверними головками.

2. Мінімальний час заміни інструментів забезпечується такими механізмами АЗІ, у яких до моменту закінчення різання біля шпindelя знаходяться захватні пристрої для вилучення відпрацьованого інструмента та підготовки нового інструмента, який має бути встановлений до шпindelя негайно після витягнення інструменту (рис. 3.12). Всі інші прийоми, такі як повернення відпрацьованого інструменту в магазин, поворот магазину, доставка нового інструменту до шпindelя, мають виконуватися за час робочого ходу.

65

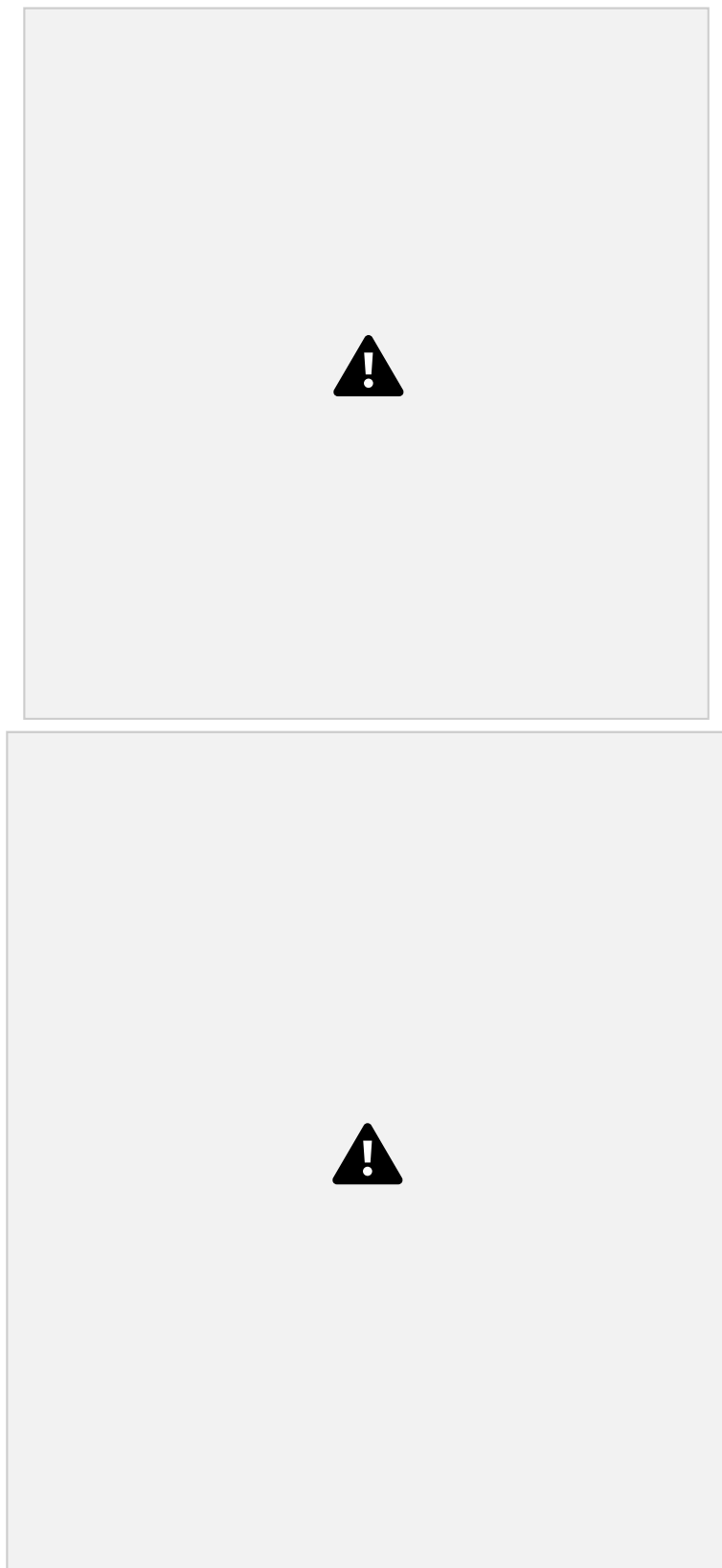


Рисунок 3.11 – Двошпindelьна револьверна головка з магазином, який

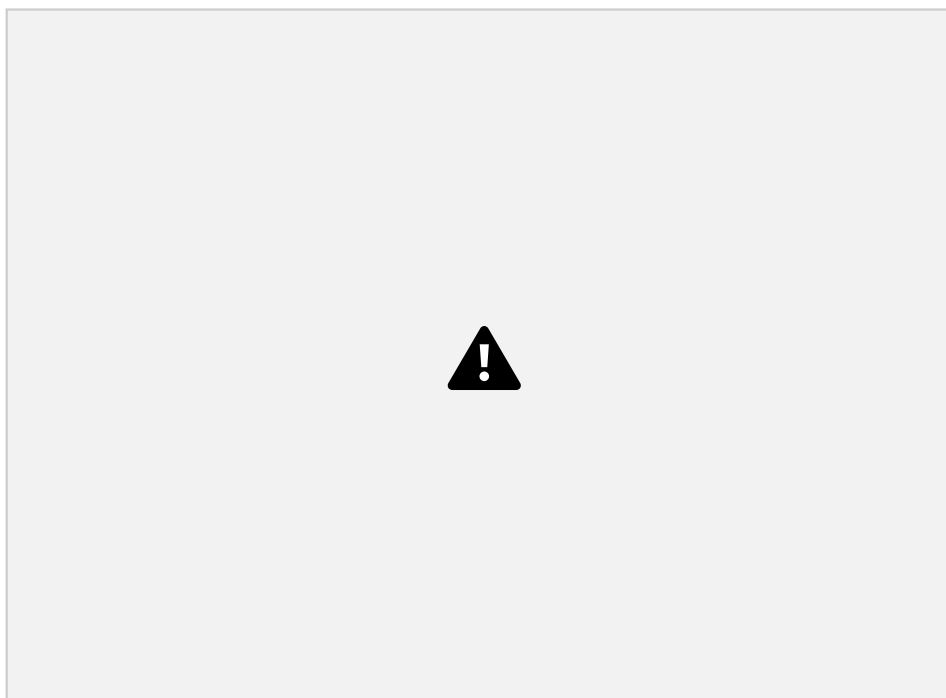


Рисунок 3.12 – Механізми з захватними пристроями біля шпинделя

3.10 Промислові роботи та маніпулятори

3.10.1 Загальні відомості

Робототехніка – новий науково-технічний напрямок, що швидко розвивається; сфера застосування його постійно розширюється. Роботи можуть застосовуватися: в промисловості, транспорті, сільському господарстві, охороні здоров'я, сфері обслуговування, освоєнні океану та космосу, а також для наукових досліджень. Але головним призначенням робототехніки, яке визначає масштаб та темпи її розвитку, є автоматизація виробництва. Від традиційних засобів автоматизації роботи відрізняються, насамперед, універсальністю відтворюваних рухів та швидкою перебудовою. Тому промислові роботи вже на першому етапі їх застосування створили такі можливості у виробництві:

- розвиток комплексної автоматизації, зокрема малосерійному та одиничному виробництві, із збереженням швидкої змінюваності виготовлюваної продукції;
- різке скорочення терміну освоєння принципово нової продукції, відсутність необхідності створення відповідних нових спеціальних засобів автоматизації;
- скорочення термінів створення комплексно-автоматизованих цехів на базі типових роботизованих технологічних одиниць і ділянок,

централізовано керованих ЕОМ;

- можливість створення нових технологічних процесів, принципово неможливих за участі людини;

67

- можливість автоматизації та модернізації відповідних, морально застарілих, виробництв при змінненні технологічного процесу та устаткування.

Так, роботи дозволяють перетворити поточні лінії з багатопозиційними автоматами в більш сучасні автоматичні лінії, які відрізняються від традиційних автоматичних ліній економічністю та швидкістю створення.

На декількох операціях один робот заміняє одного – трьох робітників, підвищує продуктивність виробництва на 20 – 40% і окупається за 1 – 3,5 роки.

Впровадження промислових роботів приводить до більш раціонального використання трудових ресурсів та отримання соціального ефекту (покращення умов та характеру роботи, зниження травмування).

Роботи, переважно, застосовуються в машинобудуванні для заміни робітників, зайнятих на окремих операціях із обслуговування металорізальних верстатів, пресів, печей і іншого технологічного устаткування; для вдосконалення таких основних технологічних операцій, як зварювання, фарбування, найпростіше складання, транспортування та ін. Створені та успішно експлуатуються за допомогою роботів перші комплексно-автоматизовані дільниці механічної обробки, штамповки, точкового зварювання та інших.

Насправді, **робот може визначатися як універсальний автомат виконання механічних дій**. При створенні перших роботів, на сьогодні, зразком слугують людські можливості до виконання фізичної роботи. Прагнення заміни людини в роботі «народило» ідею створення механічної людини – робота, надалі – створення та розвиток робототехніки та створення роботів.

Виходячи з функціонального складу робота його можна також визначити як сукупність механічних рук – маніпуляторів та керівних пристроїв, які містять:

- **виконавчий пристрій (блок керування приводами);**
- **пристрої обробки інформації (може бути використана ЕОМ) – «мозок» робота;**

- **чутливий (сенсорний) пристрій – «органи відчуття» робота.** В загальному випадку, **робот може мати і засоби переміщення** (зокрема і у вигляді ніг).

Найбільш прості роботи, для яких основна задача – встановлення певних рухів і пов'язаних з нею задач обробки інформації є досить прості.

Переважно керування сучасними автоматичними маніпуляторами лежить на задалегідь заданій програмі (автоматичні маніпулятори з програмним керуванням), доповненими залежно від складності роботи елементами адаптації та штучного інтелекту. Останнє потребує більш менш розвинутої «сенсорики» і, звичайно, застосування

ЕОМ. Виникають нові проблеми:

68

- механіка багатоланкових просторових механізмів типу рук (маніпуляторів) робота;
- створення принципово нових типів робочих органів та двигунів для роботів;
- «відчуття» роботів, включно з проблемою перетворення сенсорної інформації;
- керування роботами, з врахуванням й групового;
- програмування та штучний інтелект роботів;
- взаємодія між людиною та роботом;
- свідомі та філософські аспекти проблеми, зокрема пов'язані зі штучним інтелектом колективно пов'язаних роботів, їх еволюцією з розвитком техніки.

При вирішенні цих проблем, як і проблеми створення роботів в цілому, є копіювання людини та живої природи в цілому, однак не менш важливим в рамках сучасної техніки є пошук нових шляхів. Прикладом другого шляху є телескопічні механізми рук; застосування електромагнітного поля для орієнтації та взяття предметів; перехід на колісний хід замість ходи.

3.10.2 Класифікація промислових роботів та їх основних складових

Розглянемо класифікацію роботів, призначених для застосування їх в промисловості, тобто для промислових роботів.

Згідно з ГОСТ2586-83 **промисловий робот (ПР)** – це автоматична машина, яка являє собою сукупність маніпулятора та перепрограмованого пристрою керування для виконання у виробничому процесі рушійних та керівних функцій, які замінюють аналогічні функції людини при переміщенні предметів виробництва та оснащення.

Перепрограмовність робота – це його властивість змінювати керівну програму автоматично або за допомогою оператора. Зміна керівної програми здійснюється перемиканням задалегідь занесених до пам'яті пристрою керування програм, заміною програмоносія або введенням до пам'яті нової керівної програми з якого-небудь носія.

Маніпулятор являє собою розімкнений кінематичний ланцюг, оснащений робочим органом та приводами для виконання рушійних функцій, подібних функціям руки людини при переміщенні об'єктів.

Разом із застосуванням у ПР маніпулятор використовується і як самостійний пристрій, керований оператором.

Пристрій керування ПР призначений для формування та видавання керівних дій згідно з керівною програмою.

Виділимо ще одну складову частину ПР – **робочий орган (РО)**. Він призначений для безпосереднього виконання технологічних операцій або допоміжних переходів. Прикладами робочого органу слугують захоплювальні пристрої, зварювальні кліщі, фарбувальний пістолет, складальний інструмент.

69

На рисунку 3.13, а) наведена загальна функціональна схема ПР, а на рисунку 3.13, б) – блок-схема робота як автоматичної системи, яка складається з пристрою керування ПК, маніпуляторів М та пристрою пересування ПП.

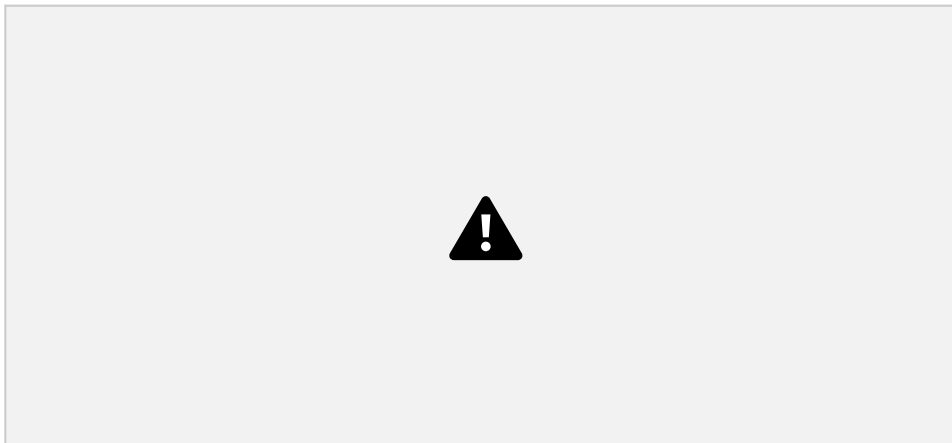


Рисунок 3.13 – Загальна функціональна схема ПР

Маніпулятори та пристрої пересування є виконавчими пристроями робота, безпосередньо взаємодіючими із зовнішнім середовищем. Пристрої пересування роботів можуть бути основані на базі відомих способів пересування, починаючи з кочення і закінчуючи крокуванням. До складу ПК конструктивно входить: пульт керування ПУ, за допомогою якого оператор виконує введення та контроль завдання; запам'ятовувальний пристрій ЗП, в якому зберігаються програми роботи і інша необхідна інформація; обчислювальний пристрій ОП, в якому реалізується алгоритм керування роботом.

Пристрій керування може бути виконаний у вигляді окремого самостійного пристрою або вбудований в корпус робота. При цьому блок керування приводами БКП може бути розміщений в корпусі робота (як правило, в роботах з пневматичними та гідравлічними приводами) або в окремо розташованому (зазвичай в роботах з електромеханічним приводом).

Промисловий робот має **два режими роботи**:

- режим програмування, при якому в ЗП заноситься програма

функціонування робота;

- режим відпрацювання технологічної операції.

На рисунку 3.13, б) показано перераховані частини ПК та їх функціональні зв'язки, а також комплекс чутливих пристроїв ПК (датчиків), які виявляють власно стан робота X та зовнішнього середовища H . На рисунку 3.13 позначено:

G – завдання на роботу, яку вводять в ПК оператором; V – вихідний вплив ПК на двигун маніпулятора та пристрій пересування робота. Крім того, ПК (зазвичай через БКП) здійснює керівну дію на технологічне обладнання, яке обслуговується роботом або працююче сумісно з ним, а

70

також на сумісно працюючі інші роботи. Технологічне обладнання і інші роботи, зі свого боку, можуть здійснювати керівну дію на цього робота. Згідно з ГОСТ 2587-83 промислові роботи класифікуються за такими основними ознаками: спеціалізації, вантажопідйомність, кількості ступенів рухливості, можливості пересування, спосіб встановлення на робочому місці, вид системи координат, вид привода, вид керування та способу програмування.

За спеціалізацією ПР поділяються на:

- спеціальні (для виконання певних технологічних операцій або допоміжних переходів при функціонуванні з конкретною моделлю технологічного обладнання);

- спеціалізовані (для виконання технологічних операцій одного виду або допоміжних переходів при функціонуванні з певною групою моделей технологічного обладнання. Приклади – технологічні операції одного виду такі як зварювання, фарбування, складання і т. ін. або група моделей технологічного обладнання – група моделей верстатів із горизонтальною віссю шпинделя);

- універсальні (для виконання технологічних операцій різних видів та допоміжних переходів при функціонуванні з різними групами моделей технологічного обладнання).

За способами встановлення на робочому місці ПР

бувають: - вбудовані в одиницю технологічного обладнання;

- підлогові (розташовуються біля одиниці технологічного обладнання);

- підвісні (розташовуються на порталі над одиницею технологічного обладнання або над декількома одиницями обладнання).

Різновиди ПР за іншими класифікаційними ознаками наведені нижче, у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Різновиди ПР

Класифікаційна ознака	Найменування робота згідно з ознакою
-----------------------	--------------------------------------

1	2
Кількість маніпуляторів	З одним, двома та більше: - з окремими приводами і залежним керуванням (за однією, двома або більше ступенями рухливості); - із загальними приводами (за однією, двома або більше ступенями рухливості).
Кількість ступенів рухливості (включно із пристроєм пересування)	З двома, трьома та більше ступенями: - рухомі; - нерухомі.

71

Продовження таблиці 3.2

1	2
Тип робочої зони маніпулятора	З робочою зоною: - на площині; - на площині у формі паралелепіпеда; - кулястої форми; - комбінованої форми.
Вантажопідйомність	- Надлегкий; - легкий; - середній; - важкий; - надважкий.
Типи приводів М та УП	- Пневматичний; - гідравлічний; - електричний; - комбінований.

<p>Тип системи керування: - за принципом керування; - за кількістю разом керованих роботів</p>	<p>З цикловим керуванням. З програмним керуванням: - позиційним; - контурним; - комбінованим. Чутливі роботи: - із неадаптивним керуванням; - із адаптивним керуванням; - із індивідуальним керуванням; - із груповим керуванням.</p>
<p>Клас точності</p>	<p>С точністю за класом 0, 1, 2, 3.</p>
<p>Тип виконання</p>	<p>- Нормальне; - пилзахисне; - теплозахисне; - вибухонебезпечне.</p>

3.10.2.1 Маніпулятори

Маніпулятори – механічні руки роботів в загальному випадку складаються з багатоланкових механізмів, приводів та робочих органів. Найпоширенішим варіантом конструктивного виконання маніпулятора є автономне від керівного пристрою (рис. 3.14); містить такі частини приводів окремих ланок маніпуляторів та його робочого органу – власне двигун, передаточні механізми і чутливі пристрої зворотного зв'язку, які разом називаються приводними пристроями.

Крім того, на маніпуляторі можна розташувати чутливі пристрої, які надають інформацію про зовнішнє середовище до керівного пристрою робота в цілому.

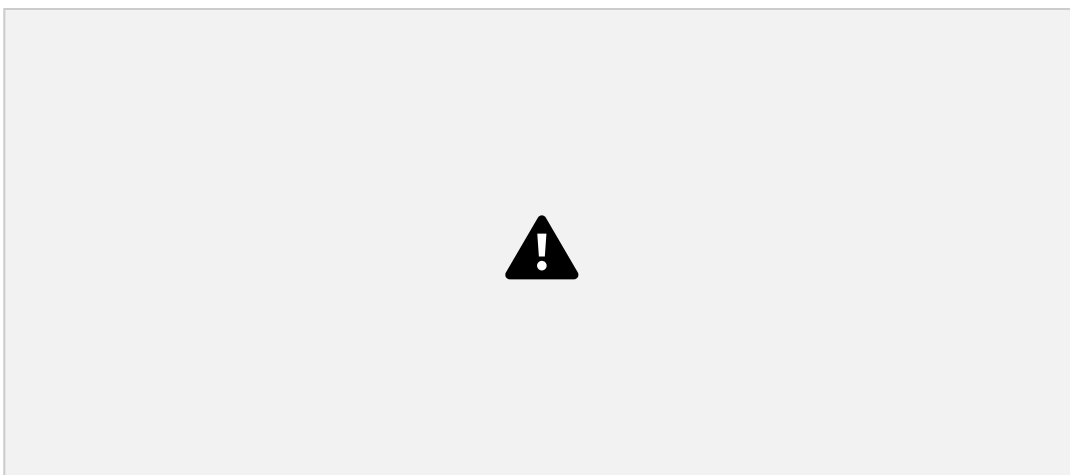


Рисунок 3.14 – Компонування маніпулятора

Маніпулятор, як одна із головних складових частин робота значною мірою визначає технічні можливості та особливості робота. Тому в наведеній вище класифікації промислових роботів за восьми ознаками, чотири перші повністю і дві останні значною мірою пов'язані з маніпуляторами. Класифікація роботів за цими ознаками є також і класифікацією їх маніпуляторів.

Класифікація маніпуляторів за типом їхніх кінематичних схем

Маніпулятори промислових роботів мають розімкнені (відкриті) кінематичні схеми, перші ланки (стійки) яких є корпусом маніпулятора, а останні – несуть робочі органи робота.

З особливостями кінематичних схем маніпуляторів пов'язаний ще один принцип, який не увійшов до класифікації. В основу цього принципу покладений **характер виконання маніпулятором за допомогою переносних ступенів рухливості рухів відносно тієї чи іншої системи координат**. Характер цих рухів задається за типами відповідних переносних ступенів рухливості кінематичних пар.

Згідно з цією класифікацією як маніпулятори, так і роботи поділяються на 4 групи:

- 1) працюючі в прямокутній системі координат;
- 2) працюючі в циліндричній системі координат;
- 3) працюючі у сферичній системі координат;
- 4) працюючі в комбінованій системі координат.

Наприклад, на рисунку 3.15 наведена схема маніпулятора, який працює в прямокутній системі координат та його робоча зона, а на рисунку 3.16 – схема маніпулятора, працюючого в циліндричній системі координат та його робоча зона.

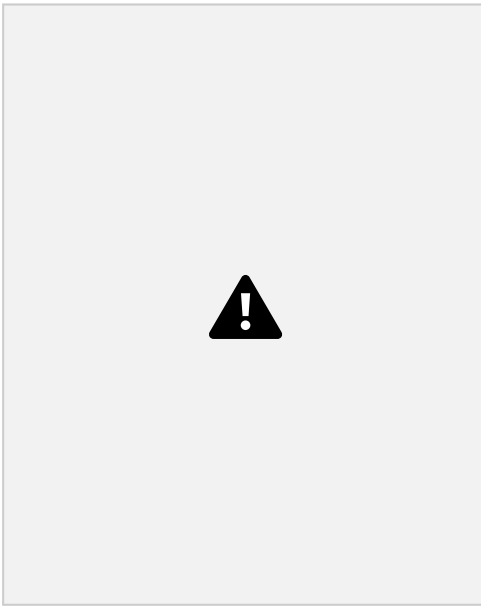


Рисунок 3.15 – Маніпулятор, який працює в прямокутній системі координат

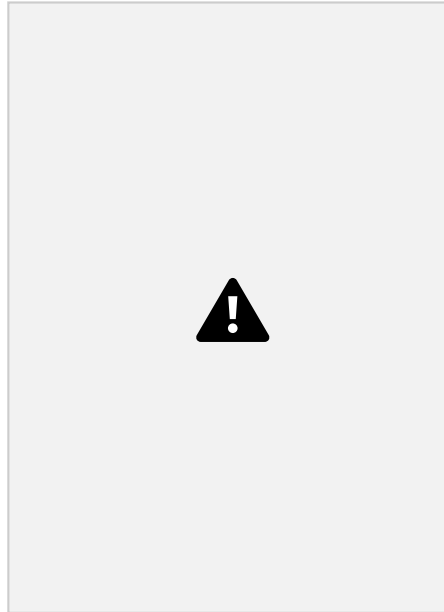


Рисунок 3.16 – Робоча зона маніпулятора

Класифікація маніпуляторів за типом приводних пристроїв 1. Пневматичні

Двигунами слугують пневмоциліндри зі зворотно-поступальним рухом штока, поворотні та ротаційні двигуни (пневмомотори). При цьому найбільш поширеним типом двигуна є пневмоциліндр.

Вантажопідйомність – до 15 кг.

Швидкість руху ланок – до 2 м/с.

Переваги:

- можливість працювати у важких експлуатаційних умовах (вибухонебезпечні середовища, висока запиленість т. д.);
- для поступальних переміщень ланок маніпулятора не потрібні достатньо складні передаточні механізми;
- вартість при інших рівних умовах в 2–3 рази нижча, ніж гідравлічних; - знижені вимоги до ущільнень.

Недоліки:

- м'яка механічна характеристика (це затрудняє створення позиційних приводів);
- потребують спеціальних гальмівних пристроїв;
- мають найпростішу циклову схему керування.

2. Гідравлічні

Двигунами є гідроциліндри із зворотно-поступальним рухом штока, гідродвигуни обертального типу та гідромотори. Найбільш поширений – гідроциліндр.

Вантажопідйомність – від 10 кг та вище (практично без обмеження зверху).

Переваги:

- значно вища питома потужність на одиницю маси;
- високий к.к.д.;
- високі точнісні якості (наприклад, позиціонування);
- просто та надійно фіксуються в своїх потокових положеннях.

Недоліки:

- впливає температура навколишнього середовища;
- високі вимоги до ущільнень;
- складне обслуговування.

3. Електромеханічні

Двигуни – електродвигуни постійного струму, крокові двигуни та асинхронні. Найбільш поширені – електродвигуни постійного струму.

Переваги:

- мають широкий діапазон вантажопідйомності (від часток до сотень кілограм);
- високі точнісні якості;
- незначний вплив зовнішніх факторів.

Недоліки:

- потребують складних передаточних механізмів (оскільки використовуються високообертові електродвигуни);
- мають менші швидкості ланок (ніж пневматичні);
- ускладнюється конструкція за рахунок введення пристроїв фіксації положення ланок.

Робочі органи маніпулятора

Робочі органи маніпулятора поділяються на:

- захватні пристрої, які забезпечують взяття та утримання об'єктів маніпулювання;
- технологічні інструменти, за допомогою яких виконуються основні технологічні операції.

Захватні пристрої

Захватні пристрої класифікуються за такими ознаками:

- за способом захвату та утримання об'єктів (механічні; вакуумні; електромагнітні; комбіновані; струменеві);
- за наявністю пристроїв відчуття (нечутливі; чутливі).

3.11 Автоматизована транспортно-накопичувальна система (АТНС)

З метою нормального функціонування ГВС в автоматичному режимі

необхідно, щоб верстати були забезпечені потрібним запасом заготовок, різального та допоміжного інструменту, а також технологічної оснастки.

75

Для зберігання цього матеріального потоку (в потрібній кількості та номенклатурі), його подачі до верстатів (у необхідний час), а також для виконання завантажувально-розвантажувальних операцій слугують автоматизовані транспортно-накопичувальні системи (АТНС).

АТНС, як одна з основних підсистем гнучкого виробництва, значною мірою визначає компонування, функціональні можливості та вартість ГВС, а також надійність її роботи. Вартість АТНС (до складу якої входять транспорт, приймальні столи ПС, магазини, пристрої централізованої подачі ЗОР та видалення відходів і т. ін.) становить до 40% вартості ГВС.

3.11.1 Транспортні системи

Під транспортною системою, яка входить до складу АТНС, розуміється транспорт, функціонально пов'язаний із основним та допоміжним обладнанням ГВС, що забезпечує переміщення заготовок, оброблених виробів, різального інструмента, змінних агрегатів та вузлів (наприклад, багатопшпіндельних головок) та ін., необхідних для здійснення технологічного процесів в ГВС у автоматичному або автоматизованому режимі. До складу транспортної системи можуть входити також пристрої для подачі ЗОР, збирання та видалення відходів виробництва (насамперед, стружки).

Нижче наведено класифікацію транспортного обладнання типових АТНС ГВС (рис. 3.17).

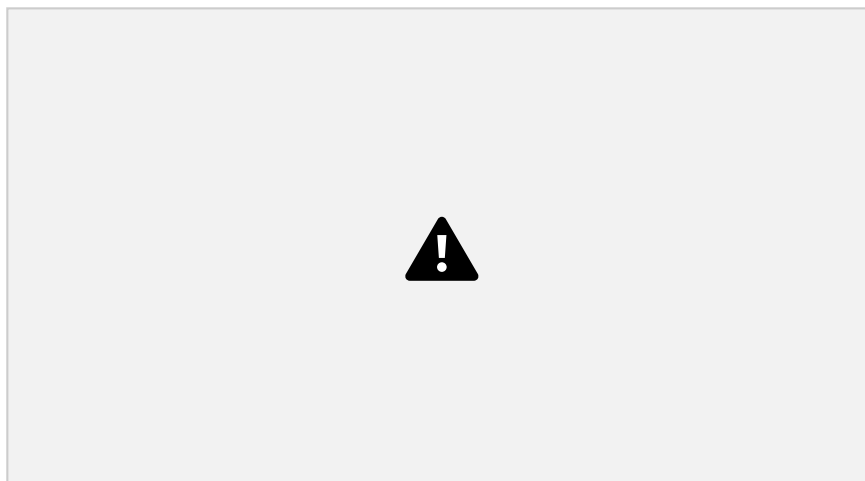


Рисунок 3.17 – Класифікація транспортного обладнання типових АТНС ГВС

Окремо потрібно зупинитися на використанні у ГВС самохідних візків (електроробоків).

Застосування таких візків постійно розширюється, що пов'язано насамперед з їх універсальністю, а також іншими їх перевагами, вказаними нижче.

Недоліки: значна похибка їх фіксації на позиціях перевантаження.

76

За призначенням електроробокари поділяються на такі види: - робочий візок призначений для транспортування вантажів; - завантаження-розвантаження візка здійснюється вручну або за допомогою ПР;

- може комплектуватися різними пристроями для закріплення та знімання вантажу;

- візок-тягач (призначений для переміщення вантажу у причепних візках);

- візок-перекладач призначений для транспортування вантажів на піддонах або ПС;

- може комплектуватися підйомниками, рольгангами, виштовхувачами вантажів та іншими відповідними механізмами, які виконують завантажувально-розвантажувальні операції у автоматичному режимі.

Функції електроробокарів в умовах ГВС:

- транспортування вантажів від складів та міжопераційних накопичувачів до технологічного обладнання і в зворотному напрямку; - транспортування вантажів всередині дільниці відповідно до технологічного процесу обробки відповідної деталі;

- використання як рухомих платформ при виконанні таких технологічних операцій як зварювання, складання, контроль і т. ін.; - використання як засобів завантаження-розвантаження, які забезпечують захоплення та укладання вантажів, що транспортуються (в цьому випадку візки комплектуються ПР, внаслідок чого їх і називають **електроробокарами**).

Переваги:

- простота змінення трас транспортно-технологічних маршрутів, що значно підвищує гнучкість виробництва;

- вивільнення виробничих площ від транспортних засобів, що значно полегшує доступ до обладнання;

- можливість підвищення продуктивності транспортного процесу шляхом поповнення парку рухомого складу та розширення маршрутної схеми;

- можливість ручного керування транспортом в екстрених випадках і т. ін.;

- виключення людини із сфери монотонних та втомлювальних процесів завантаження, розвантаження та транспортування вантажів; - створення рухомих робочих місць для виконання складання; - покращується

оглядовість робочих місць;

- підвищується культура виробництва.

До складу самохідного візка входять основні вузли (рис.

3.18): - платформа з приводними пристроями;

- напрямний пристрій, до складу якого входить бортова ЕОМ; - система стеження за рухом за зазначеним маршрутом та пристрій шляхового контролю;

77

- пульт керування;

- пристрій зв'язку з ЕОМ;

- система сигналізації та безпеки робота;

- технологічне оснащення для маніпуляції з вантажем;

- акумуляторна батарея.

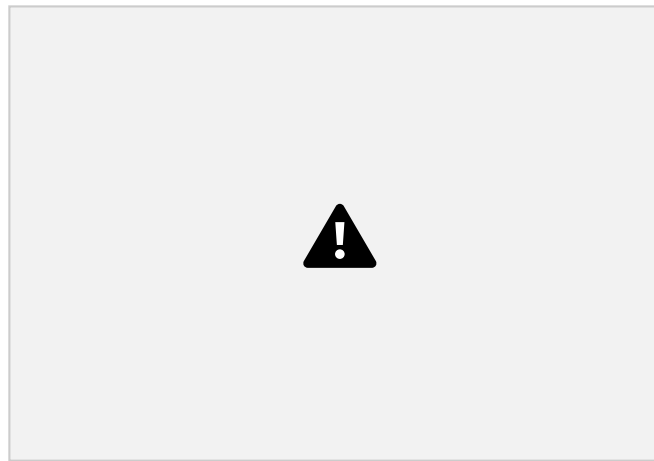


Рисунок 3.18 – Самохідний візок

Візки приводяться в дію від електродвигунів (з живленням від батареї), що забезпечують двозмінний запас ходу (близько 15 годин безперервної роботи), після закінчення якого візки автоматично спрямовуються на дільницю підзарядки.

На дільниці одночасно можуть працювати кілька транспортних засобів різних конструкцій, кожен з яких виконує задану роботу в заздалегідь визначеній зоні обслуговування.

У процесі роботи візків можуть виникати перешкоди на шляху їх переміщення. Спеціальні чутливі амортизатори і фотоелектричні пристрої забезпечують зупинку транспортних візків у разі непередбачених обставин.

Траса (маршрут) переміщення самохідних візків задається системою наведення – індукційною або фотоелектричною. При індукційній системі наведення маршрут, по якому рухається візок, задається дротовим провідником, що має вигляд замкнутого контура. Дріт прокладають в пазах підлоги, після чого їх закривають профільною гумою і заливають рідким розчином. По провіднику тече змінний струм низької частоти (5–32 кГц),

який отримується від стаціонарного генератора. Уздовж провідника, по якому тече струм, створюється магнітне поле з концентричним розташуванням силових ліній. Поле пронизується котушками індуктивності, розташованими на днищі візка.

Електронний пристрій рульового керування порівнює напруженість магнітного поля двох приймальних котушок. При появі неузгодженості виробляється командний сигнал, що подається на електропривод рульового керування, в результаті чого напрямок руху візка змінюється.

78

Візки досконаліших конструкцій можуть залишати свої контактні проводи й автоматично маневрувати, відшуковуючи свій контактний провід, після чого продовжувати переміщення в звичайному режимі.

При одночасному застосуванні декількох візків поряд з трасою руху задаються блокування, що попереджають наїзди на транспорт, що рухається попереду і регулюють рух на перехрестях та у місцях розгалуження.

Зв'язок візка із загальноцеховою системою керування здійснюється по радіо або з допомогою фотоелектричних пристроїв. Передбачається також можливість роботи візка в автономному режимі.

При фотоелектричній системі наведення маршрут руху візка прокладається за допомогою добре відбиваючих світло смуг фольги, що наклеюються на поверхню підлоги.

Знизу візка встановлюють освітлювач, який дає направлений потік світла на фольгу. Відбитий потік світла направляється на світлоприймач і через систему керування на сервомотор рульового керування, що забезпечує дотримання траси переміщення.

У перспективі передбачається керувати переміщенням візка, наприклад, за допомогою радіопроменя або лазера.

Візки оснащуються широкою номенклатурою автоматизованих завантажувально-розвантажувальних пристроїв.

АТНС ГВС компонуються переважно за двома схемами – лінійною і замкненою. Варіант схеми визначається маршрутом руху оброблюваних виробів в горизонтальній площині.

Якщо робочі позиції розташовані осторонь від основної транспортної магістралі, то в умовах двостороннього руху можлива будь-яка послідовність проходження позиції.

Якщо ж рух односторонній, то при лінійній розстановці робочих позицій можлива тільки жорстка послідовність обробки, а при замкненому компонуванні – будь-яка послідовність.

Замкнені компонування виконуються зазвичай у формі прямокутника, рідше у вигляді кола. Одна з важливих переваг замкненої системи порівняно з лінійною полягає в тому, що завантажувальна позиція може бути поєднана з розвантажувальною і на об'єднаній позиції оброблювані

деталі знімаються із супутників і тут само на них одразу встановлюються нові заготовки.

3.11.2 Накопичувальна система

Основна задача накопичувальних систем – забезпечити зберігання біля верстатів необхідного запасу заготовок, різального і допоміжного інструменту, технологічної оснастки, змінних вузлів і агрегатів верстатів та інших елементів матеріального потоку, який забезпечує нормальне функціонування ГВС.

Міністерство освіти і науки України
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «БЕРДЯНСЬКИЙ
МАШИНОБУДІВНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Національного університету «Запорізька політехніка»

Циклова комісія професійних дисциплін спеціальності 131

ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
ОПП	Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування

2022р.

ЗМІСТ

Вступ	4
1 Перелік лабораторних робіт	6
Лабораторна робота № 1 Панель пульта оператора (ПО) УЧПК «Електроніка НЦ-31»	6
Лабораторна робота № 2 Будова й особливості УЧПК «Електроніка НЦ- 31»	13
Лабораторна № 3 Послідовність підготовки керуючих програм УЧПК «Електроніка НЦ-31	20
2 Критерії оцінювання знань студентів	47
Список літератури.	48

ВСТУП

Найважливішою тенденцією розвитку сучасного машинобудування є поступовий перехід від застосування технологічного обладнання до автоматизованих машинних систем. Комплексна автоматизація серійного виробництва стала можливою завдяки розвитку засобів обчислювальної техніки, багатоцільових верстатів, промислових роботів. Гнучке автоматизоване виробництво (ГАВ), що містить верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), транспортно-складські системи, керовані від електронних обчислювальних машин (ЕОМ), мають високу технологічну гнучкість, яка необхідна для обробки широкої номенклатури деталей у разі частой їх зміни.

Мета вивчення навчальної дисципліни «Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв» – підготовка фахівця, що володіє знаннями про основи технологічної підготовки гнучких автоматизованих виробництв і набуття практичних навичок у підготовці керуючих програм, загальні закономірності побудови технологічних операцій і оформленні технологічної документації для верстатів з ЧПК. Навчальна дисципліна покликана сформувати у студентів системний підхід до розв'язання актуальних завдань керування автоматичним і автоматизованим виробничим технологічним процесом на базі сучасного програмно-керованого устаткування і засобів обчислювальної техніки.

Унаслідок вивчення навчальної дисципліни «Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв» студенти повинні:

знати: структуру ГАВ загалом і структуру його окремих ланок; основні характеристики ГАВ і методи його кількісного оцінювання; систему технологічного обладнання, що становить основу ГАВ; програмне забезпечення обладнання в ГВС; автоматичні транспортно-складські системи (АТСС); контрольно-вимірювальні системи (КВС); систему інструментального забезпечення (СІЗ); допоміжні системи (ДС); системи керування (СК);

особливості технологічної підготовки виробництва, що реалізується за принципами «безлюдної» технології.

уміти: формулювати вихідні дані до проектування ГАВ; формулювати вихідні дані для розробки технічних завдань на проектування технологічного, транспортного, складського, контрольно-вимірювального обладнання; розробляти технологічний процес виготовлення деталей на токарних, фрезерних і багатоцільових верстатах вбудованих в гнучкий виробничий комплекс; розробляти технологічну документацію для верстатів з ЧПК; вибирати заготовки для обробки на верстатах з ЧПК з можливістю її завантаження і вивантаження і подальшого транспортування.

Студенти вивчають матеріал, указаний лектором, удома, на підставі контролю якого робиться висновок про засвоєння матеріалу.

Для засвоєння матеріалу студенти використовують підручники, навчальні та методичні посібники, а також матеріал лекцій і лабораторних занять.

Консультації з викладачем проводяться згідно із графіком, що розробляється кожного семестру.

1 ПЕРЕЛІК ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

Лабораторна робота № 1

Тема. Панель пульта оператора (ПО) УЧПК «Електроніка НЦ-31»

Мета: ознайомлення з механічною і електричною складовими верстата 16К20Ф3, з органами керування та придбання практичних навичок включення станка.

Короткі теоретичні відомості

Система ЧПК «Електроніка НЦ-31» призначена для управління універсальними токарними верстатами. Ця система побудована на базі мікропроцесорів, має постійну пам'ять для зберігання системних програм і оперативну пам'ять для зберігання керуючих програм обробки деталей, параметрів верстата і параметрів прив'язки інструментів.

Система УЧПК НЦ-31 є оперативною системою ЧПК класу HNC (HAND NUMERIC CONTROL), орієнтованою на ручне введення програм і двокоординатну обробку. Для зберігання керуючих програм використовується ОЗУ (оперативний пристрій) системи керування. Збереження керуючих програм під час виключення основного живлення забезпечується акумуляторним живленням ОЗУ. Одночасно можливе зберігання 4-х керуючих програм по 250 кадрів кожна.

Контроль за переміщеннями проводиться фотоімпульсними датчиками переміщення. Два з них контролюють переміщення по координатах, один – швидкість обертання шпинделя і останній встановлений на передній панелі управління для контролю величини повороту маховика. Дискретність переміщення по осі X дорівнює 0,005 мм на радіус (або 0,01 на діаметр), по осі Z – 0,01 мм. Електроконтактна автоматика верстата призначена для отримання даних про стан силових агрегатів верстата, кінцевих вимикачів, керуванням силовими агрегатами за програмою.

Для оперативного керування верстатом є пульт керування силовими агрегатами і пульт системи УЧПК НЦ-31. На пульті керування силовими агрегатами є індикація: подачі напруги на верстат, включення двигуна головного руху і тиристорних регуляторів, а також кнопки включення і виключення тиристорних регуляторів, включення обертання шпинделя поштовхом і кнопка подачі мастила на напрямні верстата. Є перемикач блокування клавіатури, що дозволяє відключити клавіші пульта УЧПК НЦ-31.

Технічна характеристика системи ЧПК «Електроніка НЦ-31»:

Дискретність завдання геометричної інформації, мм:

по осі X (на діаметр)0,01

по осі Z0,01

Найбільша величина переміщень, що задаються

в кадрі, мм9999,99

Діапазон робочих подач, мм/об.....0,01÷40,95

Максимальна подача, мм / хв:

при різенарізанні7000

в режимі автоматичної обробки5000

прискорене переміщення10000

Габаритні розміри, мм483×335×300

Інформація задається в абсолютних і відносних розмірах.

Вивчення пульта оператора УЧПК «Електроніка НЦ-31» дозволить судити про функціональні можливості УЧПК цього класу. Окрім цього, аналіз підготовки керуючої програми також несе в собі можливість відображення функціональності УЧПК. До складу пульта оператора належать клавіші, цифрові та дискретні індикатори (світлодіоди), призначення яких наведено в табл. 1. Ключовим поняттям мови пульта оператора є режим. З режимних позицій пульта оператора можна розділити на функціональні зони (Рис. 1.1)

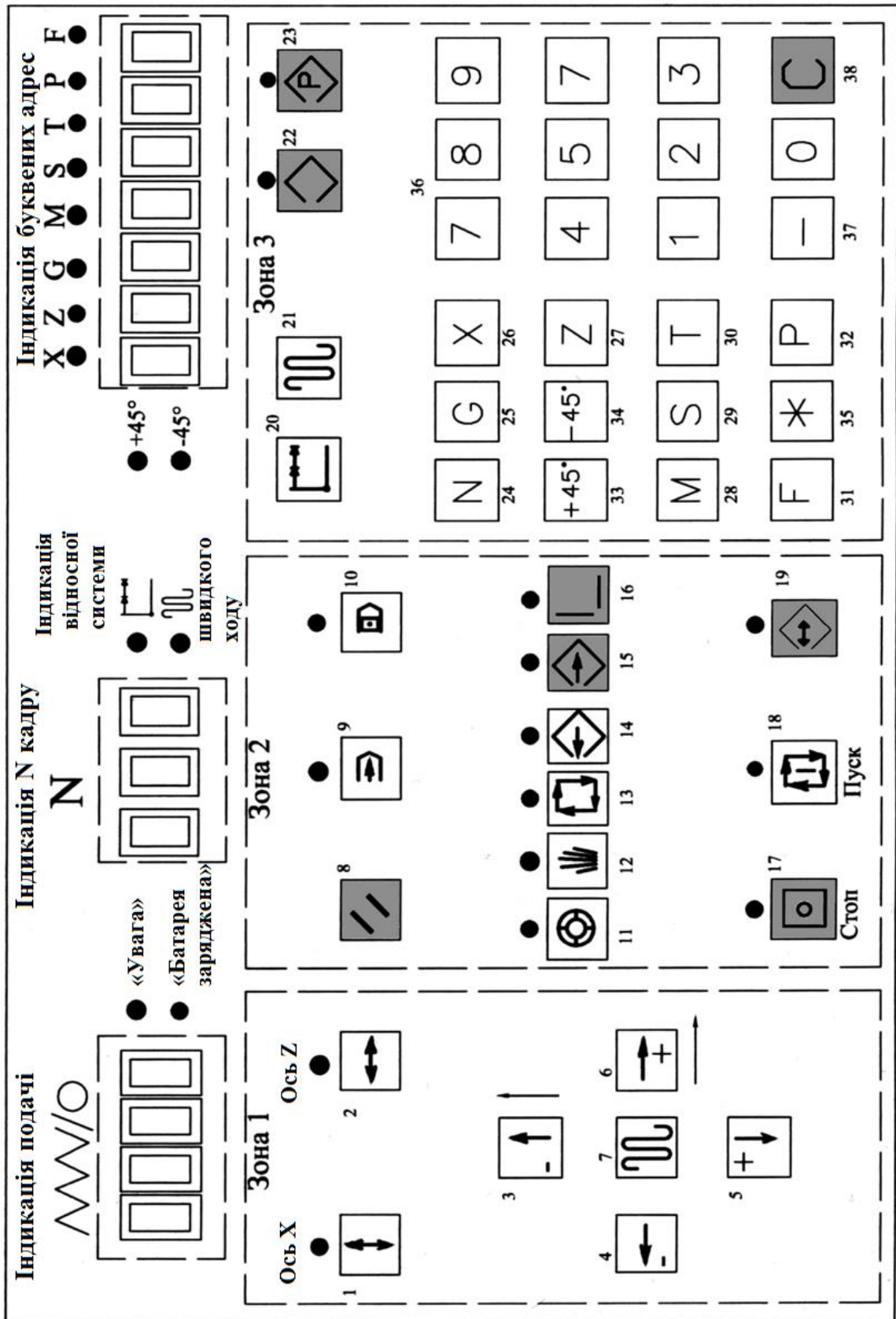


Рис. 1.1 – Клавіатура пульта оператора системи УЧПК «Електроніка НЦ-31»

Зона 1 слугує для керування переміщеннями супорта в ручному режимі. Клавiші зони 1 дозволяють оператору здійснювати налагоджувальні переміщення різального інструменту або по осі X, або по осі Z на прискореній або робочій швидкості.

Зона 2 слугує для вибору режимів роботи та управління роботою системи.

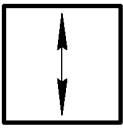
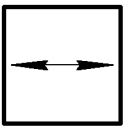
Зона 3 призначена для введення буквено-цифрової інформації, а також ознак спеціального призначення.


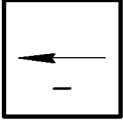
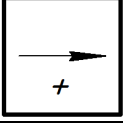
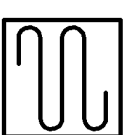

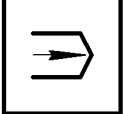
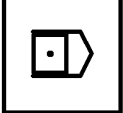
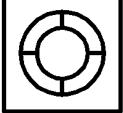

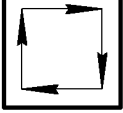
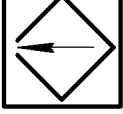
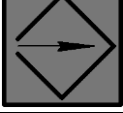
Чотирирозрядний цифровий індикатор призначений для індикації значень заданої подачі. Трирозрядний цифровий індикатор призначений для індикації номера кадру. Під час написання або контролю параметрів відображає номер параметра верстата.

Семирозрядний цифровий індикатор (± 012459) призначений для індикації числової частини буквених адрес, кадрів програми, параметрів, технологічних команд, положень супорта верстата і кодів аварійного стану. Над лампочками індикатора розміщені вісім сигнальних ламп з літерними позначеннями, які вказують адреси цифрової індикації на лампочках індикатора.

Усі елементи пульта оператора можна об'єднати на такі функціональні групи клавiш: режимних; виконавчих; індикації положення і вибору напрямку руху від маховика; переміщення в ручному режимі; спеціального призначення; набору; цифрових і дискретних індикаторів.

Таблиця 1.1.

№ клавiші (рис. 1.1)	Символ	Призначення клавiш
1		Поперечне переміщення робочого органа та індикація положення по осі X. Під час натискання на клавiшу в разі обертання маховичка супорт переміщається по осі X, а з натисканням на клавiшу під час відпрацювання програми на цифровому індикаторі видається інформація про стан супорта по осі X
2		Поздовжнє переміщення робочого органа та індикація положення по осі Z. Дія, аналогічна клавiші 1. Після першого натискання клавiші 1 або 2 залишаються

		включеними, горить відповідна сигнальна лампочка. Клавіші та сигнальні лампочки вимикаються після повторного натискання
3		Переміщення на робочій подачі та швидкому ходу по осі -X (до осі заготовки)
4		Переміщення на робочій подачі та швидкому ходу по осі -Z (до шпиндельної бабки)
5		Переміщення на робочій подачі та швидкому ходу по осі +X (від осі точіння)
6		Переміщення на робочій подачі та швидкому ходу по осі +Z (від шпиндельної бабки)
7		Включення швидкого переміщення по напрямках -X, +X, -Z, +Z. Клавіша діє тільки в тому випадку, якщо під час натискання на неї одночасно натискають на одну з чотирьох клавіш (3, 4, 5, 6) переміщення поштовхом
8		Гасіння стану «Увага» і команд, які не повинні доопрацьовуватися до кінця
9		Завдання режиму відпрацювання керуючої програми без переміщення супорта для контролю за індикатором III
10		Завдання режиму покадрового відпрацювання керуючої програми
11		Завдання режиму роботи від маховичка
12		Завдання ручного режиму роботи
13		Завдання автоматичного режиму роботи за керуючою програмою
14		Виведення на індикатор III введених у пам'ять кадрів керуючої програми та параметрів верстата
15		Уведення (запам'ятовування) кадрів керуючої програми і параметрів верстата в пам'ять системи ЧПК

16		Завдання режиму розмірної прив'язки інструменту
17		Зупинка виконання керуючої програми або окремого циклу
18		Пуск керуючої програми або окремого циклу в автоматичному режимі та виконання технологічних команд у режимах «Ручний» і «Маховичок»
19		Уведення в пам'ять або виведення на індикацію кадрів керуючої програми або параметрів верстата (сигнальна лампочка використовується для індикації ознаки «зірочка»)
20		Уведення ознаки відносної системи відліку (ознака діє до скасування, тобто до повторного натискання цієї клавіші)
21		Уведення ознаки швидкого ходу
22		Деблокування пам'яті системи ЧПК у режимі введення (з сигнальною лампочкою)
23		Дозвіл на введення й індикацію параметрів системи ЧПК (з сигнальною лампочкою)
24...32	N, G, X, Z, M, S, T, F, P	Завдання технологічних команд у керуючій програмі
33		Уведення ознаки зняття фаски під кутом +45°
34		Уведення ознаки зняття фаски під кутом -45°
35		Уведення ознаки «зірочка», що вказує на входження кадру в групу
36	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	Завдання числових значень під час технологічних команд і геометричної інформації в керуючих програмах
37		Набір символу «мінус» перед числовою інформацією



Складання і введення керуючої програми для обробки деталей проводиться оператором безпосередньо на клавіатурі пульта верстата з використанням буквених адрес і цифрової нумерації функцій. Керуюча програма записується, починаючи з кадру N0 і далі окремими рядками рукопису або на спеціально підготовлених бланках у табличній формі. Необхідні корективи за результатами обробки першої деталі вводять в програму (змінюють вихідні дані).

Порядок виконання роботи

1. Пояснення викладачем будови, особливостей керування токарним верстатом 16К20Ф3 і панелі пульта оператора УЧПК «Електроніка НЦ-31».
2. Демонстрація викладачем роботи зі складання і введення керуючої програми для обробки деталей.
3. Звіт з виконання лабораторної роботи повинен містити: ескіз пульта оператора із зазначенням призначення всіх елементів (клавіш, світлодіодів тощо); схемне зображення (за допомогою позначення клавіш) організації заданих режимів (підрежимів) роботи УЧПК.

Контрольні питання

1. Які функції керування здійснюється з пульта оператора УЧПК?
2. Що таке мова панелі оператора?
3. Назвіть основні функціональні зони пульта оператора і їх призначення.
4. За вказівкою викладача розшифруйте призначення клавіш (світлодіода) в певній функціональній зоні панелі оператора.
5. Користуючись ескізом пульта оператора сформулюйте функціональні можливості УЧПК «Електроніка НЦ-31».

Лабораторна робота № 2

Тема. Будова й особливості УЧПК «Електроніка НЦ-31»

Мета: вивчити структуру і функціональні можливості УЧПК «Електроніка-НЦ-31».

Короткі теоретичні відомості

УЧПК «Електроніка НЦ-31» призначена для застосування в оперативній системі керування токарним верстатом, оснащеним приводом, що стежить і фотоімпульсними вимірювальними перетворювачами. Особливістю цієї системи є її компактність, відсутність носія програм на перфострічці та поєднання можливостей обробки деталей, подібно обробці на універсальних верстатах і на верстатах з ЧПК. УЧПК забезпечує введення і редагування керуючої програми (КП) за допомогою клавіатури пульта оператора, а також можливістю передачі КП у касету зовнішньої пам'яті (КЗП) для зберігання поза верстатом і подальшим уведенням КП з КЗП в УЧПК.

Основні технічні характеристики:

1. Число керованих координат – 2 (до 4).
2. Система відліку – в абсолютних і відносних координатах.
3. Режими роботи головного приводу верстата:
 - а) реверсивний;
 - б) нереверсивний;
 - в) орієнтований зупин шпинделя.
4. Види рухів:
 - а) позиціонування;
 - б) лінійна і кругова інтерполяція;
 - в) нарізання різьб.
5. Види оброблюваних поверхонь:
 - а) циліндричні;
 - б) конічні;
 - в) різьбові.

6. Дискретність завдання розмірів-встановлюється параметром системи. Величина дискретності обробки визначається датчиком зворотного зв'язку і кінематикою верстата.

7. Максимальна програмований переміщення: ± 999999 .

8. Величина прискореного переміщення – до 9999 мм / хв.

9. Пряме програмування:

а) хвилинної подачі за функцією G94;

б) зворотного подачі за функцією G95;

в) швидкості шпинделя за G97;

г) сталості швидкості різання за G96;

10. Постійні технологічні цикли – 10 циклів.

11. Лінійний закон розгону гальмування приводу подач.

12. Спеціальні функції.

13. Режими роботи пристрою:

а) від маховичка (під режим навчання);

б) ручний (вихід в фіксовану точку);

в) автомат (під режим покадрового відпрацювання КП і без переміщень);

г) уведення КП і параметрів верстата і УЧПК;

д) виведення (індикація) КП і параметрів верстата і УЧПК;

е) розмірної прив'язки інструменту.

14. Уведення КП з клавіатури панелі оператора і з КЗП.

15. Кількість зон для запису КП в УЧПК – 5.

16. Число коректорів – 16.

17. Обсяг пам'яті (ОЗП) – 1000 кадрів КП.

18. Маса (з блоком живлення) – не більше 30 кг.

Конструктивне виконання УЧПК «Електроніка-НЦ-31» виконано у вигляді корпусу пульта оператора розмірів 482,6×300×299 мм. УЧПК вертикально вбудовується в закритий обсяг керованого верстата. Пульт оператора виконаний у вигляді закінченого блока клавіатури на лицьовій панелі

та захищений прозорою гумовою прокладкою від влучень в УЧПК пилу, стружки тощо, а елементи індикації – захисним склом. Охолодження УЧПК здійснюється вентилятором типу ВВФ112-М.

Можливість вбудовування УЧПК у верстат і її малі габаритні розміри дозволили скоротити виробничі площі в 1,5–2 рази порівняно з УЧПК типу Н22.

Функціональна структура УЧПК.

На рис. 2.1 зображені комплект і схема з'єднань конструктивних вузлів пристрою. До комплекту УЧПК належать:

- мікро-ЕОМ «Електроніка НЦ-31» (обчислювальна частина УЧПК);
- оперативний запам'ятовувальний пристрій зовнішньої пам'яті (ОЗП ЗП);
- блок живлення стабілізований типу БПС-18-1;
- фільтр мережевий;
- комплект кабелів;



Рис. 2.1 – Схема з'єднань УЧПК «Електроніка НЦ-31»

Модульна структура УЧПК зображена на рис. 2.2. Розглянемо призначення окремих блоків і модулів.

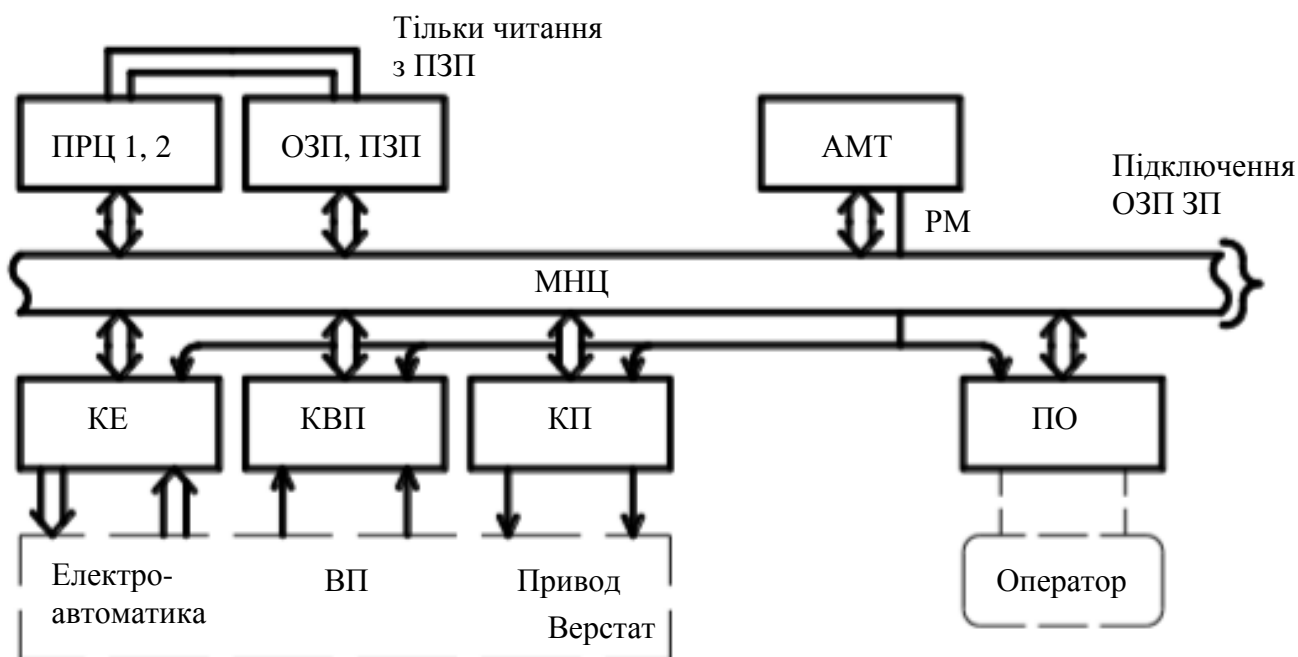


Рис. 2.2 – Модульна структура УЧПК «Електроніка НЦ-31»

До цифрової обчислювальної частини належать такі модулі:

1. Модуль процесора (ПРЦ 1 і 2) процесори П1 і П2 у складі УЧПК виконують алгоритм роботи системи. Алгоритми виражені у вигляді програм, розміщених у пам'яті. Незмінна частина програм розташовується в ПЗП, а змінюється в процесі виконання, частина програм зберігається в загальному для двох процесів ОЗП.

2. Модуль ОЗП – забезпечує запис, зберігання і зчитування інформації у вигляді 16-розмірних подвійних слів. Для процесора в модулі ОЗП є ПЗП обсягом 8К слів. У цьому ПЗП розміщено функціональне програмне забезпечення (ФПЗ) УЧПК. У ОЗП можна одночасно розмістити до 5 програм обробки. Окрім того, тут розміщується ряд змінних параметрів, використовуваних ФПЗ. Обсяг модуля ОЗУ – 4К слів ($K=1024$).

3. Модуль адаптера магістралі (МНЦ) забезпечує взаємодію обчислювальної частини УЧПК з модулями по каналах типу «загальна шина»

(МНЦ). Структура УЧПК виконана із застосуванням двох магістралей: магістралі «загальна шина» (МНЦ); магістралі з радіальною вибіркою (РМ).

4. Таймер (АМТ) реалізує дві функції: перетворення магістралі МНЦ на додатковий канал з радіальним керуванням і відпрацювання тимчасових інтервалів, значення яких задаються програмою по МНЦ.

Зв'язок УЧПК з керованим верстатом і оператором виконують такі модулі:

1. Модуль контролера електроавтоматики (КЕ) призначений для забезпечення прийому інформації від вузла електроавтоматики і видачі керуючої та технологічної інформації у вузол електроавтоматики верстата.

2. Модуль контролера вимірювальних перетворювачів (фотодатчики) (КВП). Призначений для прийому інформації про шляхи і напрямки переміщення від датчиків зворотного зв'язку (ДЗЗ), а також для зберігання і зчитування інформації в процесор. КВП обслуговує чотири ДЗЗ.

3. Модуль контролера електроприводів (КП). Призначений для прийому і зберігання інформації про величину уставки, еквівалентної швидкості подачі додаткового механізму приводу і формування пропорційного їй аналогового сигналу постійного струму. КП складається з двох (чотирьох) ідентичних каналів керування приводами подач верстата. Модулі КЕ, КВП і КП підключаються до каналу зв'язку з процесором через модуль АМТ.

4. Модуль пульта оператора (ПО). ПО є технічним засобом оповіщення оператора про стан УЧПК, а також засобом, за допомогою якого оператор управляє станом УЧПК. Циркуляція директив, команд, сигналів і повідомлень в комплексі «Оператор-УЧПК-верстат» підтримує процес керування.

Функціональне програмне забезпечення (ФПЗ) УЧПК «Електроніка НЦ-31» можна розділити на три взаємопов'язані частини:

- програма самодіагностики – резидентний перевірючий тест (РПТ);
- програма-диспетчер (ПД);

– функціональні підпрограми (ФПП) інтерполяції, керування приводом, опитування і реакції на сигнали електроавтоматики, підпрограми інтерполяції геометричного і технологічного опису процесу обробки деталі.

РПТ працює в двох режимах:

- у режимі профілактичного контролю після включення живлення системи, коли верстат не виконує обробку деталі;
- у фоновому режимі, використовуючи інтервали часу між циклами обробки деталі.

Програма-диспетчер виконує функції програмного комутатора з передачі керування відповідною програмою ФПП. Наприклад, однією з функцій ПД є стеження за натисканням клавіш ПО. Залежно від натискання клавіш вибору режиму ПД передає керування відповідними групами підпрограми ФПП.

ФПП реалізує конкретні функції в загальному алгоритмі роботи УЧПК. Наприклад, до таких функцій належать:

- уведення/виведення на ОЗП КП деталі, причому здійснюється відповідна індикація на ПО;
- інтерполяційний розрахунок заданої траєкторії інструменту;
- керування приводом подач з видачею сигналів і з опитуванням ДЗЗ положення інструменту тощо.

Для сполучення УЧПК «Електроніка НЦ-31» з конкретним типом верстата (наприклад, 16К20Т1, 16Б16Т1, 16К30Т1, 16К20Ф3) в УЧПК є параметри, які можна розділити на такі функціональні групи:

1. Параметри сполучень УЧПК з верстатом.
2. Параметри налагодження приводів верстата.
3. Параметри, що визначають режими роботи пристрою.
4. Параметри поєднання пристрою і електроавтоматики верстата.

За допомогою перерахованих вище груп параметрів є можливість розширення технологічних можливостей верстата. Сполучення УЧПК з верстатом забезпечується параметрами групи 1.

Прядок виконання роботи

1. Ознайомитися з функціональними можливостями УЧПК «Електроніка НЦ-31».
2. Вивчити структуру та функціональне програмне забезпечення УЧПК.
3. Скласти звіт про роботу, який повинен містити загальний опис УЧПК «Електроніка НЦ-31» з модульною структурою.

Контрольні питання

1. Назвіть основні функціональні можливості й особливості УЧПК.
2. Перерахуйте основні режими (підрежими) роботи УЧПК.
3. Назвіть основні блоки і модулі УЧПК і їх функціональне призначення.
4. Розкрийте поняття «Функціональне програмне забезпечення УЧПК».

Лабораторна робота № 3

Тема. Послідовність підготовки керуючих програм УЧПК «Електроніка НЦ-31»

Мета: освоєння послідовності підготовки керуючих програм для верстата 16K20Ф3, оснащеного пристроєм УЧПК «Електроніка НЦ-31».

Короткі теоретичні відомості

Технологічний процес обробки деталі на верстаті з ЧПК, деталізований до елементарних переміщень і технологічних команд, слугує вихідною інформацією для кодування і запису КП. Методи і засоби кодування, запису, контролю та редагування КП багато в чому залежать від функціональних можливостей УЧПК і ступеня автоматизації процесу підготовки КП. Структуру КП, її формат і методи кодування КП визначає стандарт. Нижче розглядаються особливості кодування УЧПК «Електроніка НЦ-31».

КП являє собою сукупність команд, які виконуються в певному порядку і визначають послідовність обробки деталі. Для введення КП існує спеціально відведена для них область пам'яті в УЧПК. Кожна команда може складатися з одного слова або кількох слів. У свою чергу слово складається: з літерного адреси (один з G, F, X, Z, P, M, S, T); математичного знака «-» (знак «+» приймається за замовчуванням); з числового значення літерної адреси.

Додатково входять:

– ознака системи відліку ;

– ознака модифікацій  +45° / -45°;

– ознака приналежності слова до команди .

Умовний запис кадру з максимально можливим обсягом інформації називається форматом кадру.

Формат буквених адрес:

$$N03 G02 X \pm 0,6 Z \pm 0,6 \begin{cases} P06 \\ P03 \end{cases} T01 M02 \begin{cases} S04 \\ S02 \end{cases} \begin{cases} F04 \\ F06 \end{cases}$$


де N – номер кадру (може приймати значення від 0 до 249); G – підготовча функція (або постійний цикл) функції, реалізований в УЧПК, наведені в таблиці 3.1; $\pm X$ – поперечний напрям в абсолютному завданні або збільшеннях; $\pm Z$ – поздовжній напрям в абсолютному завданні або збільшеннях; P – команда переходу в групі команд передачі керування; T – функція інструменту, номер інструменту для автоматичного поворотного різцетримача; M – допоміжна функція; S – частота обертання шпинделя, (або швидкість різання); F – функції подачі (або крок різблення в циклах нарізування різьби).

У пристрої прийнято переміщення інструменту щодо системи координат нерухомої заготовки, що являє собою праву прямокутну систему координат. Вісь Z приймається паралельною осі шпинделя і рух по осі Z в плюсовому напрямку відповідає напрямку відводу інструменту від деталі (заготовки).

Ось X приймається паралельною поперечним напрямним і плюсовий рух по осі X відповідає відведенню інструменту від осі обертання деталі (заготовки).

УЧПК дає можливість задавати переміщення інструменту як в абсолютній системі відліку (АСВ), так і у відносній системах відліку (ВСВ). В АСВ відлік переміщення проводиться щодо вибраної нульової точки. У ВСВ відлік переміщення проводиться щодо попередньої запрограмованої точки.

Способи завдання розмірів в абсолютній і відносній системах відліку зображені на рис. 3.1.

Завдання розмірів по осях X і Z в АСВ або ВСВ визначається наявністю ознаки у відповідній адресі X або Z. Наявність ознаки  визначає відносний спосіб завдання розмірів, відсутність його – абсолютний.

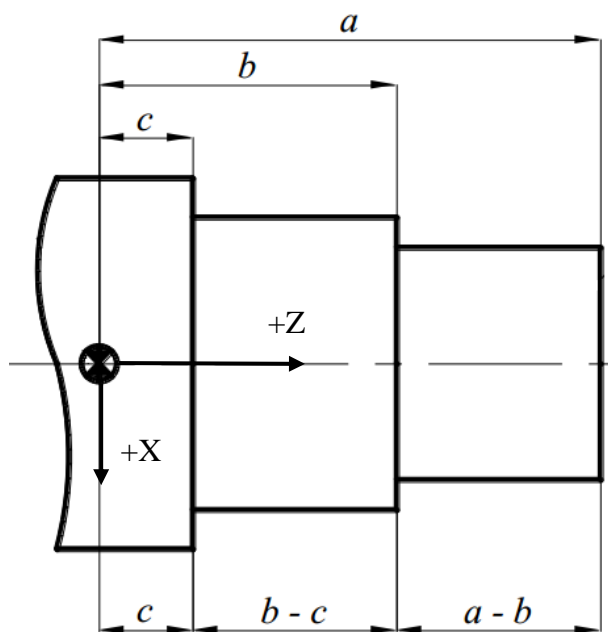


Рисунок 3.1 – Розміри в абсолютних значеннях і збільшеннях

Підготовчі функції, реалізовані в пристрої ЧПК «Електроніка НЦ-31», і відповідні пояснення до них (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

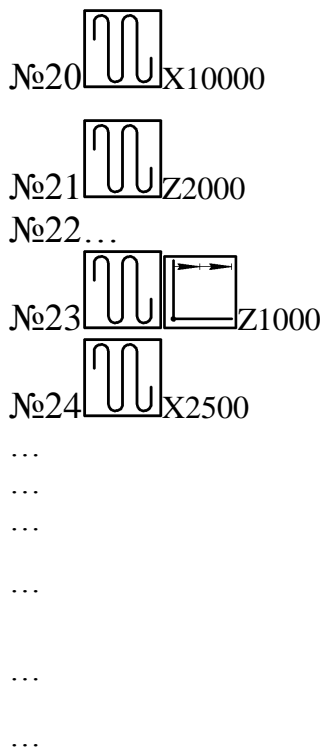
Підготовча функція	Найменування	Час дії
1	2	3
G02	Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою	Діє на один кадр
G03	Кругова інтерполяція проти годинникової стрілкою	-//-
G12	Галтель за годинниковою стрілкою	-//-
G13	Галтель проти годинникової стрілки	-//-
G04	Витримка часу	-//-
G21	Параметричний виклик підпрограми	-//-
G23	Виклик підпрограми	-//-
G25	Повтор частини програми	-//-
G31	Багатопрхідний цикл нарізування різьби	-//-
G32	Різьбовий рух	-//-

G33	Нарізування різьби плашкою або мітчиком	-//-
G15	Рух навколо осі шпинделя	-//-
G36	Переривання відпрацювання кадру	Діє на один кадр, у якому заданий, і на два наступних кадри
G55	Програмована зупинка	Діє на один кадр
G56	Установка номера квадранта координатної сітки	-//-
G61-67	Група циклів умови руху	-//-
G70	Однопрохідний поздовжній цикл	-//-
G71	Однопрохідний поперечний цикл	-//-
G72	Цикл свердління	-//-
G73	Цикл глибокого свердління	-//-
G74	Цикл обробки торцевої проточки	-//-
G75	Цикл обробки прямих зовнішніх канавок	-//-
G77	Багатопохідний поздовжній чорновий цикл	-//-
G78	Багатопохідний поперечний чорновий цикл	-//-
G92	Установка положення нульової точки, зміщення нульової точки	Діє на один кадр
G94	Подача в мм/хв.	Діє до приходу функції G95
G95	Подача в мм/об.	Діє до приходу функції G94
G96	Сталість швидкості різання	Діє до приходу функції G97
G97	Скасування сталості швидкості різання	Діє до приходу функції G96

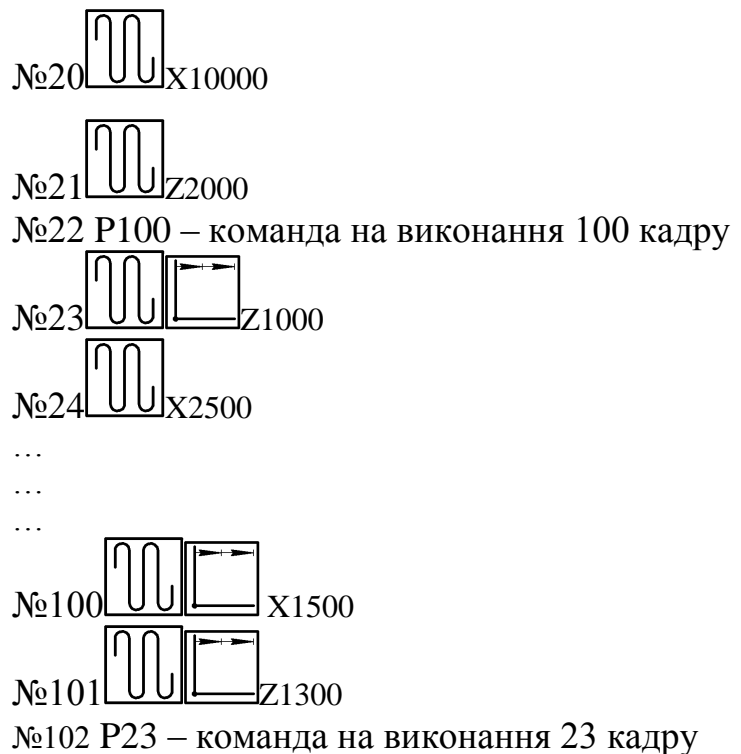
Для зміни порядку виконання КП застосовується команда безумовного переходу Р. Формат команди Р має вигляд: P03. Максимальне значення адреси переходу відповідає максимальному номеру адреси в зоні. Безумовний перехід дуже зручно використовувати під час налагодження КП, коли необхідно змінити КП, внести зміни в порядок виконання КП. Робиться це за рахунок включення в основну КП додаткових кадрів. Безумовний перехід можна використовувати для зациклення КП.

Наприклад припустимо, що в початковий варіант КП необхідно додати нові кадри між 21 і 23 кадрами, до того ж є вільні адреси з 100 кадру до 120 кадру.

Початковий варіант КП



Новий варіант КП



У пристрої УЧПК «Електроніка НЦ-31» реалізований ряд М-функцій (табл. 3.2).

Під час програмування швидкості головного руху необхідна величина оборотів шпинделя програмується в пристрої під адресою «S». Програмування швидкості головного руху «S» залежить від конструкції верстата і виду головного приводу.

Таблиця 3.2

М-функція	Найменування	Діє до скасування відповідною М-функцією	Діє тільки на той кадр, у якому записана
M00	Програмована зупинка		+
M01	Зупинка з підтвердженням		+
M03	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою	+	
M04	Обертання шпинделя проти годинникової стрілки	+	
M05	Зупинка шпинделя	+	
M08	Включення охолодження	+	
M09	Вимкнення охолодження	+	
M17	Повернення з підпрограми		+
M18	Опускання рівня вкладення підпрограми на одиницю		+
M19	Фіксована зупинка шпинделя		+
M30	Кінець керуючої програми		+
M37	Режим відпрацювання «дзеркально за X»	+	
M38	Режим відпрацювання «дзеркально за Z»	+	
M40	Розблокування шпинделя і двигуна головного руху	+	
M41	Включення діапазону I	+	
M42	Включення діапазону II	+	
M43	Включення діапазону III	+	
M44	Включення діапазону IV	+	
M90	Скасування всіх вкладень підпрограм		+

Для верстатів, що мають ступеневе регулювання приводом головного руху за допомогою АКС, число обертів шпинделя «S» задається в двійково-десятковому коді. Формат адреси S буде S02. кожному коду відповідає певне число обертів шпинделя об/хв. Для верстата І6К20Ф3 необхідно програмувати відповідні діапазони M41, M42, M43, M44 (табл. 3.3).

Таблиця 3.3

Діапазон M		Код швидкості								
		01	02	03	04	05	06	07	08	09
1:8	M41 M42	12,5	18	25	35,5	50	71	100	140	200
1:2	M43	50	71	100	140	200	280	400	560	800
1,25:1	M44	125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

Під час складання КП програмувати швидкість головного руху необхідно в такій послідовності:

- задати напрямок обертання приводу головного руху (M3 або M4);
- задати діапазон швидкості (M41 або M42, M43, M44);
- задати код частоти обертання шпинделя за адресою S.

Наприклад, у разі обертання шпинделя за годинниковою стрілкою з числом обертів шпинделя 800 об/хв., фрагмент КП матиме вигляд: №1 M3, №2 M43, №3 S09 ...

Для верстатів з регульованим приводом головного руху можливі два режими задання швидкості шпинделя за функцією G97 і за функцією G96. Режим прямого завдання – за функцією G97 в об/хв. Режим G97 встановлюється автоматично під час включення пристрою. Наприклад:

- №7 M03 – праве обертання шпинделя;
- №8 M44 – діапазон 3;
- №9 G97 – режим прямого завдання;
- №10 S710 – 710 об/хв.

У режимі завдання постійної швидкості різання за функцією G96 за адресою S програмується швидкість різання м/хв.

Формат функції G 96 має такий вигляд:

G96 P1 ..., P2 ...;

де P1 – обмеження максимального числа обертів шпинделя в об/хв.; P2 – обмеження мінімального числа обертів шпинделя в об/хв.

Значення P1 і P2 зберігаються в пам'яті до повторного програмування функції G96 з новими P1 і P2.

Наприклад:

№50 ...

№51 G96 – режим сталості швидкості різання;

№52 P950 – максимальне число обертів шпинделя 950 об/хв.;

№53 P200 – мінімальне число обертів шпинделя 200 об/хв.;

№54 S90 – швидкість різання 90 мм/хв.

У пристрої УЧПК «Електроніка НЦ-31» можливе задання хвилинної або зворотної подачі. Функція G94 встановлює режим хвилинної подачі (мм/хв.), функція G95 – режим зворотної подачі (об/хв.). Задання робочої подачі здійснюється за адресою F. Формат адреси F залежить від того, як задана подача, а саме: окремим кадром; в командах з лінійної, кругової інтерполяції, або в постійних циклах. Задання подачі F як окремого кадру має вид: F04.

Пі разі заданні подачі в групі кадрів (у командах) формат адреси F буде: F06. Наприклад, №11 G94 – режим хвилинної подачі; №12 F200 – подача 20 мм/хв.; №13 G95 – режим зворотної подачі №14 F150 – подача 15 мм/об.

У тих випадках, коли працюють тільки в одному з режимів задання подачі (хвилинної або зворотної), можна необхідний режим задавати і контролювати параметром №3 групи G, без використання функції G94 або G95.


При значенні параметра «0» встановлюється режим зворотної подачі, при значенні параметра «1» встановлюється режим хвилинної подачі. Відповідність заданої та реальної подачі встановлюється параметром №14 групи F (параметри стикування УЧПК з приводом верстата).


Після виклику інструменту в робочу позицію за командою T відбувається автоматичний перерахунок координат вершини інструменту відповідно до вильоту даного інструменту, визначеного в режимі «Розмірна прив'язка інструменту».

Залежно від моделі верстата команди S і T можуть бути як виконавчими, так і попереджувальними. У першому випадку S і T видаються на верстат. У другому випадку у разі виконання команд S і T УЧПК зупиняє виконання КП, висвічує на індикаторі ПО букву S або T і значення літерної адреси. Після перемикання діапазону числа обертів шпинделя, або зміни інструменту продовження виконання КП здійснюється натисканням клавіші «Пуск».

Завдання переміщень забезпечується командами з літерними адресами X або Z. Формат адрес відповідно X+06 і Z+06. Одній дискретній величині відповідає по осі Z переміщення 0,01 мм, а по осі X переміщення 0,005 мм. Причому значення X задається не на радіус, а на діаметр деталі. Дискретність завдання може бути змінена за допомогою параметрів УЧПК.

У разі позиціонування, окрім буквених адрес X і Z, повинна бути присутня ознака швидкого ходу. Величина подачі швидкого ходу встановлюється параметрами №2 – №5 групи P. Наприклад,

X3000 – переміщення по осі X на швидкому ходу в точку з координатою 15 мм;

Z15000 – переміщення на швидкому ходу по осі в точку з координатою 150 мм;

Задання переміщень на робочій подачі зображується кадрами з літерними адресами X або Z. Наприклад,

X4000 – переміщення по осі X на робочій подачі в точку з координатою 20 мм.

Z50000 – переміщення по осі Z на робочій подачі в точку з координатою 500 мм.

Допоміжне переміщення інструменту одночасно по двох осях задається

командою виду $\square\square\square\square$ X200, $\square\square\square\square$ Z100.

Якщо значення подач швидкого ходу для осей X і Z рівні між собою, то траєкторія руху під час відпрацювання заданої вище групи кадрів буде такою, як показано на рис. 3.2, при цьому $\alpha=45^\circ$.

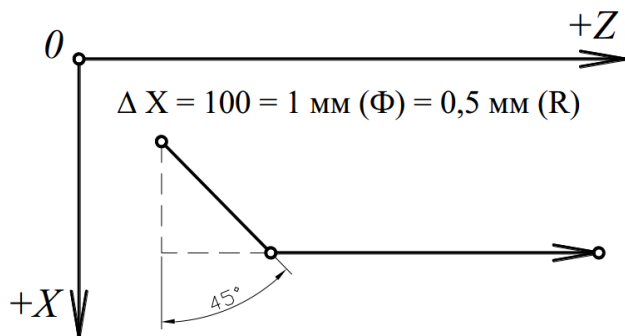


Рисунок 3.2 – Траєкторія руху

Одночасне переміщення по двох координатах на робочій подачі задається

командою X100($\square\square\square\square$) Z100.

Переміщення на 1 мм по Z і 0,5 мм по осі X (рис. 3.3).

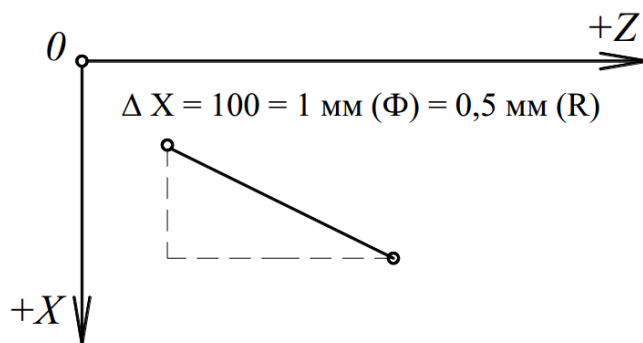
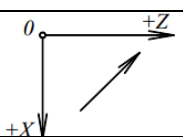
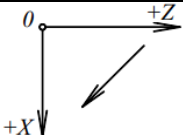
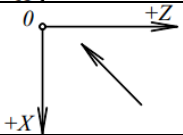
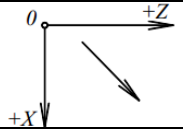


Рисунок 3.3 – Траєкторія руху

Окремим випадком переміщень по двох осях є обробка фасок під кутом 45° .

Задання на відпрацювання фаски під кутом $\pm 45^0$ зображається командою з літерною адресою X або Z з ознакою $+45^0$ або -45^0 . Усі можливі випадки наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4



Рух різання	Способи завдання	
	Задано X	Задано Z
	$+45^0 X \dots$	$-45^0 Z \dots$
	$-45^0 X \dots$	$+45^0 Z \dots$
	$+45^0 X \dots$	$+45^0 Z \dots$
	$-45^0 X \dots$	$-45^0 Z \dots$



Для обробки криволінійних поверхонь (дуга з довільним кутом) необхідно використовувати команди G2 (забезпечує рух по колу за годинниковою стрілкою рис. 3.4) і G3 (забезпечує рух по колу проти годинникової стрілки рис. 3.5).

У цьому пристрої за допомогою цих функцій можна запрограмувати рух інструменту всередині одного квадранта, тобто дуги окружності менше 90^0 .

Дуга окружністю менше 90^0 , але що належить одразу двом квадрантам і не може бути запрограмована однією командою G2 і чи G3. У цьому випадку слід розділити дугу на дві, що примикають одна до одної.

Формат команд G2 і G3 має вигляд:

G2, (G3) X () ..., Z () ..., P1 ..., P2 ...;

де X () – величина приросту по осі X , або ж кінцева точка дуги під час роботи в АСВ; Z () – величина приросту по осі Z або ж кінцева дуги під час роботи в АСВ; $P1$ – проекція від початкової точки дуги до центра дуги по осі X ; $P2$ – проекція від початкової точки дуги до центра дуги по осі Z . $P1$ і $P2$ задаються тільки на радіус.

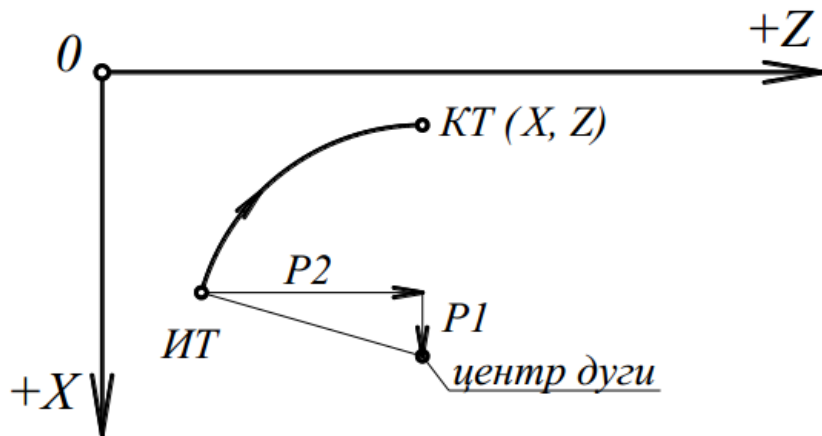


Рисунок 3.4 – Кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою G02

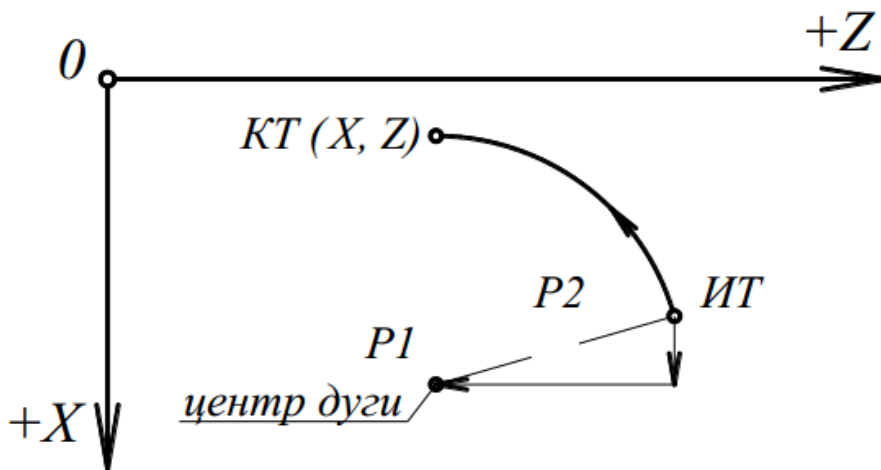






Рисунок 3.5 – Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки G03

У пристрої є спрощене задання обробки дуг кіл з кутом в 90^0 за функціями G12 (закруглення за годинниковою стрілкою рис. 3.6) і G13 (закруглення проти годинникової стрілки рис. 3.7).

Формат команд G12 і G13 має вигляд:

G12, (G13), X () ..., Z () ...,

де X () – величина приросту по осі X, або координата кінцевої точки дуги під час роботи в ACB; Z () – величина приросту по осі Z, або координата кінцевої точки дуги під час роботи в ACB.

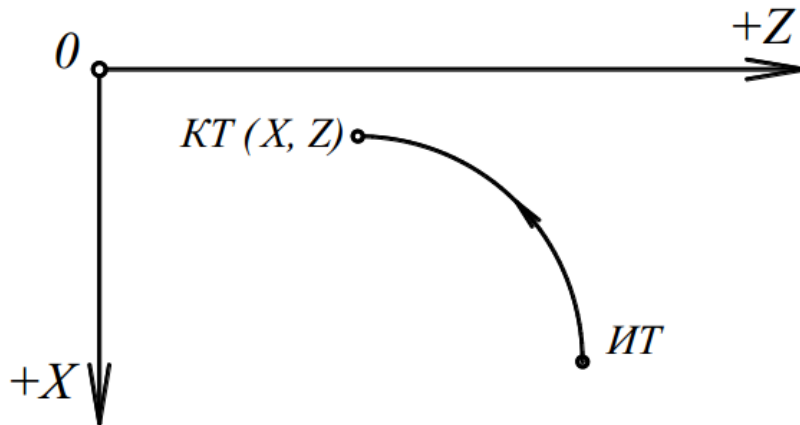


Рисунок 3.6 – Галтель за годинниковою стрілкою G12

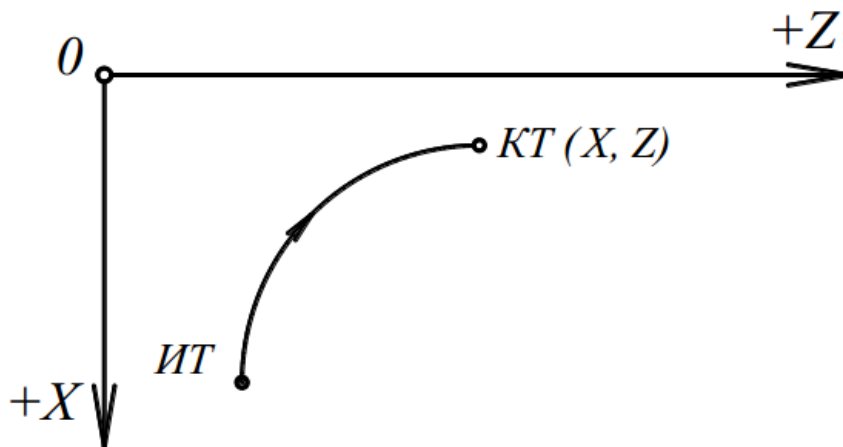


Рисунок 3.7 – Галтель проти годинникової стрілки G13

Перед складанням керуючої програми необхідно проаналізувати креслення деталі та вибрати найбільш раціональний метод обробки, потім вибрати інструмент, подачу частоту обертання шпинделя і глибину різання [3, 4].

Під час складання КП на виготовлену деталь, слід урахувати таке:

1. Якщо деталь має два установи, то розробляють КП на кожен установ.

2. Розміри в КП відраховують від нульової точки деталі.

3. Необхідно задати координати X, Z точки зміни інструменту. Ця точка вводиться в програму з ознакою швидкого ходу (перед кодом T і наприкінці програми).

4. Призначаючи припуски для чистових контурних проходів, необхідно пам'ятати, що припуск по торцях не повинен перевищувати 0,3 мм.

5. Якщо під час обробки ступені потрібно проточити або підрізати торець, то інструмент від оброблюваної поверхні відводять під кутом $\pm 45^{\circ}$ і в кадр

відведення слід вводити ознаку $\boxed{+45^{\circ}}$ або $\boxed{-45^{\circ}}$.

6. Якщо на кресленні деталі зустрічаються переходи типу циліндр-конус (і навпаки), торець-конус (і навпаки), дуга-конус (і навпаки), галтель-конус (і навпаки), то слід вводити поправки на розмір для компенсації радіуса різальної кромки інструменту.

7. Якщо на кресленні деталі заданий кут конуса, то в КП вводять значення катетів, які складають цей конус.

Порядок виконання роботи

Розглянемо алгоритм налагодження верстата з ЧПК і розробки керуючої програми обробки деталі типу «різьбовий валик» (рис. 3.8) на верстаті мод. 16K20Ф3 із УЧПК «Електроніка НЦ-31».

Включимо оперативну систему керування і верстат ввідним автоматом і перемикачем подачі живлення. На пульті УЧПК загориться лампочка над клавішею пуску, і одночасно з цим у системі почне діяти перевірючий тест, який контролює працездатність пристрою. У разі правильного проходження тесту лампочка над клавішею пуску буде блимати, а на індикаторі подачі повинні висвітлюватися номери перевірених тестів. Після 202-го тесту можна натиснути на кнопку. Далі лампочка над нею згасне, а на індикаторах подачі і

№ кадру висвітяться нулі, тобто система ЧПК готова до роботи. Включимо блокування пульта. Якщо параметри верстата не введені в систему ЧПК, то їх треба ввести.

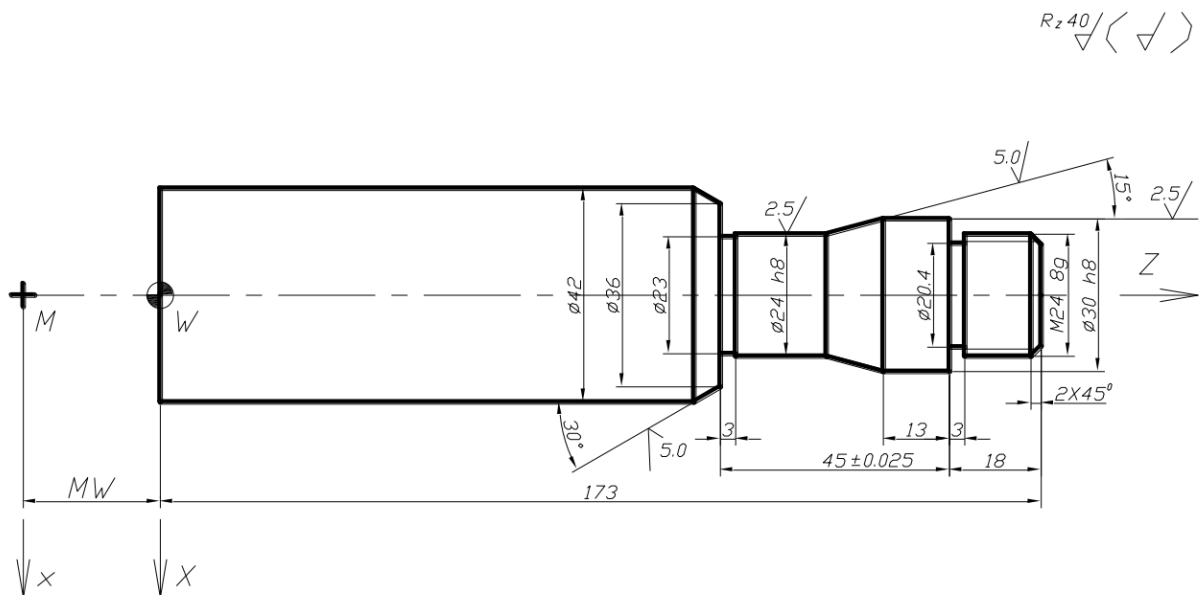


Рисунок 3.8 – Деталь «різьбовий валик»

Параметри верстата слід уводити в підрежим з деблокування пам'яті. Для введення параметрів призначена область з адресою Р. Параметр записується так:

1) установити режим уведення натисканням клавіші ;

2) деблокувати область параметрів натисканням клавіші індикації ;


3) натиснути клавішу N і набрати номер параметра;

4) установити адресу області Р;

5) записати вміст параметра.

Потім включаємо привод і «прив'язуємо» вимірювальну систему керування до базової поверхні верстата. Точка цієї прив'язки слугує проміжною точкою, щодо якої потім виконується розмірна прив'язка інструменту.

Розмірна прив'язка вимірювальної системи керування до базової поверхні верстата полягає в наступному:

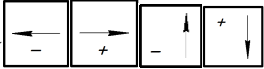
1) натиснути на клавішу  (відразу почне пульсувати лампочка ручного режиму);

2) установити робочу подачу F35;


3) включити головний привод M3;

4) установити частоту обертання шпинделя S5;

5) за допомогою клавіш ручного керування координатами

() довести супорт до кінцевих вимикачів.

Після наїзду супорта на кінцеві вимикачі уповільнення блокується швидкий хід і система виходить на повзучу подачу. Потім «з'їжджає» з кінцевих вимикачів у напрямку нульової точки. Після з'їзду з кінцевих вимикачів СЧПК стежить за проходженням нульової мітки датчика положення. Проходження цієї мітки фіксується, і система скидає помилки положення приводу. Одночасно блокуються клавіші, що задають переміщення, і скасовується підрежим (припиняється пульсація лампочки).


Для повторення циклу по іншій осі треба знову натиснути на клавішу  і виконати всі дії в тій самій послідовності.

Вибираємо різальний інструмент: для контурного точіння – токарний збірний різець з механічним кріпленням багатогранних непереточуваних пластин з твердого сплаву; для проточки канавок – токарний канавковий різець; для нарізування різьблення – різьбовий різець.

Виконуємо розмірну прив'язку інструменту:

1) затискаємо заготовку в патроні;



2) натискаємо на клавішу номера інструменту (T1), викликаючи тим самим інструмент в робочу позицію;


3) включаємо шпиндель, встановлюємо ручний режим натисканням клавіші  і підводимо інструмент до заготовки;





4) установлюємо режим роботи від маховичка натисканням клавіші та проточуємо поверхню довільного діаметра на довжину, достатню для виміру;

5) зупинивши шпиндель, заміряємо отриманий діаметр (наприклад, 44 мм);

6) натисканням клавіші  переходимо в режим розмірної прив'язки інструменту, потім натисканням клавіші  вводим в пам'ять системи отриманий діаметр X4400;

7) знову включаємо шпиндель, установлюємо ручний режим натисканням клавіші , підводимо інструмент до торця заготовки і проточуємо торець на довільну глибину;

8) відводимо інструмент по осі X, зупиняємо шпиндель і заміряємо відстань від обробленого торця деталі до іншого торця (наприклад, 174 мм);

9) переходимо в режим розмірної прив'язки інструменту натисканням клавіші , потім натисканням клавіші  вводим в пам'ять системи отриманий розмір Z17400.



Отже, ми прив'язали перший інструмент і вибрали нульову точку деталі. Ця точка приймається за початок програми.

Для прив'язки наступних інструментів кожним з них необхідно торкнутися вже проточеної циліндричної та торцевої поверхні та ввести в пам'ять системи координати точок дотику X і Z для кожного інструменту.

Проаналізувавши креслення деталі (рис. 3.8), розбиваємо технологічний процес обробки на такі операції:





- 1) багатопрохідна обробка по контуру;
- 2) обробка діаметра під різьбу;
- 3) багатопрохідна обробка конуса;
- 4) зняття фасок;
- 5) проточування канавок;


б) багатопрохідне нарізування різьблення.

Установлюємо вручну рукоятку перемикання діапазонів частоти обертання шпинделя на шпиндельній бабці в положення, відповідне верхньому діапазону M40. Після цього натисканням клавіші  включаємо режим введення кадрів. Потім для дозволу введення натискаємо на клавішу , над нею спалахує сигнальна лампочка, що говорить про готовність системи до введення кадрів.

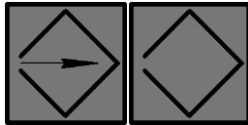





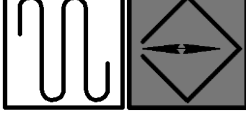
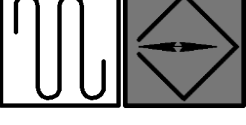
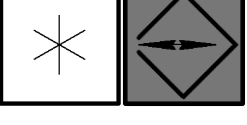
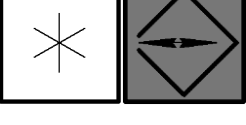
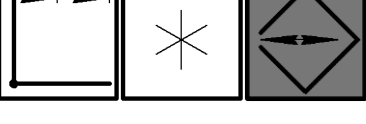
Набираємо на пульті оперативної системи кадру КП натисканням клавіш у послідовності, зазначеній у табл. 3.5.


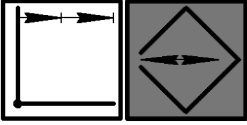
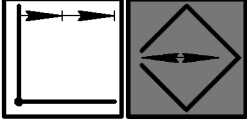
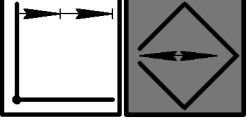
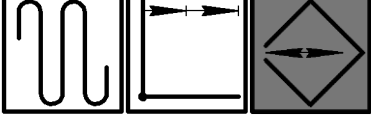
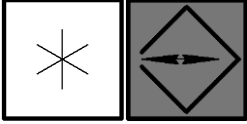
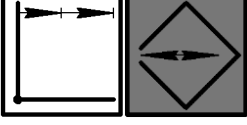

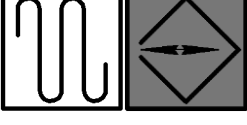
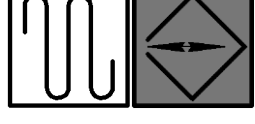
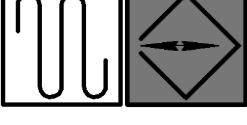
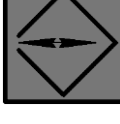
Після набору КП і введення її в оперативну систему ЧПК необхідно перевірити програму. Для цього відпрацюємо всю введену програму в покадровому підрежимі.


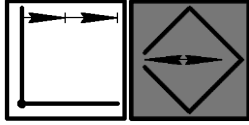
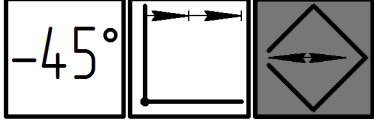

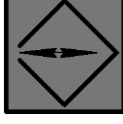
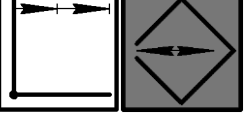
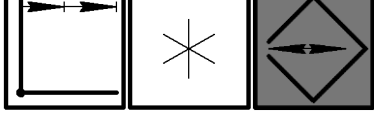
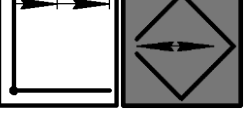

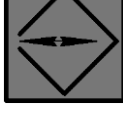
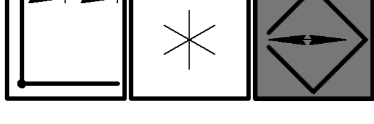
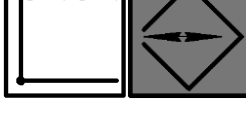
Включаємо автоматичний режим натисканням клавіші , при цьому автоматично включається покадровий підрежим і загоряються лампочки над клавішами  і . Потім натискаємо на кнопку пуску  і відпрацюємо один кадр (на індикаторі висвічується вміст цього кадру). Якщо кадр КП був правильно набраний і відпрацьований, то можна повторним натисканням кнопки пуску відпрацювати наступний кадр програми, і так всю програму. У процесі перевірки можна внести в КП необхідні зміни.

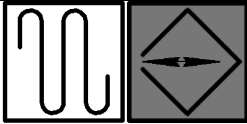
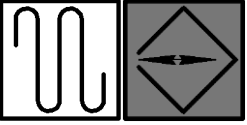


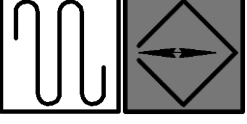






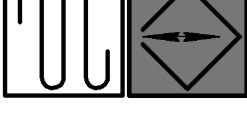
Покадровий режим можна в будь-який момент перервати. Для цього і взагалі для аварійної зупинки верстата передбачена червона кнопка  або кнопка «Стоп» грибовидної форми з примусовим поверненням. Відпрацювавши КП в покадровому режимі, знімаємо готову деталь з верстата і вимірюємо її. За необхідності вводимо в програму обробки корекцію. Потім обробляємо заготовку повторно і знову вимірюємо отриману деталь. Після цього можна виготовляти партію деталей в автоматичному режимі.

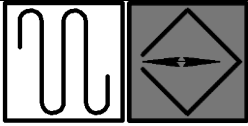


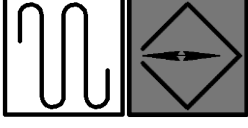

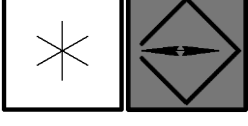
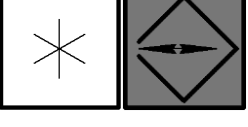
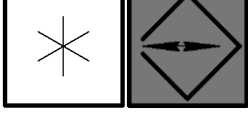
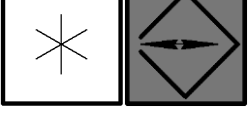
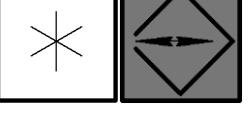


Таблиця 3.5

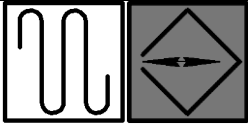

Склад команди	Послідовність уведення інформації КП на клавішах пульта УЧПК
Функція переходу до режиму введення програми	
Вибір діапазону частоти обертання шпинделя	M40 
Включення обертання шпинделя	M3 
Частота обертання шпинделя 500 об/хв.	S5 
Подача 0,35 мм/об.	F35 
Виклик різця №1	T1 
Вихід по осі Z у вихідну точку циклу	Z17800 
Вихід по осі X у вихідну точку циклу	X4600 
Багатопрхідний цикл поздовжнього точіння	G77 
Координата по осі X останнього проходу циклу	X3100 
Довжина кожного проходу циклу	Z-6370 

Глибина проходу	P300 
Вихід по осі X	X2500 
Проточити \varnothing 25 мм на довжину 18 мм	Z-1870 
Вихід по осі X	X3200 
Вихід по осі Z на попереднє обточування конуса	Z-1300 
Попереднє обточування конуса з урахуванням похибки на радіус інструменту (R = 1 мм)	Z-1120 
Те саме	X2500 
Обточити \varnothing 24 мм до \varnothing 25 мм попередньо	Z11030 
Відведення по осі X	X4500 
Відведення по осі Z	Z17400 
Вихід на фаску по осі X	X2000 
Частота обертання шпинделя 1000 об/хв.	S7 

Подача 0,25 мм/об.	F25 
Підхід до торця деталі на робочій подачі	Z-100 
Зняти фаску 2×45°	X2360 
Проточити Ø 23,6 мм остаточно	Z15500 
Вихід на розмір по осі X	X2998 
Проточити Ø 30h8 остаточно	Z-1300 
Проточити конус остаточно	X2398 
Те саме	Z-1120 
Проточити Ø 24h8 остаточно	Z11000 
Вихід на розмір по осі X	X3600 
Зняти фаску 30° на Ø42 мм	Z-520 
Зняти фаску 30° на Ø42 мм	X4200 

Вихід по осі X у точку зміни інструменту	X10000 
Вихід по осі Z у точку зміни інструменту	Z25000 
Подача 0,15 мм/об	F15 
Виклик різця № 2	T2 
Вихід по осі Z на прорізання канавки № 1	Z15500 
Підхід по осі X	X3100 
Частота обертання шпинделя 500 об/хв.	S5 
Прорізання канавки $\varnothing 20,4 \times 3$ мм	X2030 
Відведення по осі X	X3800 
Вихід по осі Z на прорізання канавки № 2	Z11000 
Прорізання канавки $\varnothing 23,4 \times 3$ мм	X2290 
Вихід по осі X у точку зміни інструменту	X10000 

Вихід по осі Z у точку зміни інструменту	Z25000 
Виклик різця № 3	T3 
Частота обертання шпинделя 710 об/хв.	S6 
Вихід у вихідну точку циклу по осі Z	Z18300 
Вихід по осі X у вихідну точку циклу	X2700 
Цикл різьбо нарізування	G31 
Зовнішній діаметр різьби	X2400 
Координата по осі Z кінцевої точки різьблення	Z15700 
Крок різьби 1,5 мм	P15000 
Глибина різьблення	P96 
Глибина першого проходу	P30 
Вихід по осі X у вихідну точку	X4600 

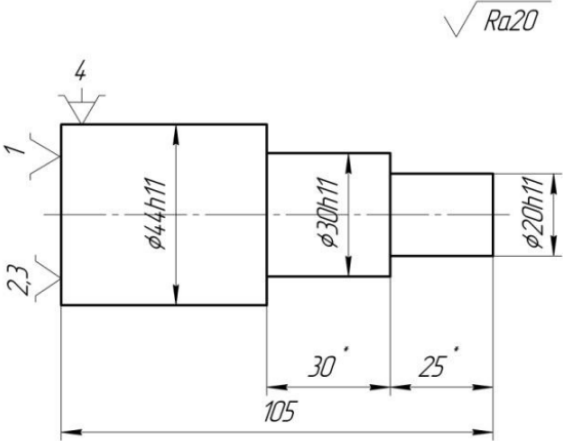
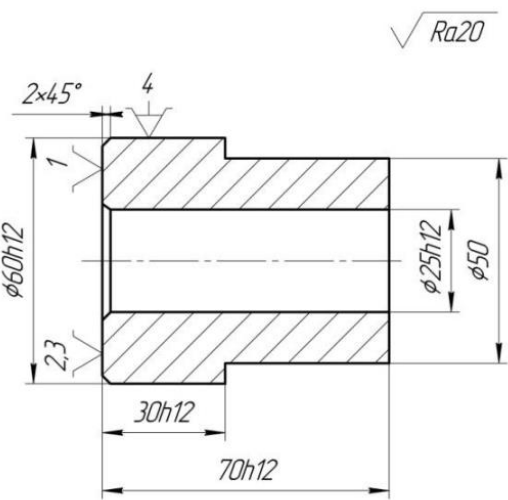
Вихід по осі Z у вихідну точку	Z17800 
Кінець програми	M30 

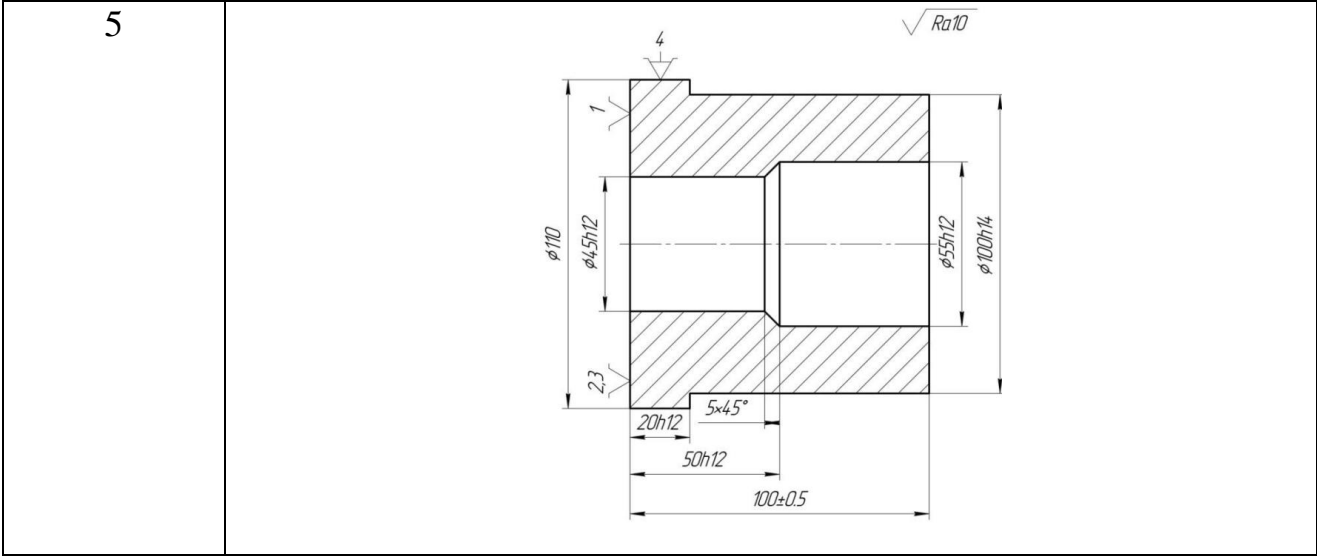
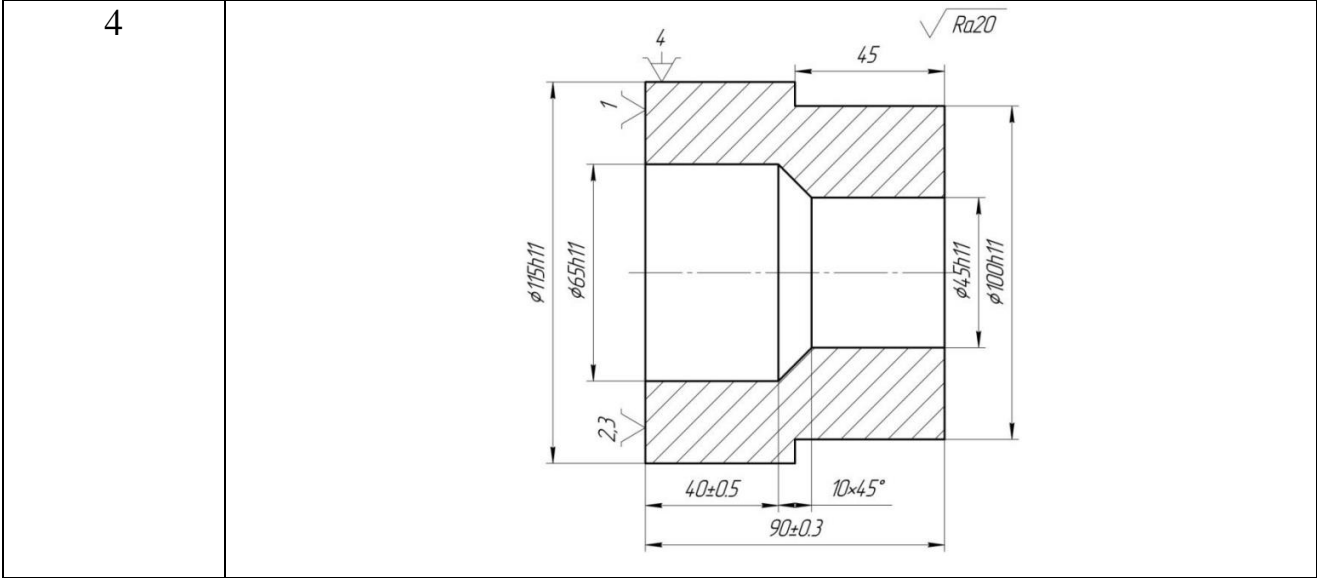
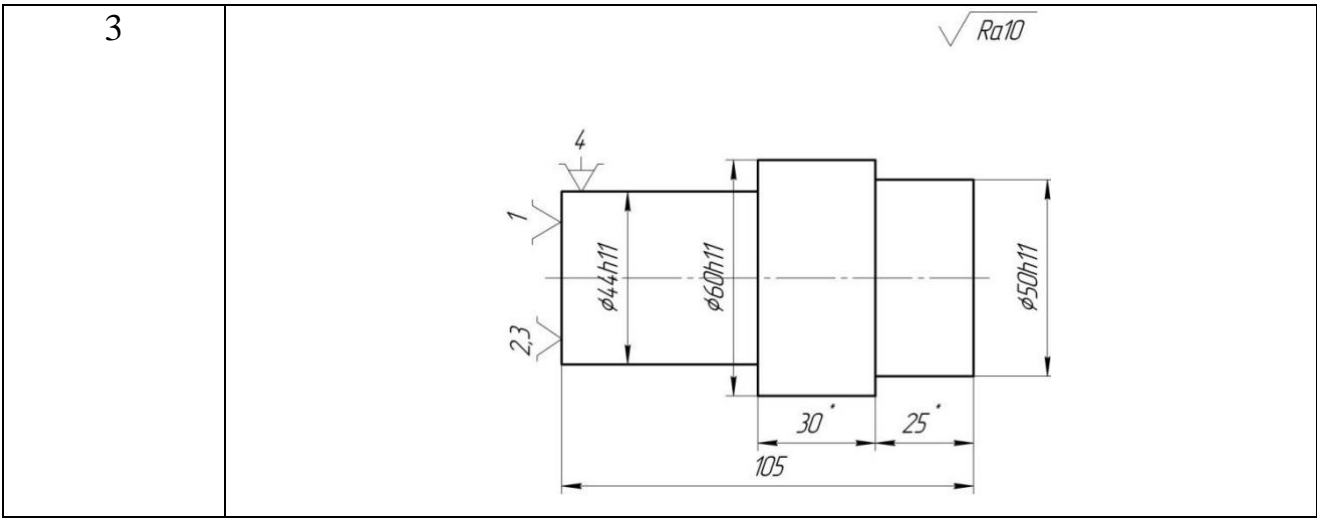
Завдання

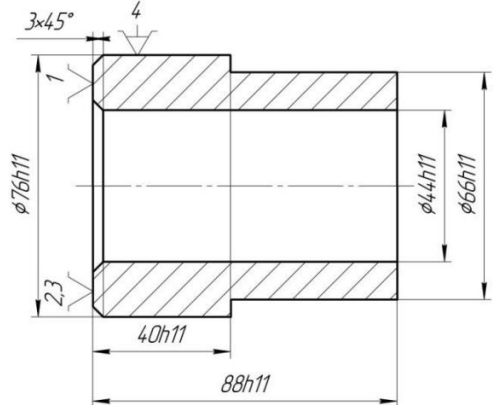
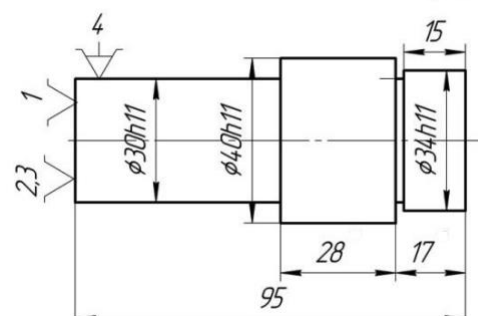
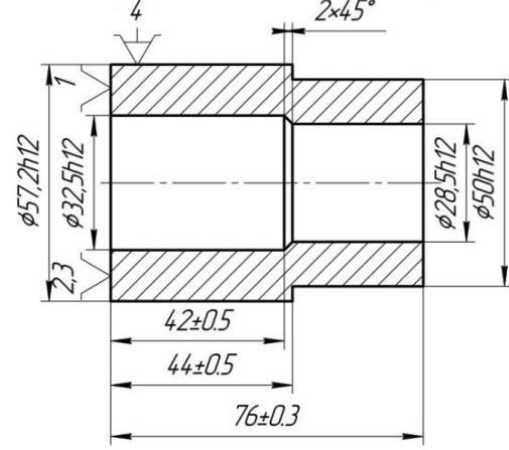
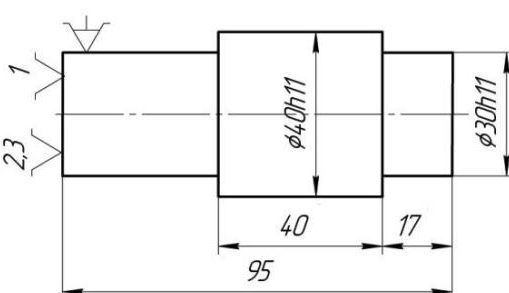
Варіанти 1–9

Підготувати керуючу програму обробки заданої деталі, використовуючи варіант завдання за табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Варіант завдання	Деталь
1	
2	



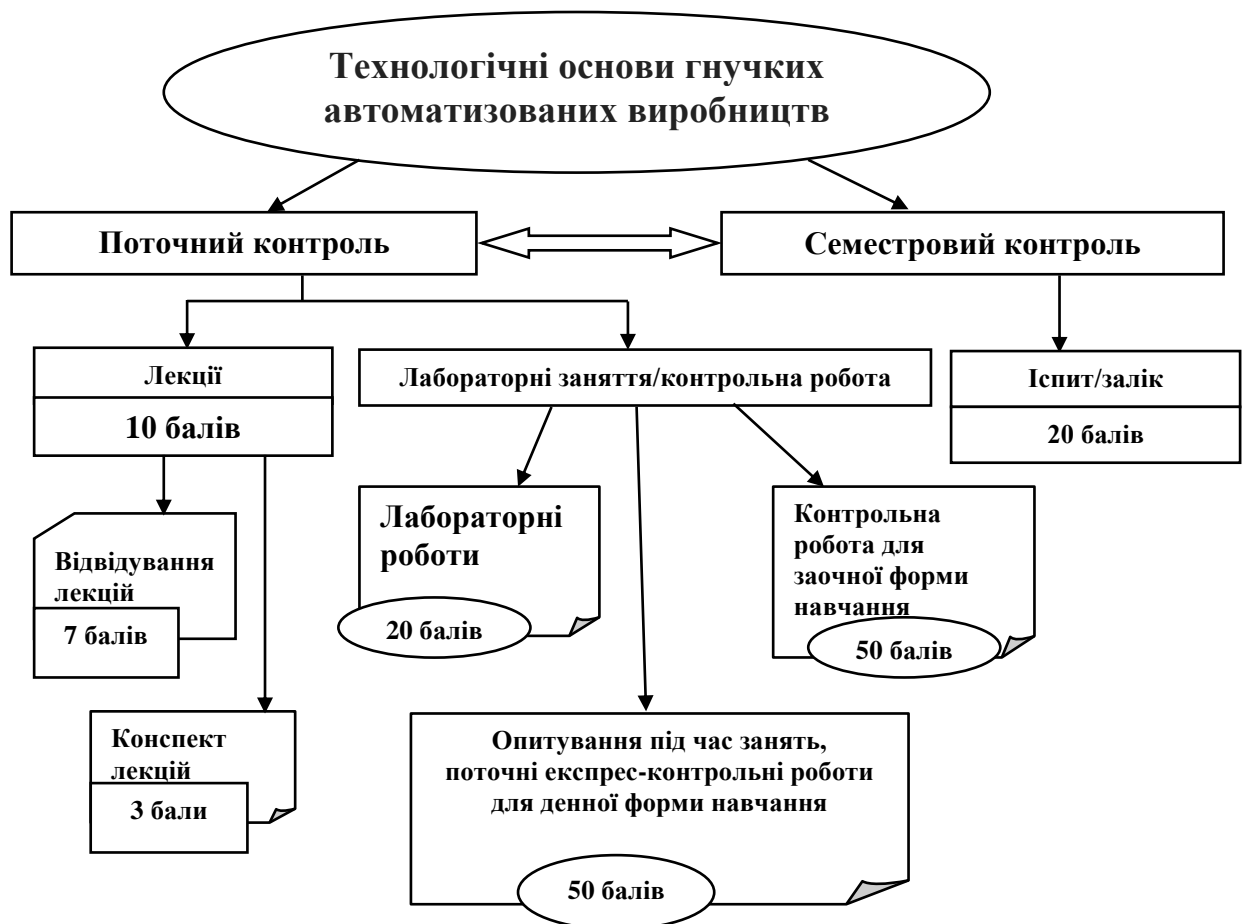
6	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra20}$</p> 
7	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra20}$</p> 
8	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra20}$</p> 
9	<p style="text-align: right;">$\sqrt{Ra20}$</p> 

Контрольні питання

1. До якого класу належить дане УЧПК?
2. Яка структура керуючої програми, формат її запису і спосіб уведення?
3. Які літерні адреси та службові символи коду, а також ознаки застосовуються в цьому пристрої ЧПК?
4. Дайте пояснення:
 - а) програмування швидкості обертання шпинделя;
 - б) програмування робочої подачі;
 - в) програмування переміщень.

2. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ

Зі спеціальності 131 – «Прикладна механіка» за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування» освітнього ступеня «Магістр».



Якщо студент отримав за результатами поточного контролю від 75 до 80 балів, своєчасно (в терміни, зазначені в поточному семестрі для теоретичного навчання) виконав і захистив усі лабораторні роботи, усі розрахунково-графічні роботи, має позитивні оцінки за результатами експрес-контрольних робіт, то після співбесіди з лектором він автоматично отримує **додаткові 15 балів**.

Студенту надається можливість не складати іспит, якщо за результатами поточного контролю він отримав **не менше 60 балів**.

Студент не допускається до іспиту, якщо за результатами поточного контролю він отримав **менше 50 балів**.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Гжиров Р.И., Серебряницкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ: Справочник / Р. И. Гжиров, П. П. Серебряницкий – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 588 с., ил.
2. Сотников В. И. Программирование и работа на станках, оснащенных системой ЧПУ «Электроника НЦ-31» : учебное пособие для вузов / В. И. Сотников – Орел: ОрелГТУ, 2009. – 91 с.
3. Косилова А. Г., Мещерякова Р. К. (ред.) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с., ил.
4. Косилова А. Г., Мещерякова Р. К. (ред.) Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 496 с., ил.

Міністерство освіти і науки України
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ «БЕРДЯНСЬКИЙ
МАШИНОБУДІВНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
Національного університету «Запорізька політехніка»

Циклова комісія професійних дисциплін спеціальності 131

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МЕХАНІЗАЦІЯ І АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ В МАШИНОБУДУВАННІ

Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
ОПП	Технічне обслуговування і ремонт устаткування підприємств машинобудування

2022р.

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОМАТИЗАЦІЮ ВИРОБНИЦТВА ТА ЇЇ ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ	6
1.1 Значення автоматизації виробничих процесів в прискоренні науково-технічного прогресу.....	6
1.2 З історії автоматики.....	7
1.3 Основні поняття та визначення.....	13
1.4 Продуктивність автоматичної машини.....	15
2 ПРОГРЕСИВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС – ОСНОВА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА	19
2.1 Вибір прогресивних методів отримання заготовок.....	19
2.2 Підвищення технологічності конструкцій.....	19
2.3 Точність обробки.....	20
2.4 Особливості проектування технологічного процесу у автоматизованому виробництві.....	20 3
ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	24 3.1
Основні поняття та визначення.....	24 3.2
Класифікація розпоряджувальних засобів автоматизації. Розгляд окремих представників класів (датчиків).....	24
3.3 Проміжні пристрої.....	40
3.3.1 Підсилювачі.....	41
3.3.2 Зменшувачі.....	45
3.3.3 Сповільнювачі.....	48
3.3.4 Якісні реле – перетворювачі.....	48 3.4
Виконавчі пристрої.....	50 4
СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИМИ ВЕРСТАТАМИ	59
4.1 Класифікація систем автоматичного керування (САК) металорізальними верстатами.....	59
4.2 Види САК за ступенем централізації.....	59
4.3 САК за видом програмоносія.....	65
4.4 Види САК за способом дії на виконавчий орган та за наявністю зворотного зв'язку.....	68
5 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ	72
5.1 Основні етапи завантаження металорізального обладнання.....	72
5.2 Автоматизація орієнтування.....	72
5.3 Завантажувальні пристрої.....	76
5.3.1 Магазинні завантажувальні пристрої.....	76
5.3.2 Бункерні завантажувальні пристрої (БЗП).....	81
5.3.3 Інші механізми завантажувальних пристроїв.....	90
5.3.4 Автооператори (маніпулятори).....	91
5.3.5 Використання промислових роботів для завантаження—	

розвантаження.....	92
5.3.6 Автоматичний затиск заготовок.....	93
5.3.7 Вимоги до точності робіт завантажувально-орієнтувальних пристроїв.....	93
ЛІТЕРАТУРА.....	97

Автоматизація виробництва відкриває необмежені можливості для підвищення продуктивності суспільної праці. Особливе значення має автоматизація машинобудівного виробництва. На основі розвитку машинобудування здійснюється механізація та автоматизація всієї промисловості.

Механізація та автоматизація виробництва може дати найбільший економічний ефект тільки за умови, що всі робітники промисловості творчо підійдуть до вирішення поставлених перед ними завдань і кожен внесе свій посильний внесок у розвиток технологічного процесу. А для цього потрібно, щоб інженери, техніки і робітники чітко уявляли реальний ефект, який дає механізація і автоматизація у виробничих умовах, могли правильно орієнтуватися у виборі найбільш раціонального економічно ефективного варіанта та технічних засобів автоматизації.

В двох частинах цього навчального посібника викладені в систематизованому вигляді всі розділи дисципліни «Автоматизація виробництва в машинобудуванні» відповідно до її навчальної програми. В матеріалах навчального посібника враховано інформацію, викладену в класичних літературних джерелах та навчальних посібниках різних країн бывшего СНД в сфері механізації та автоматизації технологічних процесів механічної обробки та складання. Потрібно відмітити, що в даному навчальному посібнику достатньо широко представлені матеріали по автоматизації широко-номенклатурного виробництва, які раніше входили до складу дисциплін «Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва» та «Технологічні основи комп'ютеризованого виробництва», які вилучені з навчальних програм, зокрема, нашого закладу вищої освіти, а також подана інформація про системи числового програмного керування та щодо використання мікропроцесорної техніки – контролерів – в системах керування технологічним обладнанням. При написанні посібника авторами також використовувався 50-ти річний досвід викладання дисципліни (один з авторів близький до цього терміну) на кафедрі «Технологій та автоматизації машинобудування» Вінницького національного технічного університету.

Навчальний посібник (сумісно з матеріалами практичних, лабораторних занять, а також з виконаним індивідуальним завданням) дає студентам можливість вивчити теоретичні та практичні матеріали з питань механізації та автоматизації технологічних процесів і правильно застосувати отримані знання у їх практичній інженерній роботі.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОМАТИЗАЦІЮ ВИРОБНИЦТВА ТА ЇЇ ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Значення автоматизації виробничих процесів в прискоренні науково-технічного прогресу

Автоматизація виробничих процесів є комплекс заходів із розробки нових прогресивних технологічних процесів та проектування на їх основі високопродуктивного технологічного обладнання, яке здійснює робочі та допоміжні процеси без безпосередньої участі людини.

Автоматизацію в машинобудуванні в жодному разі не варто розуміти лише як процес впровадження елементів та схем автоматики, насичення ними існуючих або заново проєктованих конструкцій машин.

Автоматизація – це комплексна конструкторсько-технологічна задача створення принципово нової техніки на базі прогресивних технологічних процесів обробки, контролю, складання. Вона містить створення таких методів та схем обробки, конструкцій та компоновок машин, які, як правило, були б неможливі, якщо б людина залишалася безпосереднім виконавцем більшості операцій в цих процесах.

Будь-яку продукцію, для отримання якої відомі методи та маршрути обробки, найбільш просто можна отримати на універсальному неавтоматизованому обладнанні з ручним керуванням за безпосередньої участі людини. Автоматизація виробничих процесів, яка пов'язана з неминучими, інколи досить значними витратами сил, засобів, часу, має мету – підвищення продуктивності та якості продукції, скорочення кількості обслуговуючих робітників порівняно з неавтоматизованим виробництвом. За рахунок реалізації цих факторів забезпечується економічний ефект та окупність витрат на автоматизацію. При цьому найважливішим фактором успішного впровадження є надійність автоматизованого обладнання. Якщо показники надійності будуть низькими, найскладніші і технічно досконалі автоматичні машини та системи машин стають менш продуктивними, ніж неавтоматизоване обладнання; кількість же робітників після автоматизації не скорочується, а зростає. Тому найважливішою вимогою до спеціалістів, які працюють в галузі автоматизації машинобудування, є вміння правильно оцінити доцільний ступінь автоматизації в заданих конкретних умовах, вибрати та

розраховувати оптимальні варіанти побудови машин та систем машин.

Поява верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) надала потужний поштовх використанню обчислювальної техніки безпосередньо у виробничих процесах. Об'єднання передової технології та технологічного обладнання, керованого від ЕОМ, дозволяє не просто підсумувати можливості підвищення продуктивності праці, а створює

6

умови, коли кількісні зміни переростають у якісні. Верстати з ЧПК, об'єднані з промисловими роботами, автоматизованим транспортом та складом в технологічні комплекси, передбачають високий ступінь автоматизації не тільки основних, але і допоміжних операцій: транспортування та складування заготовок, виробів, інструмента, технологічного оснащення, матеріалів. При повній автоматизації всіх операцій подібні комплекси перетворюються на гнучкі автоматичні виробничі системи, які дозволяють більш часту заміну продукції та систематичне зниження її серійності. Гнучкість автоматичних виробничих систем дозволяє легко переходити на виробництво продукції, адаптуватися до нових змінених умов виробництва. Цей напрямок є найбільш перспективним, тому що більшість країн світу господарюють в умовах ринкових відносин і що стосується машинобудівної галузі, то відбувається перерозподіл обсягу продукції за типами виробництв таким чином – якщо приблизно до кінця 80-х років одним із гасел розвитку цієї галузі було збільшення частки масового та великосерійного виробництв та зменшення частки серійного та дрібносерійного, то потім все стало навпаки. Це можна пояснити, наприклад, тим, що питома вага продукції дрібносерійного та середньосерійного типів становить приблизно 75–80%, та ринок якраз і потребує розширення номенклатури продукції, яка туди надходить, а цього можна досягти, наприклад, за рахунок зменшення її серійності. А взагалі перспективи розвитку цієї галузі прогнозуються таким чином, що поступово будуть зникати границі між існуючими на сьогоднішній день типами виробництв. З точки зору автоматизації виробничих процесів в кожній групі типів, вказаних вище – сумарний ступінь механізації та автоматизації для дрібносерійного та середньосерійного типів становить приблизно 20%, а у їх конкурентів ступінь автоматизації в деяких виробничих процесах доходить до 100%.

1.2 З історії автоматики

З давніх-давен людина створювала різні технічні знаряддя, що допомагали їй у трудових процесах, зокрема автоматичні пристрої. Походження слова «автоматика» грецьке – грецькою означає «самодіючий». Історія автоматики налічує десятки тисяч років. Першими розробниками автоматичних пристроїв були мисливці, які створювали

хитромудрі автоматичні конструкції для виловлювання птахів і звірів.

З розвитком цивілізації виникла потреба у вимірюванні відрізків часу. Першим приладом для визначення часу був сонячний годинник. Проте він не діяв уночі та в хмарну погоду. Набагато зручнішим став пісковий годинник. В подальшому, для підвищення точності подібних годинників замість піску в них стали використовувати воду. Такий водяний годинник у Стародавній Греції дістав назву «клепсидра», що буквально означає «злодійка води» (бо вода з неї «непомітно» зникала).

7

Один з учнів старогрецького механіка Ктезибія, Герон Старший Олександрійський, у книзі «Театр автоматів» описав різні пристрої прикладної механіки того часу, зокрема, це конструкція для відчинення дверей храму.

Згодом з'явилися й промислові автоматичні пристрої. Італійський живописець і винахідник Леонардо да Вінчі на початку XVI ст. побудував автоматичний зупинник при обриві нитки, яка намотується на катушку: якщо нитка обривається, спеціальний важіль, з яким з'єднана нитка, повертається проти годинникової стрілки, гальмуючи катушку. До подібних промислових автоматів належить «потрясок» – автоматичний регулятор подавання зерна при розмелюванні (цей автоматичний пристрій у 1588 р. описаний в книзі італійського інженера й механіка Агостіно Ромеллі.

З появою парових машин промислова автоматика розвивається дедалі швидше. Одну з перших спроб створити парову машину, яка б мала практичне значення, зробив французький фізик Дені Папін, який у 1680 р. запропонував свою конструкцію, що здобула назву «котла Папіна». Власне кажучи, це був просто паровий насос для видалення рудничних вод; але величезною заслугою було те, що він винайшов для свого котла запобіжний клапан. Два англійці – Томас Ньюкомен і Джон Келлі у 1705 р. одержали патент на парову машину, набагато досконалішу, ніж машина Папіна. В середині 60-х років XVIII ст. на принципах Ньюкомена майстер Барнаульського заводу І. І. Ползунов побудував парову машину (як привод до ковальських міхів), в якій спорудив автоматичний регулятор подавання води у паровий котел. Якщо рівень води підвищувався, поплавок, який розташовувався на поверхні води, також переміщувався вгору, і засувка клапана через важіль, з'єднаний з поплавком через шарнірну опору, прикривала клапан, зменшуючи надходження води у котел. У 1785 р. шотландський винахідник Джеймс Уатт побудував досить досконалу парову машину подвійної дії, яка була встановлена на млині в Англії. У машині використано принципово нові рішення, одним з яких був автоматичний регулятор швидкості машини на базі відцентрового вимірювача швидкості.

З XVIII ст. починається розвиток електротехніки. У середині цього

сторіччя російський фізик, академік Георг Вільгельм Ріхман, винайшов перший електровимірювальний прилад. У 1781 р. італійський учений Алессандро Вольт створив чутливий електроскоп з двома соломинками. У 1820 р. французький фізик Андре Марі Ампер демонстрував перший гальванометр, через п'ять років італійський фізик Леопольдо Нобілі винайшов більш чутливий гальванометр. На початку XIX ст. почалося створення електричного телеграфу. Чим далі треба було посилати електричні сигнали по проводах, тим більшої електрорушійної сили батареї доводилося використовувати, тому дальність зв'язку обмежувалася – працювати з дуже високими напругами було небезпечно. Вихід дала ідея

8

перепряжених коней, яка застосовувалася при організації поштового зв'язку: на черговій станції стомлених коней замінювали на свіжих, і поштова карета рухалася далі. Для організації далекого електров'язку замикання ключа примушувало спрацьовувати електромагніт, контакт якого підключав до наступної ділянки нову гальванічну батарею, що забезпечувало передавання сигналу далі. Оскільки організація поштового зв'язку на перепряжених конях називалася по-французьки «relais» (реле), так почали іменувати і відповідний електромагнітний пристрій. У 1839 р. російський електротехнік Б. С. Якобі в своєму електромагнітному телеграфі застосував «реєстратор імпульсів» – перший реєструвальний електровимірювальний прилад. Перший електровимірювальний прилад електромагнітної системи був створений у 1848 р. німецькими фізиками Рудольфом Германом Арнутом Кольраушем та Вільгельмом Едуардом Вебером. Перший магнітоелектричний прилад з рухомою котушкою запропонував у 1867 р. англійський фізик Уільям Томсон (лорд Кельвін). У 1880 – 1881 рр. французькі фізики Марсель Депре і Жак Арсен д'Арсенваль вдосконалили цей прилад, застосувавши замість електромагніту постійний магніт.

Розвиток техніки потребував дедалі точнішого вимірювання часу. Водяний годинник вже не міг задовольнити цих потреб, і з'явилися механічні годинники – спочатку тільки з годинниковою стрілкою (XIII ст.). У 1657 р. голландський фізик Христіан Гюйгенс сконструював перший маятниковий годинник зі спусковим механізмом, що дозволило дещо підвищити точність вимірювання часу.

Поява точних механічних годинників прискорила розвиток автоматів. У XVIII ст. виготовлялися складні годинники з різними саморушними фігурами людей, тварин, птахів, які починали рухатися в певний час. Наприкінці цього сторіччя деякі годинникарі створювали годинникові механізми з пружинним приводом. Особливо відомими стали автомати, виготовлені швейцарським годинникарем П'єром-Жаком Дро і його сином Анрі, на честь якого подібні автомати були названі «андроїдами». Автомати на основі годинникових механізмів здатні були виконувати

тільки такі дії, які передбачувалися при їх виготовленні; проте вони справляли дуже велике враження, – тоді вважалося, що саме подібні пристрої – це й є справжнє призначення автоматики.

На початку ХХ ст. подальшим розвитком андроїдів стали роботи – людиноподібні механізми (звичайно з електроприводом), здатні виконувати деякі дії, що нагадують людські. Термін **робот** уперше був застосований у 1920 р. чеським письменником Карелом Чапеком у фантастичній драмі «RUR» – так він назвав схожі на людей автомати, які випускала компанія інженера Россума («RUR» розшифровувалось як Россумські Універсальні Роботи, Rossum's Univesal Robots; слово робот чеською означає «чорнороб»). Роботи першої половини ХХ ст. виконували корисні дії (ходили, сиділи, піднімали й опускали руки, рухали пальцями

9

та ін.), але використовувалися здебільшого в рекламних цілях, з метою демонстрації великих можливостей автоматики. У міру вдосконалення зовнішня схожість роботів з людиною зникла й збільшувалася схожість виконуваних ними функцій, які властиві людині.

Величезну роль у розвитку сучасної автоматики відіграє **кібернетика** – наука про процеси управління й передавання сигналів у технічних системах, живих істотах і людському суспільстві, яка використовує математичні методи.

Великі можливості відкриває для автоматики й **біоніка** – галузь техніки, що моделює елементи біосистем з метою створення досконалих засобів автоматики. Людина довгий час не підозрювала, що, створюючи деякі прилади, вона повторювала те, що існує у живій природі. Наприклад, була винайдена локація для визначення відстані тих чи інших віддалених об'єктів; згодом з'ясувалося, що ультразвукова локація використовується кажанами для орієнтації у темряві й пошуку їжі. Інфрачервона фотографія (для фотозйомки у темряві) виявилася наслідком термоскопічного зору восьминогів, ящірок та змій. Як приклад досягнень біоніки можна назвати розробку приладу для передбачення штормів. Давно відомо, що за добу до шторму медузи пливають далі в море, побоюючись бути викинутими хвилями на берег. Виявилось, що медузи вловлюють інфразвуки (частотою до 15 Гц, які людина не чує), котрі є провісниками шторму. Був сконструйований прилад для уловлювання інфразвуків – і одержано провісник штормів, що прогнозує їх наближення годин за п'ятнадцять. Досконалість пристосувань, створених живою природою вражає уяву. Відомо, що соняшник повертає свою квітку до сонця, як це здійснюється? Метелики, кропив'янки за кілька годин до грози ховаються у захищені місця, хоч на небі нема ані хмаринки. Як вони завбачають наближення грози?

На ці та деякі інші запитання поки що відповідей немає. Але розвиток науки дозволяє сподіватися, що подібні секрети будуть розкриті, і на їх

основі буде винайдено багато корисних технічних пристроїв.

Технічною базою інформатики є, як відомо, обчислювальна техніка. Еволюція цього напрямку, тобто іншими словами обчислювальної техніки, охоплює абаки, китайську рахівницю «суан-пан», російську рахівницю (XV ст.), логарифмічну лінійку. Все це не було ще обчислювальними машинами, а лише механічними пристроями для деякого полегшення виконання розрахунків.

Історію обчислювальних машин прийнято вести від «арифметичної машини» французького математика, фізика й філософа Блеза Паскаля. Лічильна машина, призначена для виконання всіх чотирьох арифметичних дій, запропонована в 1670 р. німецьким математиком, фізиком і філософом Готфрідом Вільгельмом Лейбніцем. Подальший внесок у розвиток обчислювальної техніки внесли Джордж Буль винайшов систему математичної логіки, яка дістала назву **булева алгебра** і яка стала

10

математичною основою теорії перемикальних схем для розробки цифрових обчислювальних машин; у 1874 р. інженер Петербургського Монетного двору Вільгодт Теофілович Однер сконструював обчислювальну машину нового типу – **арифмометр**; у роки першої світової війни з'явилися електромеханічні клавішні обчислювальні машини для виконання всіх чотирьох арифметичних дій – **калькулятори** (від англ. calculate – обчислювати); американець Герман Холлерит у 1887 р. винайшов електромеханічну обчислювальну машину, в якій для автоматизації обчислень була використана перфострічка, яка в подальшому була замінена на перфокарту – перфоровану карту з цупкого паперу, машини Холлерита дістали назву лічильно-перфораційних (ЛПМ); поява ЛПМ стала початком виділення двох напрямів обчислювальної техніки – вони були першими з обчислювальних машин, які згодом одержали назву **комп'ютери** (від англ. compute – обчислювати); американський фізик Говард Айкен є винахідником електромеханічної обчислювальної машини «МАРК – 1» (1944 р.) з використанням електромагнітних реле та деяких елементів ЛПМ, ця машина вважається **нульовим поколінням** обчислювальних машин; наприкінці 1945 р. в електротехнічній школі Мура при Пенсильванському університеті Джон Моучлі та Дж. Преспер Еккерт сконструювали перший у світі електронний комп'ютер, де було використано 18000 електронних ламп, винайдених ще на початку сторіччя (діод – у 1904 р. англійським фізиком Джон Амброа Флемінгом; триод – 1906 р. американським фізиком Лі де Форестом), машина почала діяти в лютому 1946 р. й одержала назву ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer) – ЕОМ на електронних лампах називають **першим поколінням комп'ютерів**; у 1946 р. американський математик Джон фон Нейман висунув важливу ідею, яка сприяла подальшому вдосконаленню ЕОМ – застосування **двійкової системи числення**; наприкінці 50-х років

на заміну ламповим ЕОМ прийшли напівпровідникові, виконані на транзисторах; це було вже **друге покоління ЕОМ**; перша ЕЦОМ **третього покоління** з'явилася у 1962 р.; третє покоління ЕОМ спочатку створювалося на мікромодулях – блоках, складених з комплексу квадратних плоских пластинок, на яких розміщувалися мініатюрні транзистори, резистори, конденсатори, трансформатори – на кожній стороні квадрата знаходилися металізовані пази, за допомогою яких окремий мікроелемент підключався в електричну схему; удосконалення мікромодулів привело до створення плівкових мікросхем: на ізоляційну підкладку за допомогою хімічного осадження або вакуумного напилення наносилися через трафарет необхідні деталі (з провідникових, резисторних, магнітних, напівпровідникових та ізоляційних плівок певної конфігурації), з'єднані у загальну систему (наприклад, підсилювач, елемент ЕОМ тощо); і, нарешті, з'явилися так звані тверді схеми, складені з електронних вузлів, одержаних шляхом створення в напівпровідниковій пластині ділянок, які за своїми властивостями еквівалентні елементам

11

електроніки (транзисторам, резисторам, конденсаторам та т. ін.) – такі схеми згодом стали називати **інтегральними**; подальша мікромініатюризація електроніки привела до великих інтегральних схем (ВІС), де у загальну схему зведено багато окремих електронних вузлів і невеликих схем – у напівпровідниковому кристалі з розмірами поверхні від кількох міліметрів до сантиметра й товщиною у десяті частки міліметра розміщуються тисячі і навіть сотні тисяч елементів, з'єднаних між собою внутрішніми зв'язками, завдяки чому можна виконувати необхідні операції; поряд з великими універсальними ЕОМ на базі інтегральних схем випускаються й малі спеціалізовані машини (міні – ЕОМ); винайдення інтегральних схем сприяло розвитку й іншої галузі обчислювальних машин, які на відміну від комп'ютерів, називалися **калькуляторами**: з'явилися електронні клавішні обчислювальні машини (ЕКОМ) – настільні й навіть кишенькові; мікромініатюризація електроніки досягла великих успіхів – габарити машин все зменшувалися, швидкодія їх підвищувалася, але залишався істотний недолік – жорстка логіка, система будувалася за певною логічною схемою і могла працювати тільки згідно з нею; так було до 1971 р., коли американський учений Марчіан Хофф винайшов принципово новий спосіб створення логічних обчислювальних систем на основі ВІС – з гнучкою логічною структурою, яку можна перебудувати (за необхідності) шляхом введення в ВІС ззовні відповідної нової програми, такий пристрій одержав назву **мікропроцесора (МП)**, а машини на основі МП називаються мікропроцесорними ЕОМ (скорочено: **мікро-ЕОМ**) і належать до **четвертого покоління ЕОМ**; перші «великі» машини на базі МП з'явилися у 1974 р.; використання МП дало змогу створити малогабаритні мікро-ЕОМ – кожен користувач міг обслуговувати машину

самотужки, тому такі мікро-ЕОМ дістали назву **персональних**; майже одночасно з персональними комп'ютерами як спрощення великих машин були створені програмовані мікрокалькулятори (ПМК) як удосконалення ЕКОМ; перший ПК було створено в 1976 р. двома американськими спеціалістами в галузі комп'ютерної техніки Стівеном Джобсом та Стівом Уозняком, які сконструювали невелику ЕОМ, з назвою «ЕППЛ»; перший ПМК було випущено американською фірмою Х'юлетт – Паккард у 1974 р.; на базі МП з'явилися і **мікроконтролери** – спеціалізовані спрощені мікропроцесорні машини для керування технологічними об'єктами (МК), ці машини настільки дешеві, що їх можна розміщувати на кожному об'єкті керування й використовувати тільки час від часу за необхідності – це дає змогу винаходити системи автоматизації технологічних процесів на принципово новій основі.

Резюме. У будь-якому трудовому процесі можна розрізнити три основні складові:

- 1) знаряддя, за допомогою якого здійснюється необхідний вплив на предмет праці (технологічна складова);
- 2) джерело енергії для виконання роботи (енергетична складова);

12

3) система керування робочим процесом, яка здійснює доцільну координацію використання знарядь виробництва і джерела енергії (управлінська складова).

На первісній стадії праця була ручна: своїми м'язами людина надавала руху спочатку ціпку і кам'яній сокирі, стрілі й спису, а потім і складнішим знаряддям. На жаль, багато важкої ручної праці збереглося на нашому виробництві і до сьогодні.

При ручній праці складові трудового процесу мають такий вигляд: 1) знаряддями виробництва слугують більш або менш складні інструменти та пристрої;

2) джерелом енергії є м'язова сила людини;

3) керування трудовим процесом виконує, природно, сама людина. Проте фізична сила людини занадто мала для виконання багатьох робіт, важливих для її існування. Тому людина почала пошук більш потужних джерел енергії для своєї трудової діяльності. Спочатку таким джерелом була м'язова сила приручених тварин, згодом люди навчилися використовувати й енергію сил природи – вітру й води, потім пари, електрики, а відтак і атомну, геотермічну та інші види енергії. Для того, щоб енергію сил природи використати для приведення в дію якогось знаряддя виробництва, доводилося створювати цілі сукупності машин і механізмів, до яких входили як енергетичні машини (що перетворюють один вид енергії на інший), так і технологічні (які забезпечують необхідні зміни стану, форми, властивості або розташування у просторі об'єктів праці). Такий спосіб виробництва називається **машинним**. На нижчій

стадії машинного способу виробництва керування залишається за людиною – називається вона **механізацією** виробництва: термін походить від грецького – мистецтво побудови машин. Вищою стадією машинного способу виробництва є **автоматизація**, при якій і керування здійснюється за допомогою машин, без прямої участі людини; термін походить від грецького – самодіючий.

Таким чином, **автоматика** – це галузь науки й техніки, яка охоплює сукупність пристроїв керування, що дають змогу здійснювати трудові процеси без прямої і безпосередньої участі людини. **Автоматизація** ж являє собою практичне застосування автоматика для вирішення конкретних завдань управління технологічними процесами.

1.3 Основні поняття та визначення

У своєму розвитку процес автоматизації виробництва проходить дві основні стадії: **механізацію та автоматизацію**.

Механізація може бути частковою та комплексною. **Часткова механізація** – це механізація частини рухів, необхідних для здійснення технологічного процесу (механізація рухів, пов'язаних з подачею та зніманням заготовок, виконанням основних та допоміжних переміщень і т.

13

ін.). **Комплексна механізація** – це механізація всіх рухів, необхідних для здійснення технологічного процесу, при якому обслуговуючий персонал здійснює тільки оперативне керування технологічним обладнанням та оснащенням.

Примітка. Однак досвід показує, що автоматизацію багатьох елементів виробничого процесу доцільно здійснювати без переходу через стадію механізації.

Автоматизація може бути частковою, комплексною та повною. Під **частковою** розуміється автоматизація частини операцій із керування технологічним процесом. В цьому випадку у цехах працює не пов'язане між собою автоматизоване обладнання (наприклад, токарні, фрезерувальні, шліфувальні та інші автомати). При **комплексній автоматизації** всі операції з обробки матеріалів, включно з їх транспортуванням, здійснюються системою автоматичних машин та технологічних агрегатів за заздалегідь заданою програмою. За робітником залишається лише оперативне керування щодо узгодження роботи окремих ділянок виробництва. При **повній** автоматизації керування технологічним процесом здійснюється без втручання робітника за допомогою **систем автоматичного керування (САК)**. В цьому випадку ЕОМ здійснює керування окремими **системами автоматичного регулювання (САР)**, впливаючи на їх датчики.

Спостерігаючи за роботою будь-якого автомата, легко помітити, що при

виконанні певного процесу, крім основних робочих рухів виконавчого механізму, який виконує обробку матеріалу, мають місце допоміжні рухи, які не беруть участь у безпосередній обробці, тобто машина при обробці здійснює робочі та холості ходи.

Робочими ходами називають такі рухи машин, під час яких здійснюється безпосередня обробка матеріалу.

Холостими ходами називають допоміжні рухи, які слугують для підготовки умов, необхідних для здійснення робочих ходів (подача заготовки, підведення та відведення інструментів, вилучення деталі і т. ін.).

Автоматом називається самокерована робоча машина, яка при здійсненні технологічного процесу виконує всі робочі та холості рухи циклу обробки і потребує тільки контролю за її роботою та налагодження. Ступінь автоматизації машини може бути підвищений шляхом застосування механізмів для автоматичного регулювання робочих органів машини в процесі обробки, автоматичного контролю якості та кількості виробів, для автоматичного встановлення обробного матеріалу, заміни та регулювання інструмента, прибирання відходів і т. ін.

Якщо у машини відсутній один з основних механізмів, який здійснює холості ходи, автоматичний робочий цикл переривається і для повторення циклу потрібне обов'язкове втручання робітника. В таких випадках ми маємо напівавтоматичну робочу машину.

14

Напівавтоматом називається машина, яка працює з автоматичним циклом, для повторення якого потрібне втручання робітника. Комплексна автоматизація виробничих процесів приводить до створення автоматичних систем машин, які об'єднують виконання найрізноманітніших операцій: обробки, контролю, складання та пакування. Звідси виникає необхідність створення автоматичних ліній, автоматичних цехів та заводів.

Автоматичною лінією називається автоматична система машин, що розташовані в технологічній послідовності і об'єднані засобами транспортування та керування, і які автоматично виконують комплекс операцій, окрім контролю за роботою обладнання та налагодження.

Автоматичним цехом (заводом) називається цех (завод), в якому основні виробничі процеси здійснюються на автоматичних лініях. Крім того, існують відповідні терміни, назви та визначення складових **гнучкого автоматизованого виробництва**, з якими ми ознайомимося в подальшому курсі при розгляді відповідних розділів.

1.4 Продуктивність автоматичної машини

До складу будь-якого виробничого процесу у машинобудуванні входять такі операції:

- транспортування заготовок або напівфабрикатів до обробних цехів або до окремих машин;
- завантаження заготовок або напівфабрикатів;
- встановлення заготовок;
- пуск верстата;
- обробка (надання деталі заданих кресленням форми та розмірів); - зупинення машини;
- контроль;
- вивантаження готової деталі;
- транспортування деталі на проміжний склад або на складання і т. ін.

Аналіз перерахованих елементів показує, що автоматично здійснюється, в основному, тільки обробка заготовки, і то під керуванням людини. Всі інші прийоми, необхідні для отримання готового виробу, в більшості випадків виконує людина.

Робота будь-якого автомата характеризується періодичним повторюванням, тобто тривалістю робочого циклу:

$$T = t_p + t_x, \quad (1.1)$$

де t_p , t_x – час на робочі і холості переміщення.

15

Тривалість робочого циклу визначає **продуктивність** автоматичних машин. Продуктивністю робочої машини називається кількість деталей, які виготовляються за одиницю часу.

Знаючи час, протягом якого виконується робочий цикл, можна визначити **циклову продуктивність машини**:

$$Q_u = \frac{1}{T} \quad [шт./хв]. \quad (1.2)$$

Якщо в машини відсутні холості ходи $t_x = 0$, то Q_u визначається часом обробки:

$$Q_u = \frac{K}{t_p} \quad [шт./хв], \quad (1.3)$$

де K – технологічна продуктивність.

Технологічна продуктивність – це продуктивність ідеальної машини, робочий процес якої здійснюється безперервно без холостих ходів і будь яких простоїв машини.

Підставляючи значення K в формулу (1.2), отримаємо

$$Q_K = \frac{K \eta}{K t} = 1 \text{ [шт./хв]}, \quad (1.4)$$

де η – коефіцієнт продуктивності робочої машини.

Коефіцієнт продуктивності робочої машини визначається відношенням циклової продуктивності машини до технологічної або відношенням часу робочих ходів до періоду циклу

$$\eta = \frac{Q}{K t} = 1 \quad (1.5)$$

Якщо прослідкувати за роботою автомата протягом тривалого часу, можна помітити, що автомат періодично простоє з причини **позациклових втрат**.

Фактична продуктивність машини в цьому випадку може бути визначена за формулою:

$$Q_{\text{факт}} = \frac{Q}{t_{\text{п}} + t_{\text{т}} + t_{\text{т}}}, \quad (1.6)$$

16

де $t_{\text{п}}$ – позациклові втрати (заміна і переналагодження інструмента, ремонт і регулювання окремих механізмів автомата і т. ін.).

Таким чином, при розгляді роботи автоматичних машин ми маємо втрати двох типів:

- циклові;
- позациклові.

До циклових втрат (втрати I виду) відносяться:

- фіксація, затискання і розтискання заготовки;

- підведення і відведення механізмів;
- транспортування оброблюваної заготовки від позиції до позиції. До позациклових витрат відносяться витрати II-VI видів.

Втрати II виду (пов'язані з інструментом):

- заміна інструменту;
- встановлення і регулювання інструменту;
- очікування налагодчика;
- очікування інструменту зі складу;
- часткове заточування і т. ін.

Втрати III виду (пов'язані з надійністю і довговічністю машини): - регулювання і ремонт механізмів машини;

- отримання запасних частин.

Втрати IV виду (пов'язані з організацією виробництва):

- періодична заправка матеріалу;
- прибирання відходів;
- здача готових деталей;
- отримання заготовок;
- переговори по роботі;
- здача зміни і т. ін.

Втрати V виду (пов'язані з браком):

- брак виробів при налагодженні машини;
- брак внаслідок порушення налагодження;
- брак матеріалу, виявлений після першої операції і т. ін.

Втрати VI виду – втрати, пов'язані з необхідністю переналагодження машини на випуск нової деталі.

Питання для самоконтролю

1. Що розуміється під автоматизацією виробничих процесів? 2. Яке значення має автоматизація у розвитку промислового виробництва?
3. Наведіть декілька прикладів з хронології розвитку автоматизації.
4. Основні складові трудового процесу. Їх характеристика. 5. Що таке автоматизація?
6. Розкрийте поняття механізації та автоматизації. Які види механізації та автоматизації розрізняють?

17

7. Що таке «автомат», «напівавтомат», «автоматична лінія», «автоматичний цех (завод)»?

8. Перерахуйте складові будь-якого виробничого процесу в машинобудуванні.

9. Від чого залежить тривалість робочого циклу?

10. Що таке циклова продуктивність машини? Технологічна продуктивність? Коефіцієнт продуктивності? Фактична продуктивність? 11.

Класифікація втрат при роботі автоматичної машини.

18

2 ПРОГРЕСИВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС – ОСНОВА АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Вибір прогресивних методів отримання заготовок

Оскільки витрати на виготовлення заготовки нерідко становлять від 50 до 80% від загальної собівартості готової деталі, однією з основних умов створення економічно ефективного автоматизованого виробництва є, насамперед, вибір раціонального метода отримання заготовок, до яких в заданих умовах висуваються такі вимоги: підвищена точність; висока якість поверхні; мінімальні припуски; проста і геометрично правильна форма, яка полегшує встановлення заготовки до пристосування, а також транспортування в процесі обробки; відсутність у заглибленнях закритих поверхонь, які потребують обробки; можливість обробки на прохід; мінімальні довжини оброблюваних поверхонь; наявність зручних чорнових баз, які мають достатню довжину; можливість повної обробки на одній базі.

Реалізація цих вимог дозволить застосувати не тільки існуючі методи виконання заготовок, але і створити принципово нові технологічні процеси, в результаті виконання яких можуть бути отримані заготовки, точність розмірів, якість поверхонь та металоємність яких будуть повністю відповідати вимогам автоматизованого виробництва з мінімальними витратами часу і коштів на їх обробку.

2.2 Підвищення технологічності конструкцій

Під технологічністю конструкцій розуміється сукупність властивостей виробу, які дозволяють виготовляти його найбільш раціональними засобами. Технологічною можна вважати таку конструкцію, яка, з одного боку, буде ефективною та надійною в експлуатації, а з іншого – разом з першим буде найменш трудомісткою та металоємною у виготовленні. Техніко-економічна ефективність автоматизованого виробництва значною мірою залежить як від технологічності конструкції виробу в цілому, так і від технологічності окремих його вузлів та деталей. Недостатня технологічність конструкції машини та її окремих елементів може послужити серйозною перешкодою для використання високопродуктивних технологічних процесів у автоматизованому виробництві. Підвищення технологічності конструкції виробу у автоматизованому виробництві залежить від таких факторів:

1) можливості розчленування виробу на елементи, які забезпечують зручність паралельного та незалежного складання, монтажу та регулювання. Перевага полягає в тому, що виріб складається з попередньо складених та проконтрольованих випробуваних вузлів, в результаті чого

значно скорочується тривалість циклу загального складання та виключає вірогідність виникнення дефектів у складеній машині. Розчленування складального процесу на вузлове та загальне складання набуло особливого

значення в умовах автоматизованого виробництва;

2) ступені уніфікації конструкцій та повторюваності вузлів оригінальних деталей та нормалей. Уніфікація деталей та вузлів сприяє підвищенню серійності виробництва, полегшує використання стандартного інструменту, скорочує потрібну кількість спеціального інструменту та пристосувань;

3) спрощення геометричних форм деталей для зниження металоємності, трудомісткості та покращення транспортабельності; 4) зменшення довжини оброблюваних поверхонь;

5) скорочення різноманітності марок матеріалу, які використовуються;

б) призначення науково обґрунтованих квалітетів точності та класів чистоти.

2.3 Точність обробки

Під точністю обробки розуміється ступінь відповідності виготовлених деталей заданим кресленням розмірам, формі, механічним та фізичним властивостям.

Виготовити абсолютно точну деталь неможливо. Відхилення розмірів та геометричної форми виготовленої деталі від вимог креслення називають похибкою обробки. На появу похибок впливають багато чинників. Головними з них є: неточність встановлення заготовки на верстаті; геометричні неточності верстата, пристосування та інструменту; пружні та теплові деформації системи ВППД; розмірна стійкість інструменту та його неякісне налагодження.

Більшість цих похибок детально розглядаються у курсі «Технологія машинобудування». Для автоматизованого виробництва велика увага приділяється розмірній стійкості та оптимальному налагодженню інструментів на розмір – застосування мірних інструментів, пристосувань та попереднього налагодження верстата та інструменту, створення пристроїв автоматичного підналагодження інструменту.

2.4 Особливості проектування технологічного процесу у автоматизованому виробництві

Для впровадження автоматизації в виробництво потрібно спроектувати такий технологічний процес, який би відповідав певним вимогам. Тому при проектуванні ТП автоматизованого виробництва необхідно отримати відповіді на такі питання:

- Чи є необхідність в орієнтації деталі?
- Рухомий чи нерухомий об'єкт обробки?

- Чи збігається напрямок подачі інструменту або деталі в процесі

обробки з напрямком переміщення деталі при завантаженні і при її транспортуванні від одного верстата до другого?

- Чи можлива обробка заготовок в процесі транспортування? - Який тип інструменту, що застосовується для обробки?

Для того щоб полегшити відповіді на наведені питання всі технологічні процеси можна розділити на два класи.

I клас – де необхідна обов'язкова орієнтація деталі, а інструменту надається в процесі обробки один або декілька рухів. Характер відносного руху інструменту та заготовки підпорядковується строгій лінійній залежності. Процеси цього класу нелегко піддаються автоматизації, а тому потребують складних автоматизувальних пристроїв.

II клас – де не потрібна орієнтація деталі, а інструмент являє собою активне оброблювальне середовище. Процеси цього класу легко піддаються автоматизації і автоматизувальні пристрої набагато простіші.

До ТП I класу відносяться: обробка металів різанням, тиском і зварюванням, а також складальні процеси та контрольні операції і т. ін. До ТП II класу можна віднести термічну обробку, гальванічне покриття, миття, сушіння, фарбування і т. ін.

Крім основних класів існує два перехідних:

IA клас – де потрібна орієнтація деталі, але немає інструменту, що суміщає складні рухи. Його замінює активне оброблювальне середовище. Приклад – нанесення покриття або контроль твердості намагнічуванням контрольованої деталі.

IIA клас – де не потрібна орієнтація деталі за положенням інструменту. Приклад – виготовлення деталей з преспорошків, виготовлення твердосплавних інструментів.

Класифікація ТП має бути пов'язана з робочими машинами (обладнанням), на яких здійснюється цей процес. **Класифікувати робочі машини можна за ступенем автоматизації і за безперервністю оброблення.**

З точки зору **безперервності** робочі машини можна поділити на три класи:

1. Машини дискретної дії, які потребують зупинки оброблюваної деталі в робочій зоні на час здійснення безпосереднього процесу обробки. До таких машин потрібно віднести: звичайні токарні, свердлильні, фрезерні, контрольні і складальні автомати, а також ряд інших подібних верстатів.

2. Машини безперервної дії, в яких інструменти нерухомі, а оброблювані деталі безупинно рухаються. До них відносяться верстати – безцентрово-шліфувальні, карусельно-фрезерні і деякі типи токарно карусельних.

3. Машина кваліфікована до дії, в якій здійснюється переміщення інструментів і оброблюваних деталей, тобто обробка проводиться в процесі транспортування.

Продуктивність машини I класу визначається за формулою: $Q_{\text{I}} = \frac{1}{t_{\text{м}} + t_{\text{х}} + t_{\text{з}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{тр}}}$

$$Q_{\text{I}} = \frac{1}{t_{\text{м}} + t_{\text{х}} + t_{\text{з}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{тр}}}, \quad (2.1)$$

$$Q_{\text{I}} = \frac{1}{t_{\text{м}} + t_{\text{х}} + t_{\text{з}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{тр}}}$$

де $t_{\text{м}}$ – машинний час;

$t_{\text{х}}$ – час холостого ходу;

$t_{\text{з}}$ – час який витрачається на фіксацію і затиск;

$t_{\text{роз}}$ – час на звільнення (розтиск, розфіксацію);

$t_{\text{тр}}$ – час транспортування.

Продуктивність машин I кл. обмежується переходом робочого циклу і може бути збільшена при його зменшенні або при збільшенні числа робочих позицій.

Продуктивність машини II кл. визначається за формулою:

$$Q_{\text{II}} = \frac{v}{h + l a}$$

v

$$+ = = , \quad (2.2)$$

h $l a$

де v – швидкість технологічного руху;

h – відстань між двома робочими позиціями;

l – довжина деталі, виміряна в напрямку переміщення;

a – відстань між двома деталями.

Продуктивність машин II кл. не обмежується періодом робочого циклу, а залежить лише від швидкості технологічного переміщення і від розміру деталі. В цих машинах елементи технологічного циклу, зокрема і частково машинний час, перекриваються, відповідно продуктивність їх значно

вища.

Продуктивність машин III кл.:

$$Q_{TP}^v$$

v

$$+ = = , (2.3)$$

h транспортування.
 $l a$

де $_{TP}v$ – швидкість

В цій формулі швидкості транспортного і технологічного переміщень не залежать одна від одної, тому продуктивність теоретично може бути як завгодно високою. Однак і в машинах, де обробка деталі виконується під час транспортування, збільшення продуктивності залежить від $_{TP}v$ і від

22

кількості одночасно оброблюваних заготовок, інструментів і робочих позицій. Ці обставини роблять машину складною і громіздкою. Найбільшу точність обробки забезпечують машини дискретної дії, найменшу – квазібезперервної.

Питання для самоконтролю

1. Які вимоги висуваються до методу отримання заготовок для організації в подальшому ефективного автоматизованого процесу виготовлення виробу?

2. Які фактори сприяють підвищенню технологічності конструкції виробу у автоматизованому виробництві?

3. Назвіть основні чинники процесу обробки, які впливають на її точність і як її можна підвищити у автоматизованому виробництві (наведіть приклади).

4. Відповіді на які питання потрібно отримати проектанту технологічного процесу у автоматизованому виробництві? 5. Класифікація технологічних процесів (основні та перехідні класи). Назвіть приклади обробки згідно з цією класифікацією.

6. Класифікація робочих машин за ознакою – безперервність обробки.

7. Як визначається продуктивність машини для кожного класу?

3 ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Основні поняття та визначення

Управління – сукупність прийомів, необхідних для пуску і зупинки процесу, а також для підтримки або зміни в необхідному напрямку величин (параметрів), що характеризують процес.

Управління процесами можна здійснювати певними пристроями, що виконують ті самі рухи (**прийоми**), які повинен виконувати робітник. В цьому випадку це буде **автоматичне управління операцією**.

Пристрої, які виконують прийоми управління без безпосередньої участі робітника, називаються **автоматичними пристроями**. Автоматичні пристрої різні за призначенням, конструкцією, принципом дії, видом джерела живлення і т. д. – це **засоби автоматизації**. Кожний прийом управління можна розглядати в такій послідовності: 1. Розпорядження (команда).

2. Проміжні дії.

3. Безпосереднє виконання руху управління.

Елементарний механізм для автоматичного виконання прийому

управління має складатися з двох або трьох ланок, що виконують відповідні функції:

I ланка – **розпоряджувальна**, називається **датчиком** (організовує команду (сигнал, імпульс) для здійснення прийому);

II ланка – **проміжна** (призначена для перетворення сигналу від датчика).

Проміжні ланки можуть містити і обчислювальний елемент; III ланка – **виконавча** (для виконання прийому).

Датчиком називається пристрій, який сприймає зміни параметра контрольованої величини і перетворює ці зміни у вихідний сигнал, зручний для подальшої обробки і дистанційної передачі.

Датчики характеризуються вхідною величиною і вихідним сигналом.

Вхідна величина – це величина, яка сприймається і перетворюється датчиком, наприклад, лінійне переміщення частин верстата і т. д. **Вихідний сигнал** – ця певна якісна або кількісна зміна вхідної величини, що використовується для передачі на виконавчу або проміжну ланку.

3.2 Класифікація розпоряджувальних засобів автоматизації. Розгляд окремих представників класів

3.2.1 Класифікація розпоряджувальних засобів автоматизації Для автоматизації МРВ застосовують такі датчики (відповідно до ознак).

24

1. За вхідною величиною, яка реагує на параметр процесу, що змінюється:

- шляхові;
- розмірні;
- силові;
- швидкісні;

2. За вихідним сигналом:

- механічні;
- електричні;
- фотоелектричні;
- пневматичні;
- гідравлічні;
- комбіновані.

3. За принципом дії:

- електроконтактні;
- індуктивні;
- ємнісні і т. ін.

Рекомендації щодо вибору датчиків.

Вибираючи датчики, потрібно керуватися такими характеристиками:

а) статичною характеристикою датчика

$$y = f(x); \quad (3.1)$$

б) чутливістю

$$y \frac{\Delta y}{\Delta x} = S; \quad (3.2)$$

x

в) порогом чутливості – найменшою зміною вхідної величини, яка викликає зміну вихідного сигналу;

г) основною похибкою перетворення – максимальна

різниця; д) додатковими похибками – зміна зовнішніх умов;

е) динамічною характеристикою – поведінкою при швидких змінах вхідної величини.

3.2.2 Розгляд окремих представників класів

3.2.2.1 Механічні шляхові датчики – упори і обмежувачі, які встановлюються на станині верстата для обмеження переміщення частин, що рухаються.

Точність роботи по упорах коливається від 0,04-0,002 мм. Робочі поверхні упорів гартують. Упори бувають однопозиційні і багатопозиційні, з мікрометричним пристроєм для точного установлення упора, з індикаторами (рис. 3.1).

25

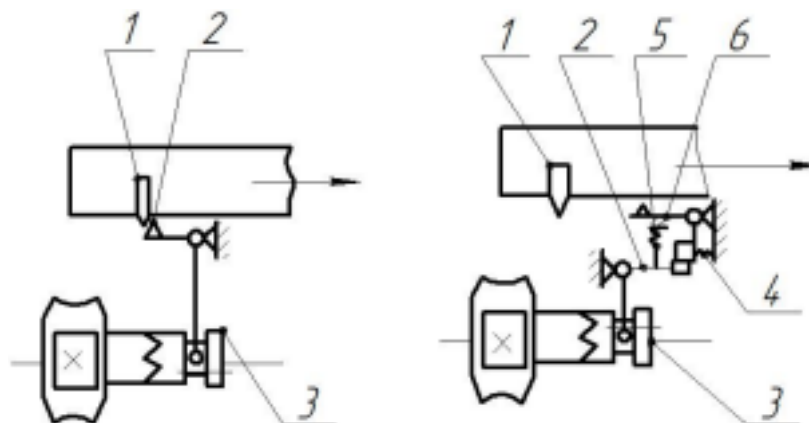


Рисунок 3.1 – Автоматичні зупинники (механічні датчики):

1 – упор; 2 – важіль; 3 – муфта; 4, 5 – пружини; 6 – защіпка

3.2.2.2 Електроконтактні шляхові датчики

Переваги:

- невеликі габарити;
- мала інерційність;

- велика чутливість;
- достатня надійність;
- можливість передачі вихідного сигналу на значні відстані по дротах.

Застосовують: для замикання і розмикання електричного кола управління у момент досягнення рухомими частинами верстата заданого положення.

Існують такі різновиди.

1. Прості перемикачі з самоповерненням – ВК-111, зусилля спрацювання 0,25-0,45 кг при швидкостях $> 0,4$ м/хв.

2. Моментні перемикачі – ВК-211.

3. Мікроперемикачі – МП-1 – спрацьовують при отриманні сигналу від датчика при малому переміщенні стержня і невеликому на нього тиску. На рисунку 3.2, а) показана схема простого перемикача з самоповерненням, який має одну пару замикальних і одну пару розмикальних контактів. Працює датчик таким чином: при натисканні упору рухомої частини агрегату (верстата) на стержень 2 останній опускається і разом з собою опускає місток 1, розмикає розмикальні контакти 3 і замикає замикальні контакти 4. Після закінчення дії стержень 2 і місток 1 під дією пружин повертаються у вихідне положення. Датчик моментної дії (перемикач) із самоповерненням показаний на рисунку 3.2, б). При натисканні рухомою частиною агрегату (верстата) на ролик 3 важіль 4 повертається на кут приблизно 12° і з допомогою спіральної пружини 5 повертає повідок 6, в результаті чого перекидається контактний стержень з пластиною 1 навколо осі 11. Однак це відбудеться за умови, що защіпка 8 буде повернута повідком 6 з роликом 2. У момент повороту контактного стержня контакти 9 будуть розімкнені, а контакти 10 замкнені. Після закінчення дії на ролик 3 пружина 7 повертає рухомі частини перемикача у вихідне положення.

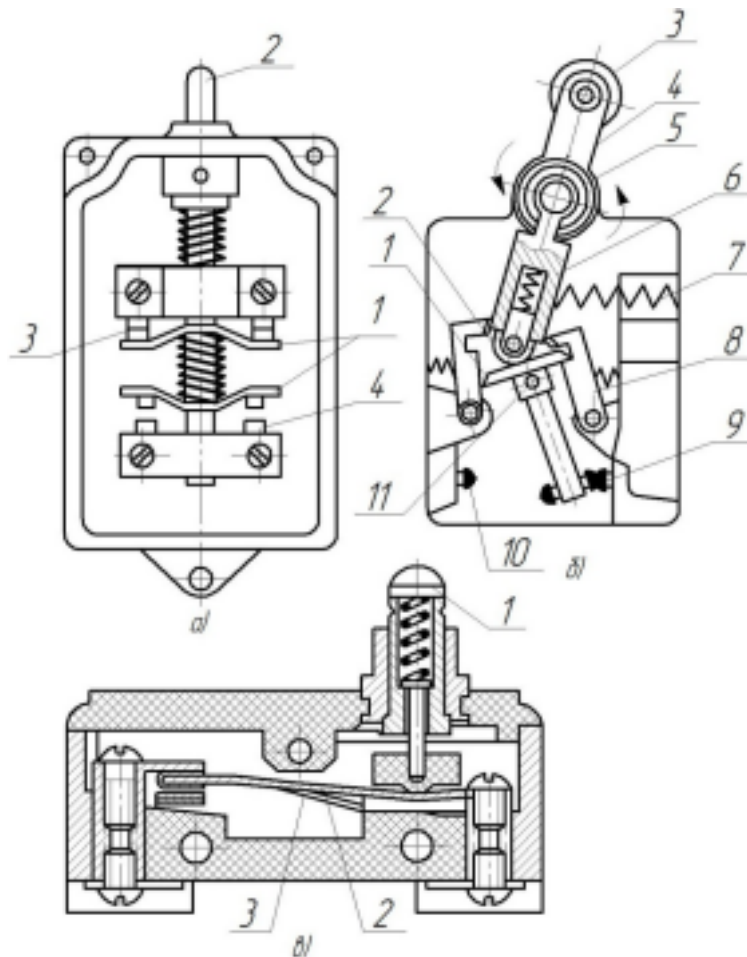


Рисунок 3.2 – Електроконтактні шляхові датчики:
 а) – простий; б) – моментний; в) – мікроперемикач

У тих випадках, коли потрібно отримати сигнал від датчика при малому переміщенні стержня та невеликому на нього тиску, використовують мікроперемикачі (рис. 3.2, в). Ці датчики подібні розглянутому вище, але замість важелів та звичайної пружини в них встановлені дві плоских пружини 2 та 3. Рухома частина агрегату (верстата) діє на шток 1, який вигинає пружину 2 й змінює напрямок сил, які діють на розпірну пружину 3, викликаючи її швидке переміщення до протилежного контакту. Як тільки дія на шток закінчується, вся система приходить до вихідного положення.

Основним недоліком електроконтактних датчиків є: зношення (ерозія і корозія) контактів і утворення оксидних плівок, які погано проводять електричний струм, що призводить до втрати стабільності і точності САК.

3.2.2.3 Електробезконтактні

З великої кількості типів цих датчиків у системах автоматичного керування технологічного обладнання застосовують найчастіше **індуктивні датчики**.

Ці датчики широко застосовуються в копіювальних пристроях МРВ, а також в системах автоматичного контролю і відліку. Вони прості за

конструкцією, мають високу чутливість, точність і термін службі, працюють на змінному струмі промислової частоти і дають відносно високе значення вихідної потужності, але на їх роботу великий вплив має коливання частоти напруги живлення.

Застосовуються такі схеми основних типів індуктивних датчиків: **одинарні** мають рухомий якір і їх використовують для малих переміщень; **диференційні** датчики складаються з двох симетрично розташованих котушок індуктивності та одного спільного якоря. При точному середньому положенні якоря між ним та котушками повітряний зазор буде однаковим, однакові і індуктивні опори котушок. При зміні магнітного опору кола та індуктивності котушки відбувається зміна загального опору. Таким чином, виникає функціональна залежність між величиною, яка вимірюється, та електричним опором датчика. Параметри індуктивного датчика вибирають так, щоб в межах зони вимірювання характеристика датчика $I = f(\delta)$ являла собою ділянку прямої лінії, яка проходить через початок координат (рис. 3.3).

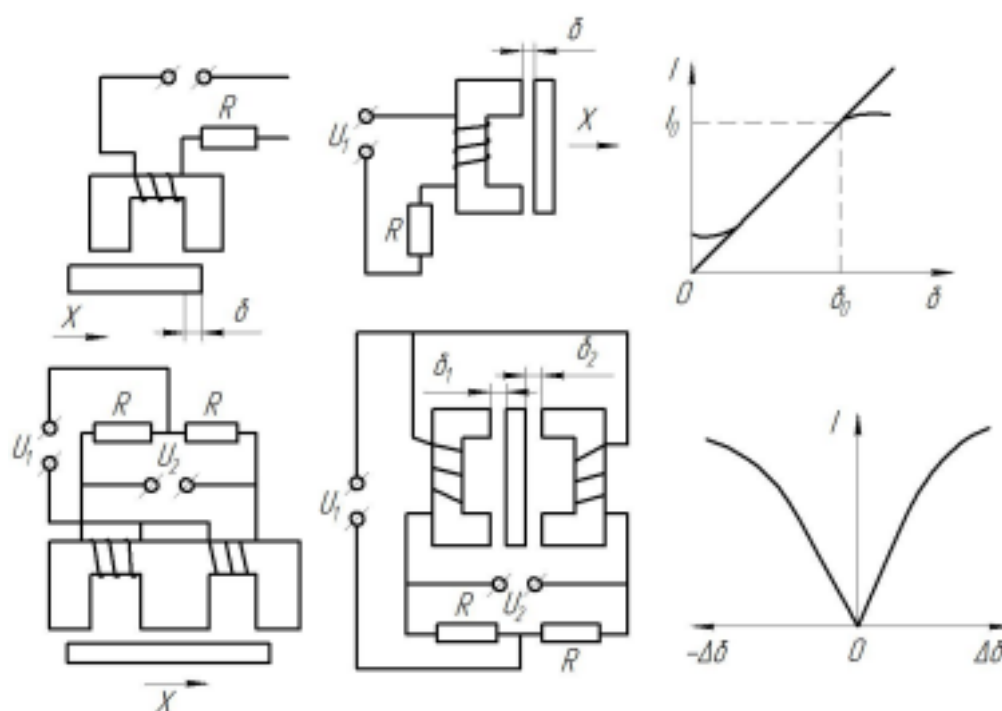


Рисунок 3.3 – Індуктивні датчики

Прикладом конструкції може слугувати індуктивний датчик (рис. 3.4), який має дві котушки 1 та 3 з обмотками. Між котушками розташований якір 2, який знаходиться під дією штока 4. Первинні обмотки котушок ввімкнені послідовно та живляться змінним струмом. Вторинні обмотки ввімкнені зустрічно, тому, коли якір знаходиться у середньому положенні, напруга на виході датчика дорівнює нулю. При переміщенні якоря повітряний зазор у одній котушки збільшується, а в другій зменшується.

При цьому змінюються магнітні потоки і з ним індуктивні опори та струми у котушках. Котушки Z_1 та Z_2 ввімкнені у місткову схему, є її плечима, а

28

котушки Z_3 та Z_4 виконують компенсаційну роль. При зміщенні якоря від середини порушується симетричність плечей містка – до системи надходить електричний сигнал, величина якого, наприклад, вказується вимірювальним приладом, ввімкненим у схему.

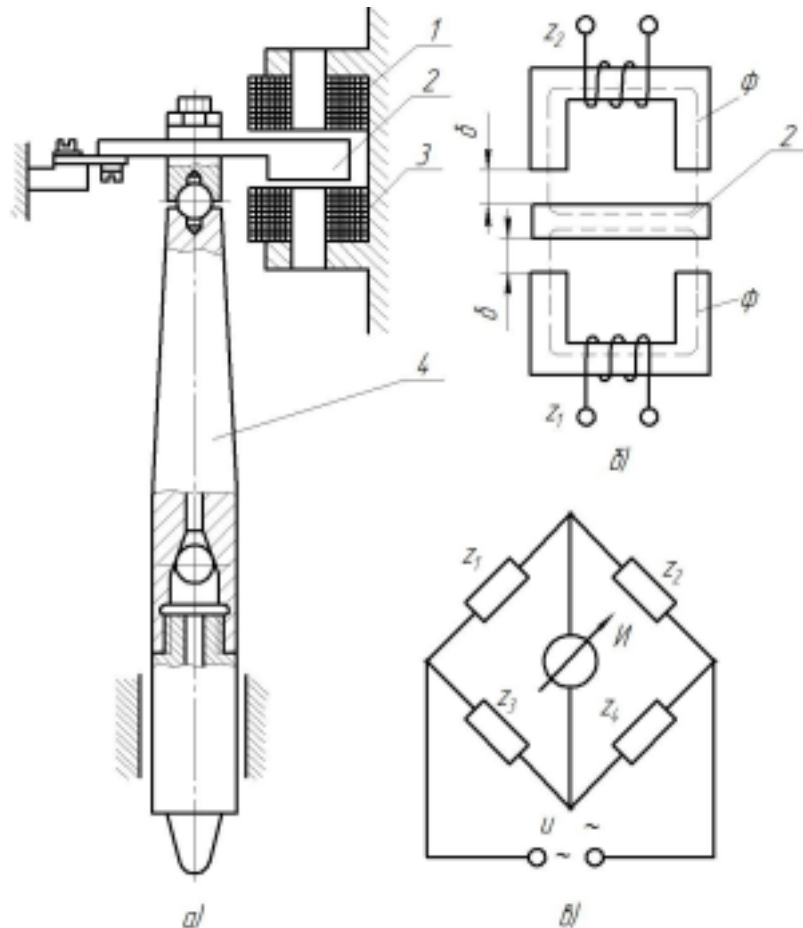


Рисунок 3.4 – Приклад індуктивного датчика:
а) – конструкція; б) – схема дії; в) – місткова схема вмикання

Індуктивність котушки з феромагнітним сердечником і невеликим повітряним зазором:

$$L = \frac{w^2}{Z_m} \quad (3.3)$$

а струм в обмотці

$$I = \frac{U}{R + j\omega L}$$

$$I^2 = \frac{U^2}{R^2 + \omega^2 L^2} \quad (3.4)$$

де ω – кутова частота;

Z_m – магнітний опір сердечника і зазора;

R – активний опір;

U – напруга.

29

3.2.2.4 Гідравлічні шляхові датчики

Такі датчики виконують у вигляді золотників, кранів та клапанів.

Золотники бувають трьох типів:

а) осьові;

б) лінійні;

в) поворотні.

Розглянемо конструктивні схеми вказаних типів (рис. 3.5).

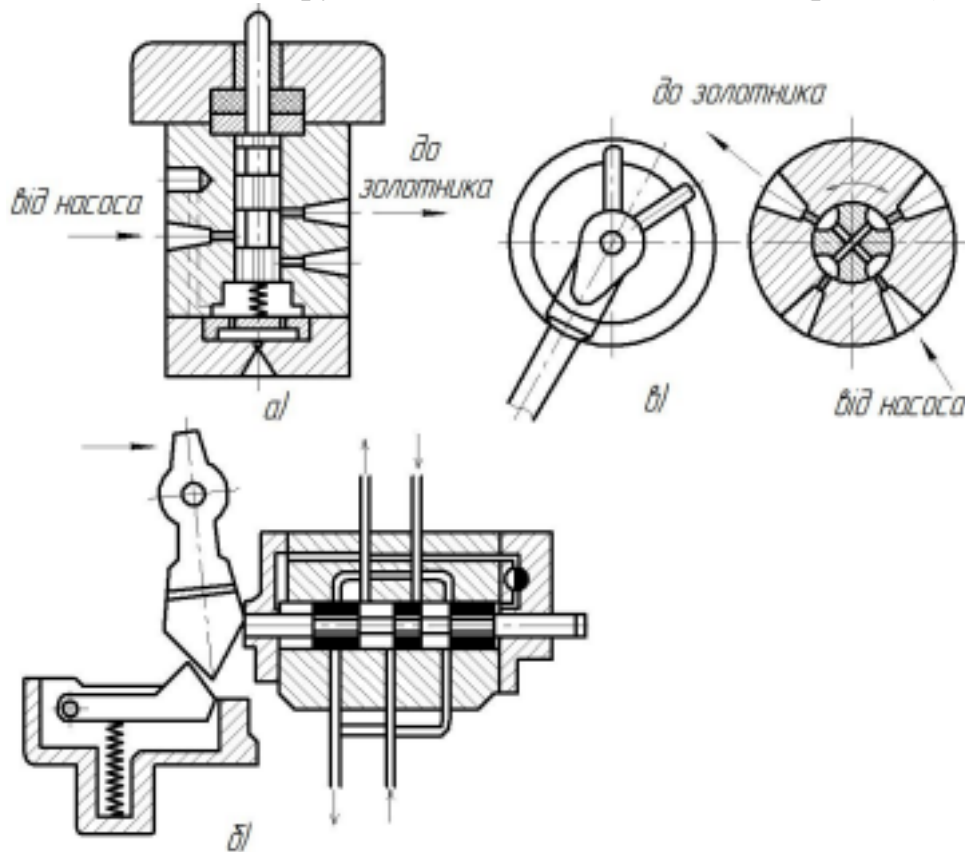


Рисунок 3.5 – Гідравлічні датчики золотникового типу:

а) – осьовий; б) – лінійний; в) – поворотний

Гідравлічні датчики бувають дво-, три- і чотирипозиційні. Слугують для вмикання, перемикавання і вимикання руху шляхом відповідного управління напрямком потоків масла від гідродвигуна.

3.2.2.5 Пневмошляхові датчики

Змінюють напрям потоку повітря, щоб закрити або відкрити доступ повітря до виконавчої ланки. Багато пневмодатчиків повністю

спрацьовуюють тільки при значних переміщеннях частин верстатів (10 – 13 мм).

3.2.2.6 Розмірні датчики

Використовують при контролі лінійних розмірів деталі (діаметра, довжини висоти, товщини).

Такий контроль можна здійснювати такими методами:

30

- контактним;
- безконтактним.

В датчиках, які працюють за безконтактним методом, визначається відстань між фіксованою поверхнею або точкою і поверхнею деталі, що знаходиться в певному положенні відносно датчика. Датчики бувають таких типів:

- а) індуктивні
 - поворотні трансформатори;
 - сельсини;
 - індуктосини;
 - редусини і т. д.

Особливість – безперервне вимірювання переміщення контрольованого органу і перетворення результатів вимірювання в безперервний електричний сигнал, який модульований за фазою.

Сельсин – електрична мікромашина з однофазною обмоткою збудження і трифазною вторинною обмоткою. В одних конструкціях (малогабаритних) обмотка збудження розташована на роторі, трифазна – на статорі і навпаки. Сельсини можуть бути як контактного, так і безконтактного типу. Найбільшу цікавість становлять безконтактні сельсини (рис. 3.6).

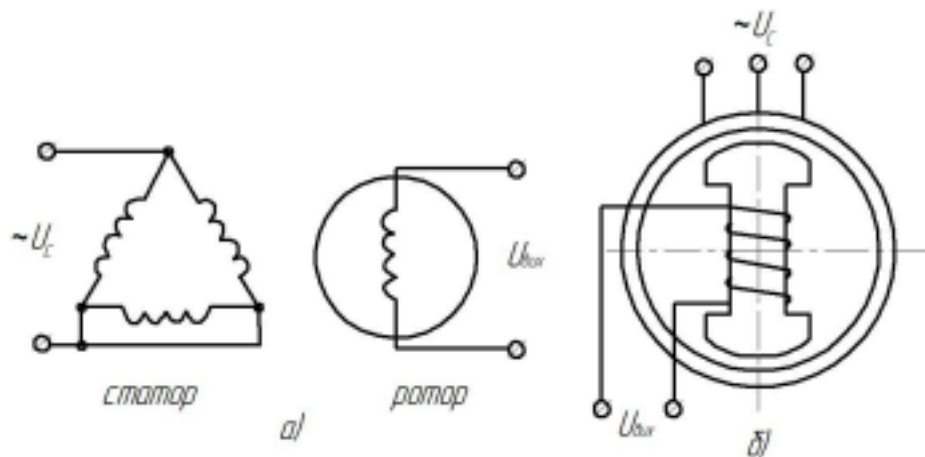


Рисунок 3.6 – Схеми сельсина: а) – електрична; б) – принципова

Вимірює, наприклад, кут повороту вала привода СЧПК. Він

кінематично зв'язується з ротором сельсина–датчика. При обертанні останнього в його обмотці індукватиметься електрорушійна сила, яка навантажує опори і створює напругу з фазою, що змінюється пропорційно куту повороту ротора. Похибка в середньому $0,5^\circ$.

Обертовий двополюсний трансформатор (рис. 3.7) є електричною машиною з неявно вираженими полюсами. Має обертальний ротор і нерухомий статор. В пазах ротора і статора укладено по дві перпендикулярно розташовані обмотки. Обертові трансформатори дозволяють перетворити кутовий рух в безперервно змінну напругу змінного струму від функції кута повороту або \sin (\cos) цього кута залежно

31

від способу включення обмоток трансформатора. Повітряний зазор між ротором і статором постійний.

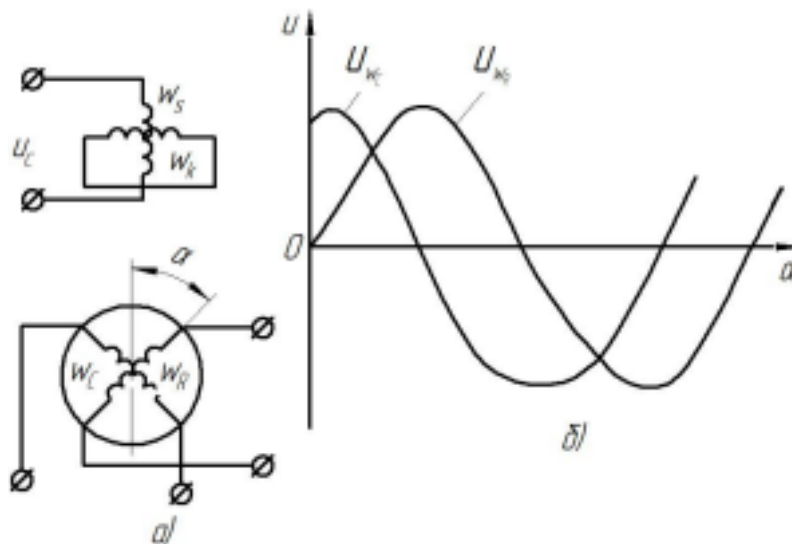


Рисунок 3.7 – Двополюсний обертовий трансформатор: а) – електрична схема; б) – діаграма напруг; W_S – обмотки статора; W_R – обмотки ротора

При повороті ротора щодо статора в обмотках ротора наводиться електрорушійна сила індукції. Напруга, яка знімається з опором навантаження, включена у вторинну обмотку, змінюється як функція кута повороту згідно із законом (більша точність, ніж у сельсинів $\pm(1-3)'$):

$$E_{\pm} = k \sin(\alpha) \quad (3.5) \quad \text{або} \quad E_{\pm} = k \cos(\alpha)$$

де k – коефіцієнт трансформації;
 α – кут повороту.

Індуктивні датчики

Конструкції таких датчиків та принцип їх дії аналогічні вищезгаданому у пункті 3.2.2.3.

Ємнісні датчики

В таких датчиках заряд, який виникає між конденсаторними пластинами, пропорційний, наприклад, величині зміни діаметра оброблюваної поверхні, з якою пов'язана або рухома конденсаторна пластина (змінюється відстань між пластинами), або якір – за рахунок зміни відстані між якором та окремою пластиною чи зміни активної площі перекриття двох пластин (одна з пластин поворотна і датчик вимірює кут повороту відповідного елемента привода машини, з яким зв'язана рухома пластина). Відповідно такі датчики виготовляються трьох типів: із змінними відстанями між пластинами, диференціальні та із змінною активною площею перекриття пластин (рис. 3.8).

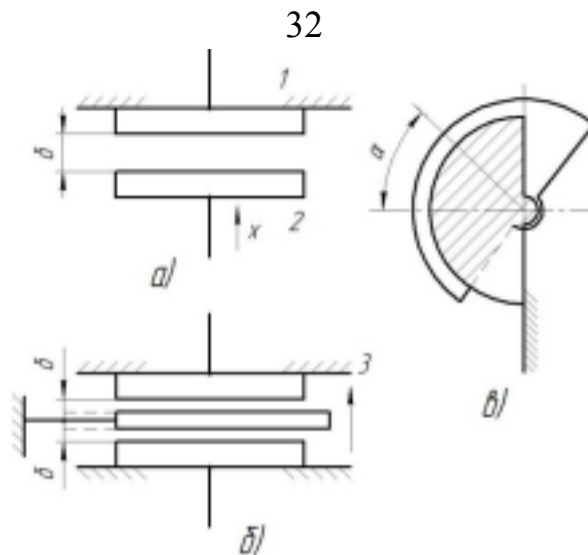


Рисунок 3.8 – Ємнісні датчики:

а) – із перемінною відстанню між пластинами; б) – диференціальний; в) – із змінною активною площею пластини

Реостатні датчики (потенціометричні) (рис. 3.9).

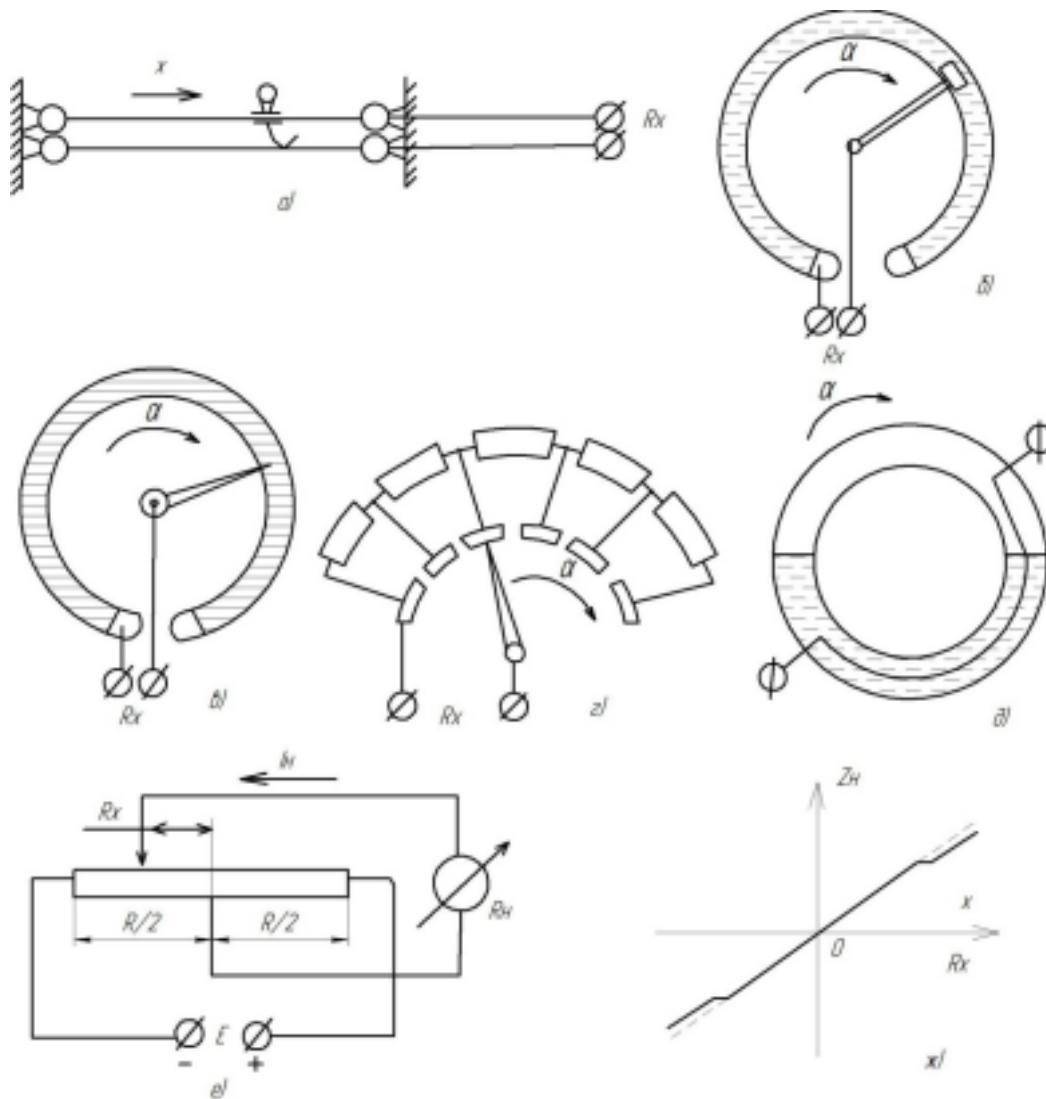


Рисунок 3.9 – Реостатні датчики

33

На рисунку 3.9 показано реостатні датчики: а) – реохордовий; б) – напівпровідниковий; в) – каркасний з дротяною обмоткою; г) – із секційним опором; д) – датчик кута повороту з рідинним контактом; е) – схема ввімкнення датчика із середньою точкою; ж) – статична характеристика датчика із середньою точкою.

Принцип роботи таких датчиків полягає на вимірюванні активного опору елемента залежно від величини переміщення. Реостатні датчики виконують з плавною залежністю вихідного опору R_x від переміщення або зі ступінчастою зміною опору.

Ці датчики дозволяють отримати функціональну залежність між величиною переміщення (величиною вхідного опору) та струмом. Їх можна живити постійним та змінним струмом. Реостатні датчики використовують для передачі на відстань показників вимірювальних приладів, а також для зворотного зв'язку в електричних регуляторах.

Дротяні датчики

Датчики використовують для вимірювання малих переміщень або відносних деформацій, а значить, і напруг в деталях різноманітних механізмів. В цих випадках дротяні датчики називають **тензодатчиками** (рис. 3.10). Інколи дріт замінюють на пелюстки фольги. Матеріалом дроту мають слугувати такі матеріали, які характеризуються високим питомим опором, наприклад, константан, ніхром та їм подібні. Дріт калібрований, його діаметр – 0,02–0,05 мм. Він зигзагоподібно наклеюється на щільний папір товщиною 0,015–0,02 мм і зверху теж заклеюється. Розміри датчиків коливаються у межах 5–150 мм вздовж осі чутливості та 3–60 мм в перпендикулярному до осі чутливості напрямку.

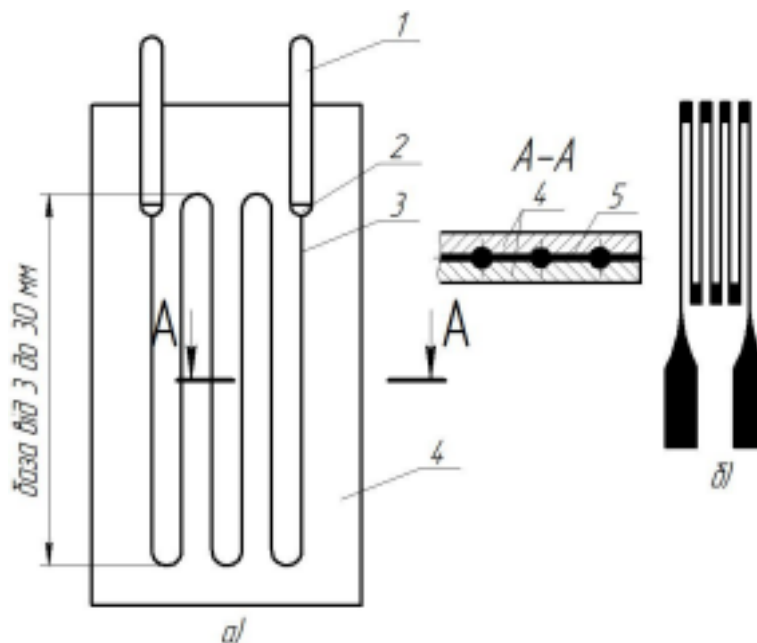


Рисунок 3.10 – Тензодатчики: а) – із дроту; б) – із фольги; 1 – виходи; 2 – місце паяння; 3 – дріт; 4 – папір; 5 – клейовий прошарок

Тензодатчики для вимірювання деформацій вузла (деталі) наклеюють на нього. Тензодатчики із фольги допускають відносно великі сили струмів. Дротяні датчики чутливі до змін температури.

3.2.2.7 Фотоелектричні і фотохімічні датчики

Фотоелектричні – основа фотоелемент

Розрізняють фотоелементи:

- із зовнішнім фотоелементом;
- з внутрішнім фотоелементом;
- з вентильним фотоелементом.

При зовнішньому – електрони, що звільнилися, покидають освітлену речовину, при внутрішньому – залишаються в ній, підвищуючи електропровідність.

Вентильним фотоелементом називається той, в якому електрони, що

звільнилися, переходять з освітленого шару в неосвітлений шар речовини. Зважаючи на нестачу електронів в одному шарі і надлишок в іншому, між шарами виникає електрорушійна сила.

Фотодатчик із зовнішнім фотоелементом

Датчик являє собою вакуумний балон з двома електродами (рис. 3.11).

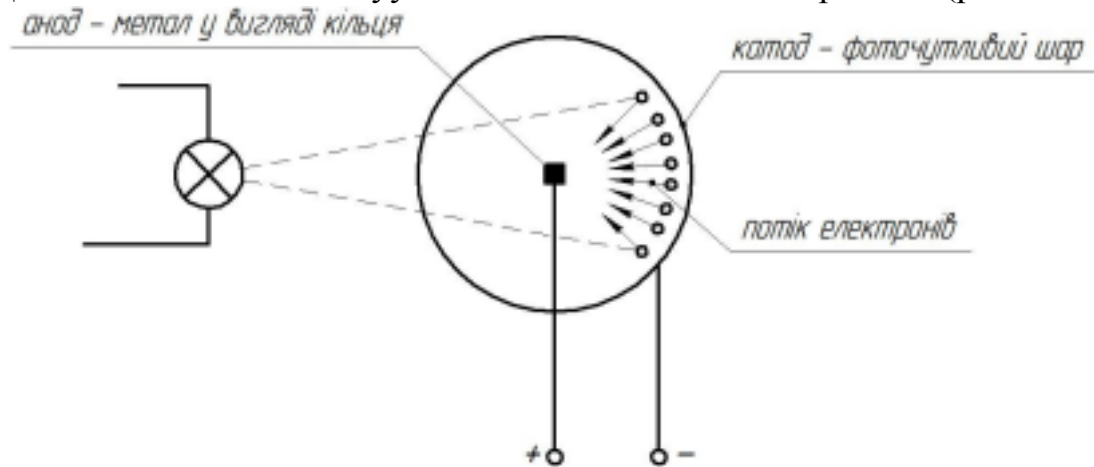


Рисунок 3.11 – Фотоелемент із зовнішнім фотоелементом

Фотодатчик з внутрішнім фотоелементом (фотоопори) (рис. 3.12).

Фотоелементи з внутрішнім фотоелементом виготовляють шляхом нанесення на скляну пластину 1 тонкого шару напівпровідника 2 (селена, сіркового талія і т. ін.) на решітки 3 та 4 з тонких провідників. Металеві електроди 5 приєднані до виводів, які підключені послідовно до джерела живлення. Під дією світлового потоку у селені з'являються вільні електрони, які збільшують його провідність. За силою струму у колі фотоопору або за напругою на опорі навантаження можна судити про силу світлового потоку. Збільшення провідності освітленого напівпровідника пояснюється тим, що фотони променевої енергії вибивають електрони з кристалічної ґратки напівпровідника і перетворюють їх у вільні електрони

провідності. Ці електрони під впливом електричного поля, створеного між електродами, утворюють первинний фотопотік. Останній досягає порівняно великих значень і руйнує початкову кристалічну ґратку, що викликає появу вторинного фотопотоку за рахунок утворення нових вільних електронів при руйнуванні ґратки. Вторинний фотопотік залежить від прикладеної напруги та температури. Фотоопори мають високу чутливість не тільки в області видимої частини випромінювання, але і в області інфрачервоних (теплових) промінів. До недоліків фотоопорів потрібно віднести нелінійність світлових характеристик, інерційність, температурну похибку і наявність темного струму за відсутності освітлення.

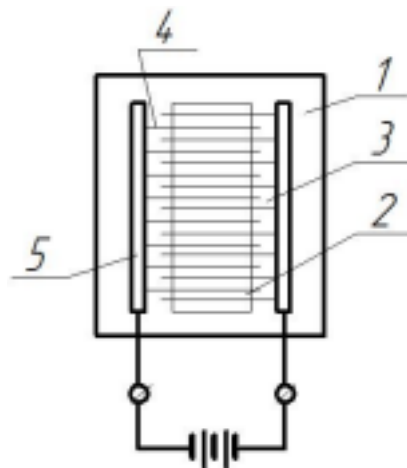


Рисунок 3.12 – Фотоелемент із внутрішнім фотоелементом (фотоопір)

Вентильний фотоелемент (рис. 3.13)

Вентильний фотоелемент (має запірний шар) складається зі сталеві пластини 1, на яку нанесений шар селену 2, а на останній напилений тонкий (напівпрозорий) шар срібла або золота 4. До шару зі срібла або золота притиснуто контактне кільце 5. Фотоелемент розміщений в кожусі 6.

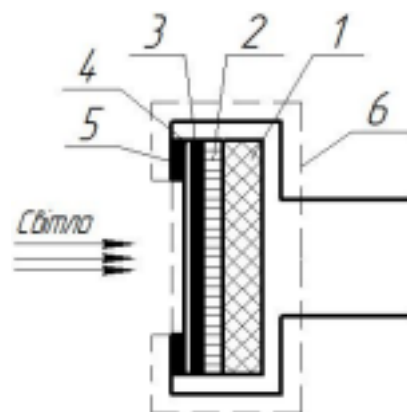


Рисунок 3.13 – Вентильний фотоелемент

Бувають електронні і іонні (більш чутливі – сильніший струм) фотоелементи.

Загальні недоліки.

- необхідність в підсилювачах через малу потужність фотоелементів;
- зменшення чутливості (старіння) фотоелемента під час експлуатації речовини при підвищенні температури більше 40 °С;
- зменшення чутливості через нерівномірність освітленості.

3.2.2.8 Силкові датчики

Силкові датчики подають команду в той момент, коли навантаження в

електросистемі, пневмосистемі, гідросистемі або у вузлі верстата досягне певної, наперед заданої величини.

Пневматичні датчики з сільфонами

Наприклад, для досягнення високої чутливості при роботі на малому тиску застосовують пневматичні датчики з **сільфонами**.

Сільфон – це гофрована металева трубка, здатна пружно змінювати свої розміри і форму внаслідок різниці зовнішнього та внутрішнього тиску. У використуваних конструкціях сільфонів існує пряма залежність між різницею тиску і довжини сільфона. Ця властивість дозволяє одержувати дуже чутливий силовий датчик. Найбільший хід сільфона 5–10 мм, а діаметр 20–120 мм.

На рисунку 3.14 показана схема пневматичного сільфонного датчика.

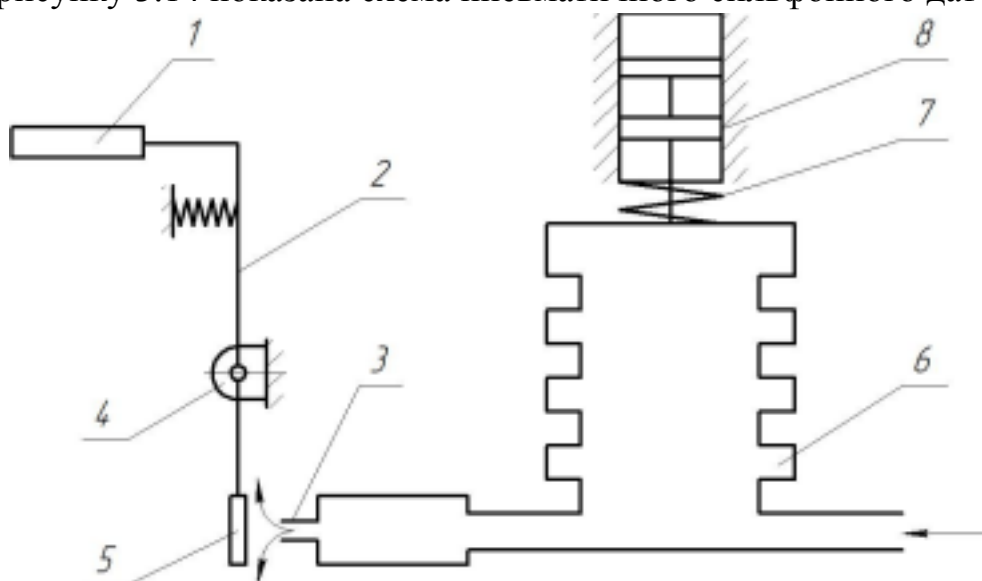


Рисунок 3.14 – Пневматичний датчик із сільфоном

При зміні зазору між соплом датчика 3 і заслінкою 5, пов'язаною з щупом 1 копіювального пристрою, за допомогою важеля 2 з віссю повороту 4, тиск повітря в камері зростає і сільфон 6 подовжується. Долаючи дію пружини 7, сільфон переміщує золотник 8 системи, що керує потоком масла до робочих органів верстата.

Електромеханічний силовий датчик

Застосовують електромеханічні силові датчики різних конструкцій. На рисунку 3.15 подана схема датчика, що складається з кулачкової муфти 2 і 7 зі скошеними зубами, що замикаються під дією пружини 3. Півмуфта 2 сидить на валу 4 на ковзній шпонці, а півмуфта 7 жорстко закріплена на валу 1.

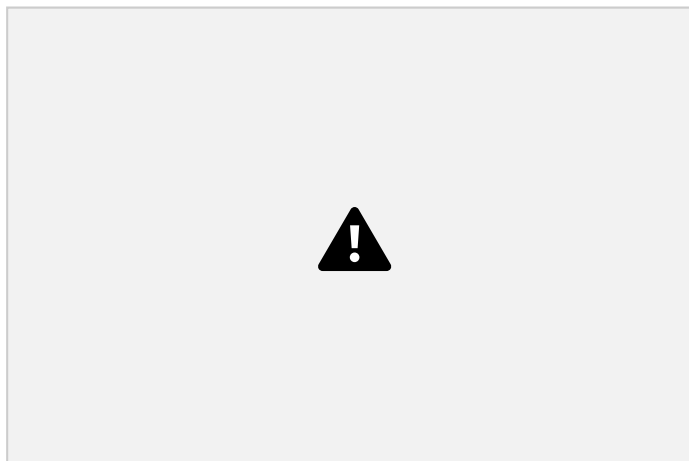


Рисунок 3.15 – Електромеханічний силовий датчик

Коли зусилля на валу перевищить розрахункове, пружина 3 стиснеться і півмуфта 2 вийде із з'єднання з півмуфтою 7, вимикаючи рух вала 4. При русі півмуфти 2 вправо важіль 5 повертається і діє на електроконтакти вимикача 6.

3.2.2.9 Датчики тиску

Принцип дії цієї групи датчиків оснований на перетворенні тиску в механічне переміщення. Ці датчики бувають електромеханічні, гідравлічні, пневматичні, електрогідравлічні та інші.

1. Механічні датчики – найбільш широко застосовуються в запобіжних і блокувальних колах управління.

2. Гідравлічні датчики – напірний золотник – запобіжний клапан. 3. Електрогідравлічні датчики – робоча рідина впливає на гумову мембрану, в результаті прогинання якої через стержень зусилля передається на шток вимикача. Вимикач подає імпульс на силовий механізм автоматичного пристрою.

4. Пневматичні датчики – аналогічні гідравлічним, їх використовують для малого тиску.

5. П'єзоелектричні датчики (рис. 3.16) застосовують для вимірювання швидких динамічних процесів. Це датчики генераторного типу і працюють на принципі електричного ефекту, який виникає на деяких кристалах, що мають високу механічну міцність при тиску в напрямку їхньої електричної осі. Матеріалом для цих датчиків звичайно є кварц, з якого вирізують орієнтовані відносно осей кристала пластинки у формі циліндрів або

паралелепіпедів. Пластинки поміщають між металевими електродами. Для збільшення виникаючого заряду застосовують кілька пластинок.

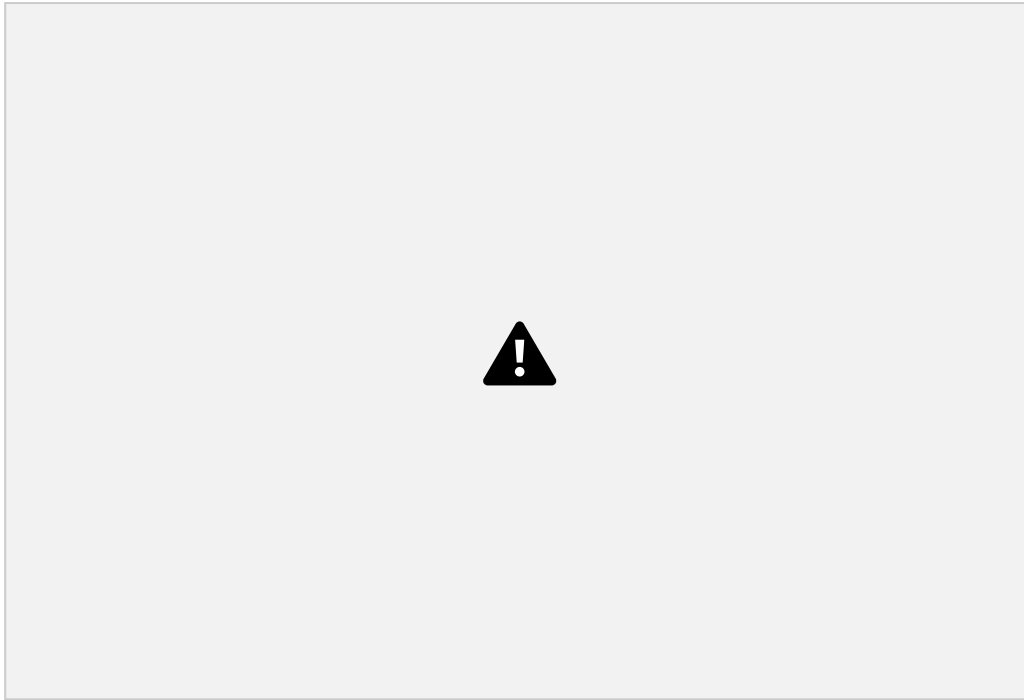


Рисунок 3.16 – П'єзоелектричний датчик:

а) – принципова схема; б) – графік зміни опору R залежно від сили P , яка прикладається

3.2.2.10 Датчики температури

1. **Термопари** – термоелектричний датчик. Складається з двох, зроблених з різних металів, провідників – термоелектродів. Принцип дії термопари оснований на виникненні термоелектрорушійної сили в місці спаю. Величина виникаючої напруги тим більша, чим вища різниця температур спаїв (напруга невелика 10–50 мВ).

2. **Термометри опору** – оснований на властивості електричних провідників, збільшують опір зі зростанням температури. 3. **Термістори** – напівпровідникові прилади, у яких при зростанні температури збільшується провідність і зменшується опір. 4. **Радіаційні пірометри** – принцип дії оснований на зосередженні тепловипромінювання від вимірюваної поверхні оптичним пристроєм на вимірювальній термопарі або фотоелементі.

3.2.2.11 Швидкісні датчики

Швидкісні датчики подають сигнал у той момент, коли швидкість певної деталі верстата стане більшою або меншою за заданої величини.

Найбільше застосування знайшли:

- тахогенератори;
- індуктивні;
- відцентрові.

Тахогенератор – це машина постійного струму з постійним магнітним потоком. Ротор тахогенератора з'єднується з обертовою деталлю (валом), швидкість якої потрібно контролювати.

При зміні швидкості ротора прямо пропорційно змінюється й електрорушійна сила обмоток, яку легко виміряти. Регулювання тахогенератора на певну швидкість здійснюються зміною опору, підключеного до генератора.

Наприклад, конструкція типу РКС зображена на рисунку 3.17.

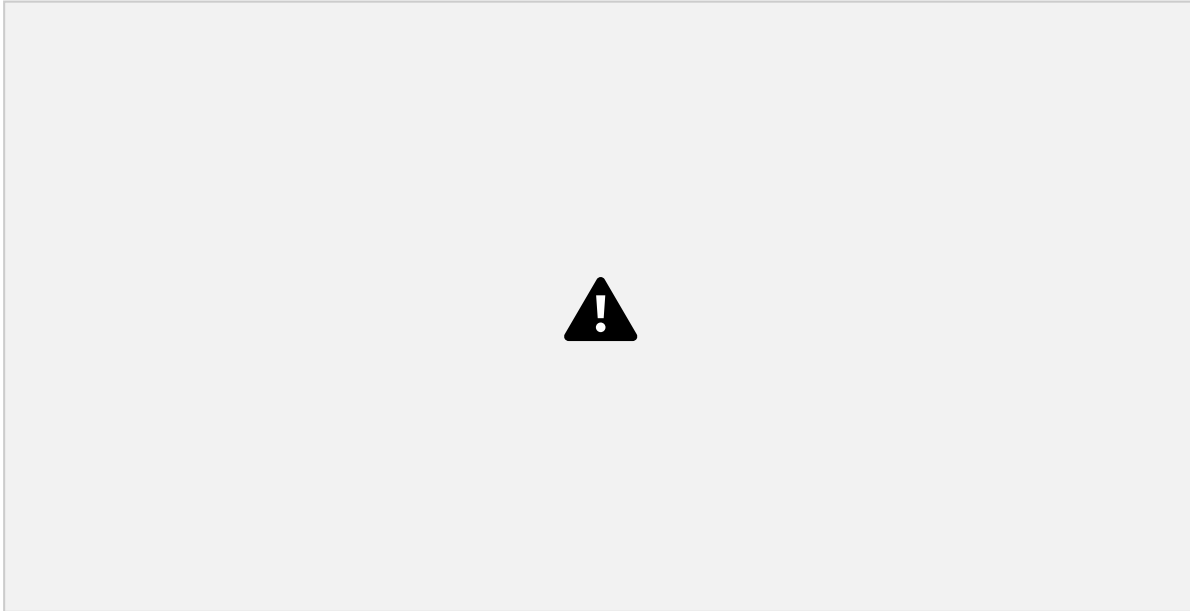


Рисунок 3.17 – Схема датчика типу РКС:
1 – постійний магніт; 2 – обмотка; 3 – магнітопровід

При обертанні вала з магнітом в обмотці наводиться електрорушійна сила і з'являється струм. Внаслідок цього стакан повертається в бік обертання магніту і замикає контакти мікроперемикача. Датчик РКС призначений для швидкості 930–3000 об/хв.

Відцентрові – мають два вантажі, що відхиляються від осі обертання датчика під дією відцентрових сил. Коли швидкість обертання вала з вантажами досягне певної величини, вантажі діють на контакти, розмикаючи або замикаючи їх.

3.3 Проміжні пристрої

У системі програмного керування часто доводиться значно підсилювати сигнал, який надходить від датчика, щоб виконавча ланка могла здійснити певні рухи.

Іноді величину сигналу потрібно зменшити або затримати передачу сигналу, який надійшов від датчика, щоб виконавча ланка спрацювала через певний час після надходження сигналу.

Усі ці функції виконує проміжна ланка кількісної дії, тобто підсилювач, зменшувач або сповільнювач.

Іноді варто змінити характер сигналу. Наприклад, гідравлічний сигнал замінити на сигнал електричний, пневматичний на гідравлічний і т. п. У цьому випадку застосовують якісні проміжні ланки – перетворювачі.

Роль проміжних ланок виконує реле. Розглянемо найбільш поширені типи проміжних реле.

3.3.1 Підсилювачі

Класифікація:

- механічні підсилювачі: важільні, клинові, гвинтові й інші механізми. Наприклад, важільні застосовують при коефіцієнті підсилення найчастіше в межах 3:1 (якщо більше, то габарити збільшуються). - електричні підсилювачі – реле – основані на тому, що через їхню котушку проходять слабкі струми, що надходять від датчика, і підсилювачі замикають або розмикають контакти мережі, по якій проходить струм великої сили, що надходить у виконавчий орган для включення або відключення його.

Розрізняють за принципом дії:

- електромагнітні;
- поляризовані;
- магнітоелектричні;
- електронні;
- електричні;
- кристалічні;
- діелектричні;
- електромашинні реле;
- індуктивні;
- фотоелектричні.

Розрізняють за потужністю сигнали керування:

- малопотужні (менше 1 Вт);
- середньої потужності (від 1 до 10 Вт);
- потужні (10 Вт).

Розрізняють за часом спрацьовування:

- швидкодійні;
- нормальні;
- уповільнені;
- реле часу.

Електромагнітні реле – бувають з поворотним і втягувальним якорем. Слугують для розмноження сигналу, для поділу електричних кіл, що працюють у загальній схемі.

Принцип дії – при включенні керуючого струму в обмотку електромагніта сердечник його намагнічується і притягує до себе якір (рис. 3.18).

контактів керованого електричного кола. Ці реле можуть бути використані для постійного струму будь-якої полярності і для змінного струму.

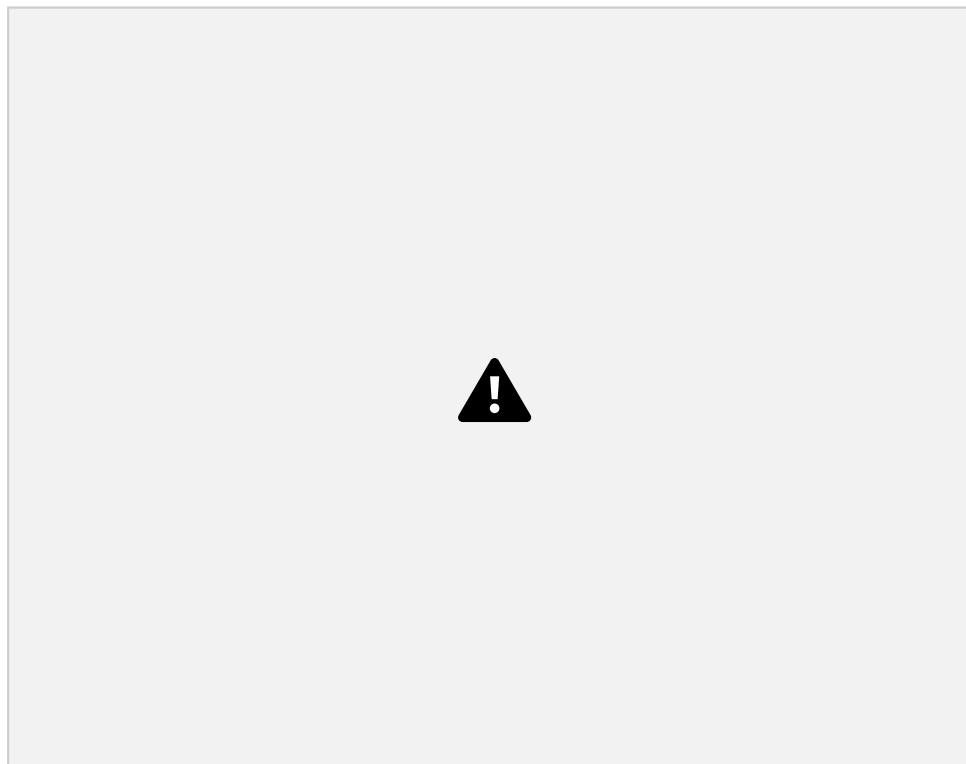


Рисунок 3.18 – Електромагнітне нейтральне реле:
1 – якір; 2 – сердечник; 3 – котушка

При припиненні дії струму датчика якір під дією пружини віджимається від сердечника, розмикаючи контакти.

Реле, що застосовуються для переключення потужних кіл струму називаються **контакторами**.

До слабкострумових відносяться телефонні і кодові реле (час спрацьовування – 0,005–0,05 с).

Поляризоване реле (рис. 3.19)

Магнітний потік магніту в одному напрямку проходить через полюсні наконечники і по залізнму ярму. За відсутності струму в обмотці якір знаходиться в нейтральному положенні, тому що його з однаковою силою притягають північний і південний полюси. При проходженні струму через обмотку виникає додатковий магнітний потік (пунктир), що притягує якір вліво або вправо. Магнітне поле праворуч підсилюється, тому що є сумою двох полів, а ліворуч послаблюється, тому якір повертається за годинниковою стрілкою і замикає правий контакт.

При включенні струму в протилежному напрямку, якір замкне лівий контакт.

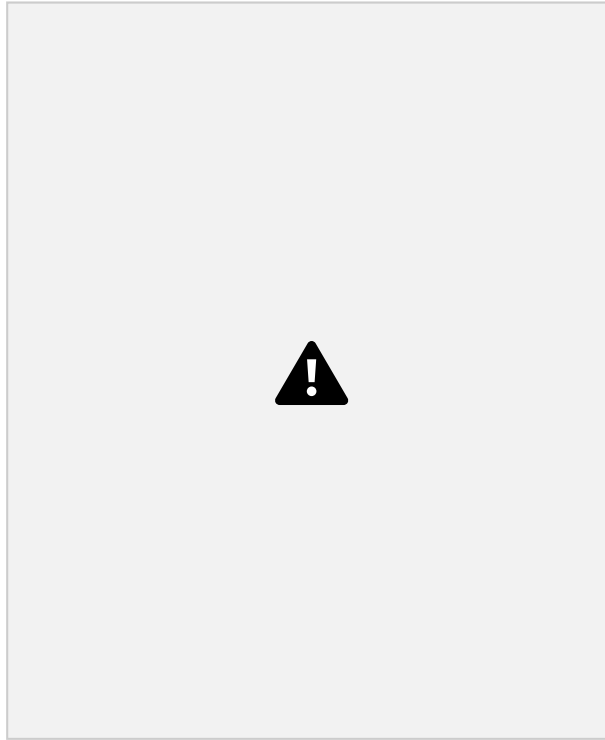


Рисунок 3.19 – Поляризоване реле:
1 – постійний магніт; 2 – обмотка реле; 3 – якір; 4 – контактна
пластина; 5, 6 – контактні гвинти

Висока чутливість – сила струму спрацьовування $I = 0,00001$ А, час
спрацьовування – тисячні частки секунди.

Магнітоелектричні реле (більш чутливі, ніж поляризовані) (рис.

3.20).

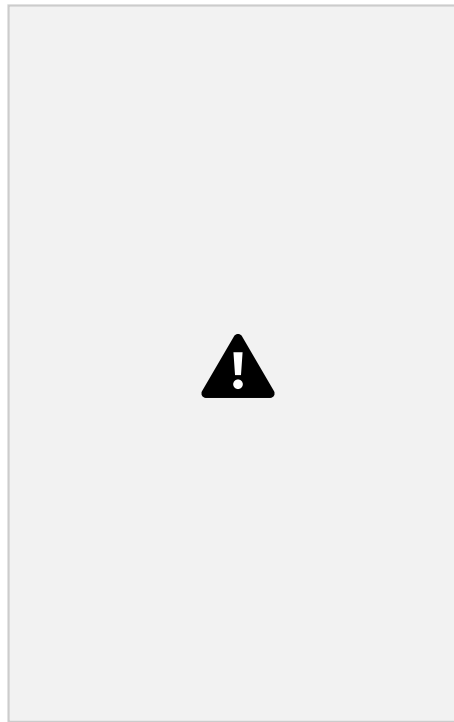


Рисунок 3.20 – Магнітоелектричне реле

43

Між полюсами постійного магніту 4 на котушці розташована рамка 3 з стрілками і контактами. При проходженні струму через котушку, залежно від його полярності, рамка повертається в ту або іншу сторону. Якір 5 здійснює замикання контакту 1 або 2. При знятті струму відбувається розмикання контакту, а рамка займає вихідне нейтральне положення.

Керована потужність близько 1 Вт, час спрацьовування 0,1 с.

Недолік: невеликий контактний тиск.

Електронне реле – тріод і тиратрон

У них при подачі певного позитивного або негативного заряду на сітку лампи анодний струм значно змінюється. Анодний струм проходить через обмотку, замикає або розмикає контакти кола, через який струм надходить до виконавчої ланки. Час спрацьовування – до 0,001 с. Зміна напруги на сітці лампи в тисячні частки вольтів дозволяє керувати колами і пристроями в тисячі кіловат.

Електронні підсилювачі майже безінерційні і дуже чуттєві, що дозволяє автоматизувати швидкоплинні процеси.

Напівпровідникові кристалічні підсилювачі

Виготовляють із кремнію, германію, селену і ін. Трипровідникові напівпровідникові прилади називаються **транзисторами**. До кристала приєднують три зовнішніх електроди: два крайніх – до шарів з дірковою електропровідністю Р і середній – до тонкого шару з електронною електропровідністю П. Перший, що випускає дірки в середній шар –

емітер, другий – колектор. Середній електрод – основа або база.

Застосовують три схеми: для посилення напруги, струму, того й іншого разом. Застосовуються найбільше в лічильно-розв'язувальних пристроях.

Електромагнітні підсилювачі (тороїдальний сердечник із двома обмотками) – не бояться вібрацій, забезпечують великий коефіцієнт підсилення, чутливі і дешеві. Інерція в них велика – до 0,1 с.

Електромашинні підсилювачі (ЕМП) – як приклад – генератор постійного струму, що працює від допоміжного двигуна.

ЕМП мають коефіцієнт підсилення за потужністю в межах 12000. Їм характерна висока перевантажувальна здатність.

Гідравлічні підсилювачі – золотники, струменеві трубки, сопло заслінка.

В корпусі 1 розташована так звана струменева трубка 2 з конічною насадкою (рис. 3.21). Вона шарнірно закріплена на осі O і може повертатися. Сигнал від датчика за допомогою штовхача 5 повертає трубку 2, долаючи зусилля пружини 3, жорсткість якої регулюється гвинтом 4. При цьому положення трубки відносно каналів 6 зміниться. Канали та трубка знаходяться у ковпачку 7. Масло під тиском подається до струменевої трубки. У конічній насадці трубки відбувається збільшення швидкості потоку, що приводить до збільшення запасу кінетичної енергії.

44

При середньому положенні трубки струмінь масла подається рівномірно до обох каналів 6, створюючи однаковий тиск у порожнинах виконавчого поршневого привода. При повороті струменевої трубки потік масла в одному з каналів 6 зростає і тиск у одній порожнині виконавчого привода збільшується, а у другій зменшується. Виконавчий механізм здійснить рух.

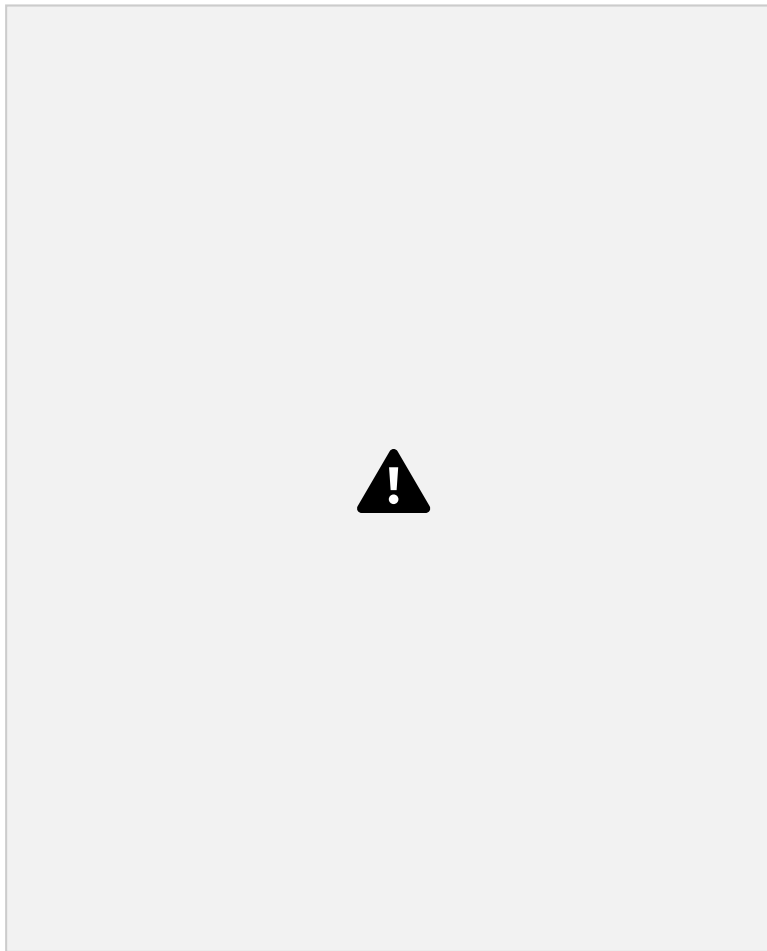


Рисунок 3.21 – Схема гідропідсилювача:

1 – корпус, 2 – струменева трубка з конічною насадкою, 3 – пружина, 4 – регулювальний гвинт, 5 – штовхач, 6 – канали, 7 – ковпачок

Такі підсилювачі широко застосовуються в гідрокопіювальних супортах. Коефіцієнт підсилення гідропідсилювачів – 50000–250000; можуть бути багатокаскадними.

Пневмопідсилювачі – аналогічні гідропідсилювачам.

3.3.2 Зменшувачі – застосовуються для ослаблення сигналу.

Електричні сигнали ослаблюються за допомогою понижувальних трансформаторів і постійних або регульованих опорів, гідро- і пневмосигнали – за допомогою редукційних клапанів і дроселів.

Редукційний клапан – дозволяє знизити тиск у певній частині гідро або пневмосистеми і постійно підтримувати його на необхідному рівні (рис. 3.22).

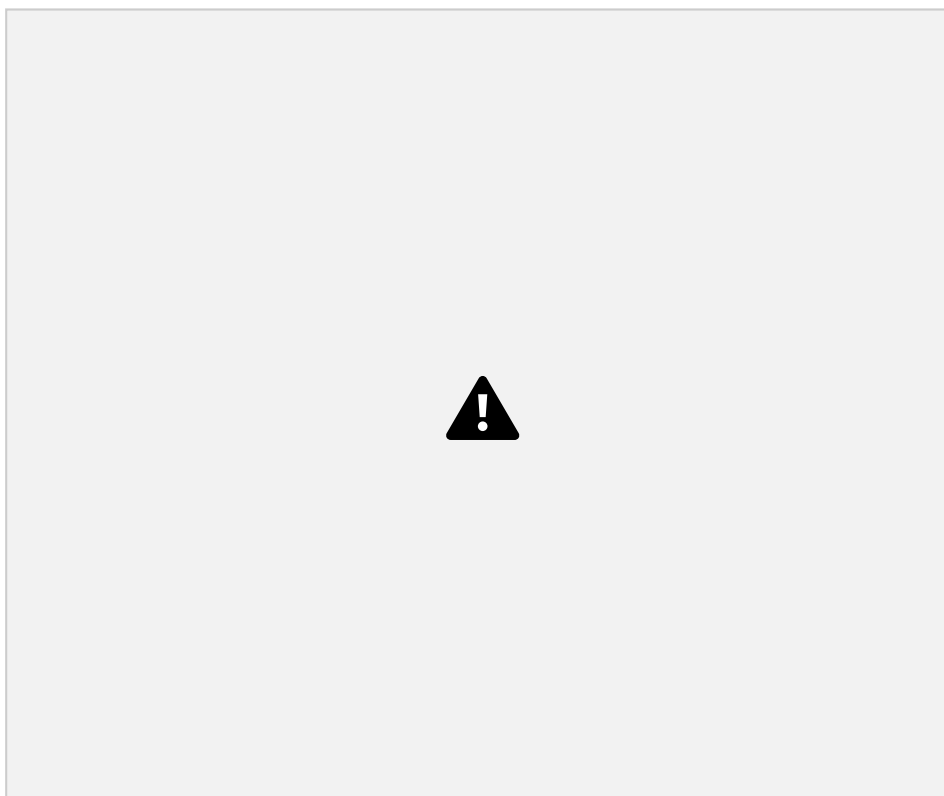


Рисунок 3.22 – Редукційний клапан

Робоче середовище надходить у вхідний канал 8, проходить через порожнину 7, кільцеву щілину 6 і потрапляє до порожнини 5, звідки спрямовується до вихідного отвору 4 та через канали 3 до порожнини 11 і далі через канал 1 під кульковий клапан. Поки тиск середовища у каналі 1 менший зусилля пружини 2, тиск у порожнинах 5 та 11 однаковий і плунжер 9 пружиною 10 віджимається у крайнє нижнє положення, максимально відкриваючи щілину 6.

Якщо тиск середовища у каналі 1 створює зусилля на кульковому клапані, більше, ніж зусилля пружини, то кулька віджимається і відкриває вихід робочого середовища до каналу 12 (показано пунктиром) і далі в бак. При цьому тиск у порожнині 11 стає меншим, ніж у порожнині 5, на величину втрати тиску у каналах 3, плунжер 9 піднімається догори, переріз щілини 6 зменшується. Підйом плунжера 9 продовжується до тих пір, поки тиск у порожнині 5 не створить зусиль, які врівноважать зусилля, створювані тиском робочого середовища у порожнині 11 плюс зусилля пружини 10. У випадку зниження тиску у порожнині 5 пружина 10 віджимає плунжер 9 донизу, розмір щілини збільшується, а тому збільшується потік робочого середовища, доки тиск його не досягне заданої величини.

Дроселі – слугують для регулювання кількості робочого середовища, що пропускається крізь них, і, отже, швидкості руху поршня в циліндрі виконавчої ланки.

Розрізняють голчасті, кулькові, щілинні й інші типи дроселів залежно від способу зміни величини прохідного перерізу (рис. 3.23).

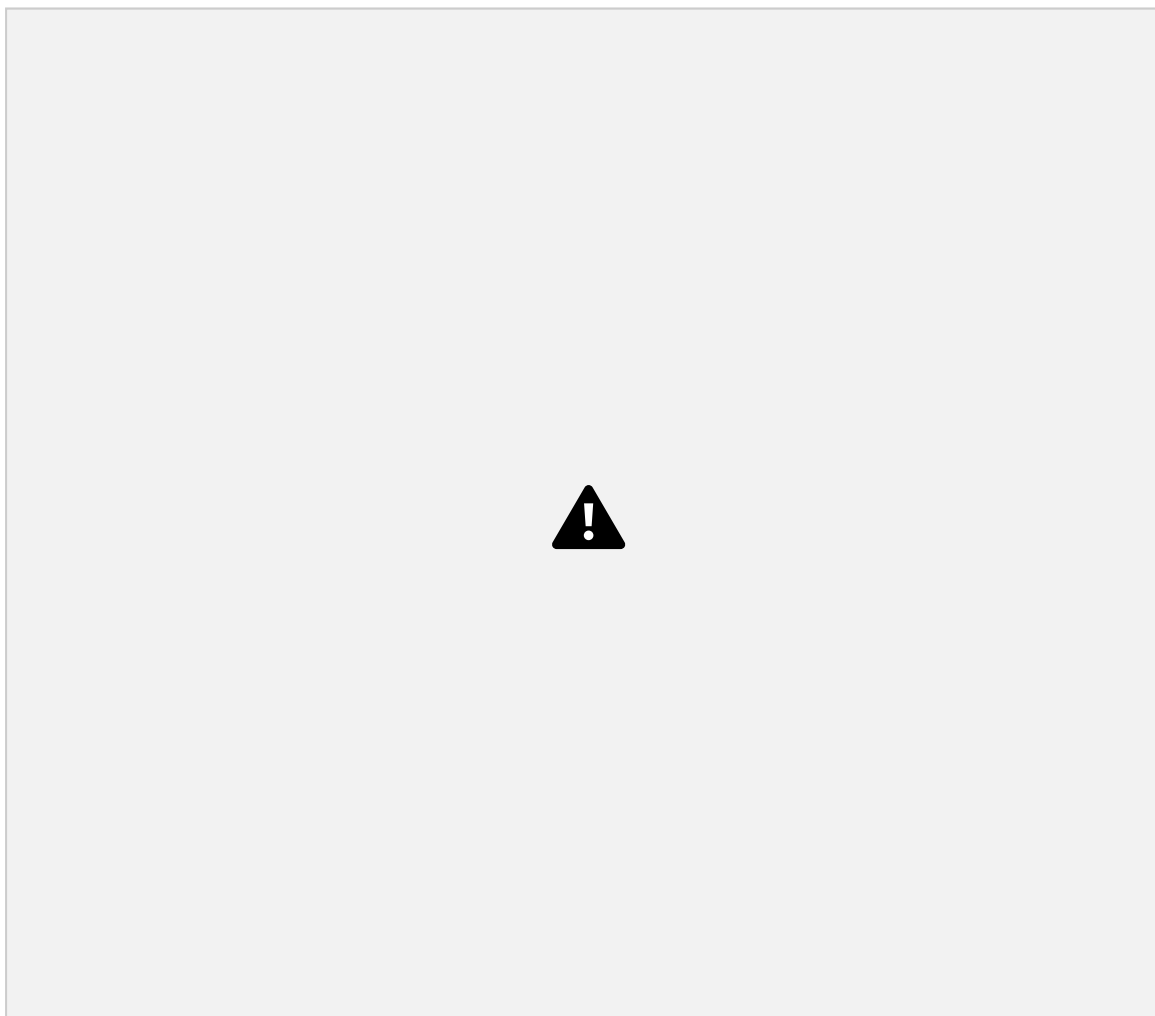


Рисунок 3.23 – Дроселі:

а) – голчастий; б) – кульковий; в) – щілинний

Дроселі можуть підключатися на вході, виході і паралельно гідродвигуну або пневмодвигуну.

Пневматичний голчастий дросель регулює кількість повітря, яке надходить через канал 3 до каналу 5 і виходить через канал 2 за рахунок осьового зміщення штока – голки 4 з конічним закінченням – з утворенням щілини певного розміру з прохідним отвором каналу 5. Наявність зворотного кулькового клапана 1 дозволяє випускати повітря швидше, ніж випускати при русі повітря у зворотному напрямку (рис. 23, а).

У кульковому дроселі (рис. 23, б) робоче середовище проходить через отвір 3, решітку 4, конусний канал 2, вихідний отвір 1. Величина щілини між кулькою 5 та конусним каналом 2 регулюється гвинтом. В зворотному напрямку робоче середовище може випускатися швидше, тому що під його

тиском кулька відкинеться до решітки 4.

47

У щілинному дроселі (рис. 23, в) робоче середовище подається у отвір 1 через щілину 2 сердечника 3 до вихідного отвору 4. Повертаючи сердечник, змінюють прохідний переріз щілини. Прохідні перерізи дроселів становлять десяті частки міліметра, тому вони легко забруднюються, коли робоче середовище не очищене від механічних домішок.

Недоліки: не забезпечують постійність швидкості виконавчого двигуна.

3.3.3 Сповільнювачі – це пристрої (реле часу), які отримують сигнал від датчика і передають його виконавчій ланці через певний, заздалегідь заданий час.

Залежно від характеру сигналу, від тривалості затримки сигналу і від способу уповільнення передачі застосовують різні конструкції реле часу. Розрізняють:

1) електричні реле часу з електричними способами уповільнення (застосовують при дуже малих витримках часу затримки спрацьовування): - сповільнення – 0,01-0,1 с – реле з конденсатором (паралельно обмотці котушки включається конденсатор). В момент включення струму сигналу від датчика опір конденсатора менший, ніж обмотки реле і струм, що проходить у котушку, недостатній для спрацьовування реле. Чим більша потужність конденсатора, тим більший термін сповільнення; - сповільнення – декілька десятих секунди – обмотку реле включають паралельно лампі розжарювання. У момент включення струму через нитку розжарення проходить великий струм (нитка ще холодна), а в котушку реле – невеликий, тому вона не спрацьовує. У міру нагрівання нитки опір її зростає, і струм в обмотці реле збільшується. При певному значенні струму реле спрацьовує;

2) електромагнітні реле часу (витримка до 10 с);

3) маятникове реле часу (це реле з механічним сповільнювачем) – витримка від 2 до 10 с з точністю $\pm 10\%$;

4) електронне реле часу:

- з газорозрядними приладами;

- на електронних лампах і іонних приладах.

Діапазон затримки: від сотих часток секунди до 20 хв.

3.3.4 Якісні реле – перетворювачі

Перетворювачем сигналу називаються пристрої, що перетворюють один вид сигналу в інший, який має відмінність від первісного за видом енергії (пневматичний в електричний, гідравлічний в механічний і т. д.)

або за формою (з безперервного в дискретний або навпаки).

Наприклад, схема двопозиційного золотника з невеликою пропускною здатністю (рис. 3.24).

48



Рисунок 3.24 – Схема двопозиційного золотника

При подачі сигналу електричним датчиком на *ЕМ 1* або *ЕМ 2* їхні сердечники переміщують плунжер у крайні положення. При цьому потік рідини *Н* подається в гідравлічний виконавчий механізм через канал *А* або *Б*. Подаючи команду на інший електромагніт і розмикаючи коло першого, переводять плунжер у вихідне положення.

Трипозиційні золотники мають пружини, що діють із двох боків на торці плунжера, щоб при вимкнутих електромагнітах плунжер займав середнє положення.

При пропускній здатності золотника більше 70 л/хв застосовувати керування плунжером від електромагнітів недоцільно – великі зусилля для переміщення, великі потужності електромагнітів.

У таких випадках використовують золотники з осьовими пілотами *ОП* (рис. 3.25).

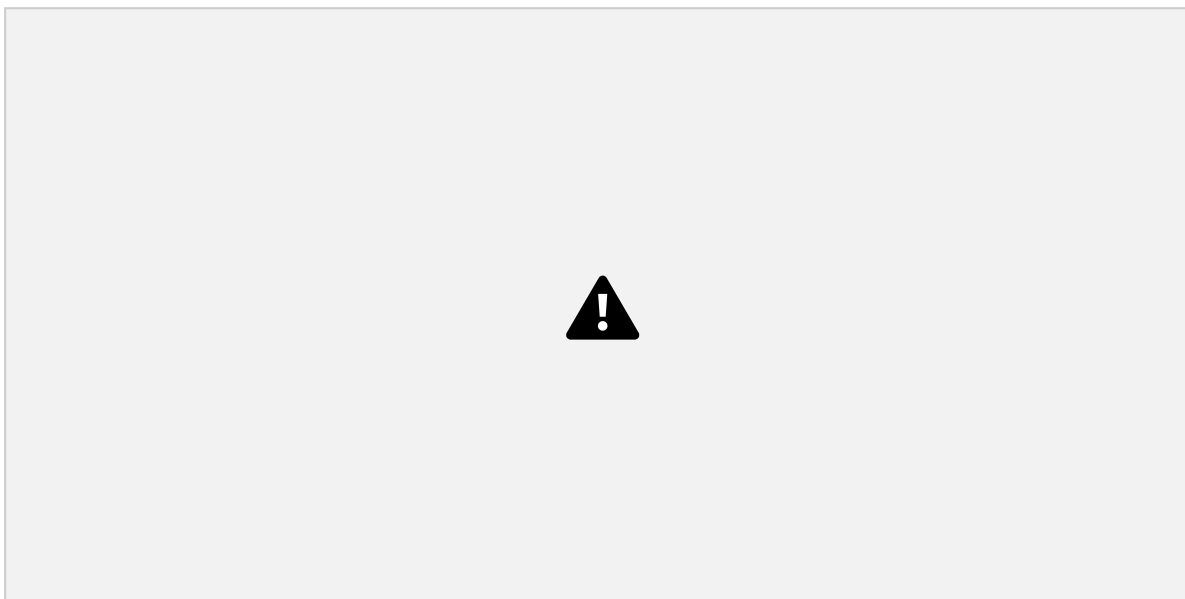


Рисунок 3.25 – Золотник з осьовими пілотами

3.4 Виконавчі пристрої

Виконавчі пристрої безпосередньо виконують роботу (певне переміщення), що здійснювалася до автоматизації робітником. Переміщення може бути поступальним, обертальним і комбінованим. Виконавчі пристрої виконують у вигляді:

- електромагнітів;
- соленоїдів;
- кулачкових, зубчастих, фрикційних, обгінних і електромагнітних муфт;
- електродвигунів;
- гідродвигунів;
- пневмодвигунів;
- пружинних двигунів і т. д.

Електромагніти – застосовуються для керування режимами переключення подач і швидкостей, для переміщення золотників, кранів, розподільників, для переключення муфт, а також для гальмування приводів верстата за допомогою електромагнітних гальм.

Бувають: однофазні і трифазні, штовхальної дії.

У стандартних ЕМ хід становить 25, 30, 50 мм, сила тяги від 1,47 до 2,45 кг при досить малих габаритах.

Муфти: фрикційні, кулачкові, зубчасті й обгінні муфти різних типів вивчають у курсі деталі машин, тому розглядати їх не будемо.

Електромагнітні муфти:

- механічного зв'язку (фрикційні) з електромагнітним і

магнітоелектричним керуванням;

- електромеханічного зв'язку (ферропорошкові) з електромагнітним керуванням;

- зі зв'язком через поле й ін.

Дія муфт механічного зв'язку (фрикційних) основана на використанні сил тертя, які створюються електромагнітом в муфтах з електромагнітним керуванням і силою взаємодії магнітних потоків в муфтах з магнітоелектричним керуванням.

Розрізняють **однодискові і багатодискові муфти**.

Однодискові – прості в експлуатації, але передають малий крутний момент і не дозволяють регулювати його. Тривалість процесу вмикання становить до 0,5 с. Тривалість вимикання на 20-50% більша через остаточний магнетизм і вихрових струмів, які утримують якір.

При подачі сигналу – струму в котушку муфти, якір 6 притягується до корпусу і, переміщуючись по втулці 5, притискає фрикційні накладки 7 до сталевого кільця 9 корпусу (рис. 3.26). При відключенні струму якір 6 відтискається від корпусу пружинами 8.

50

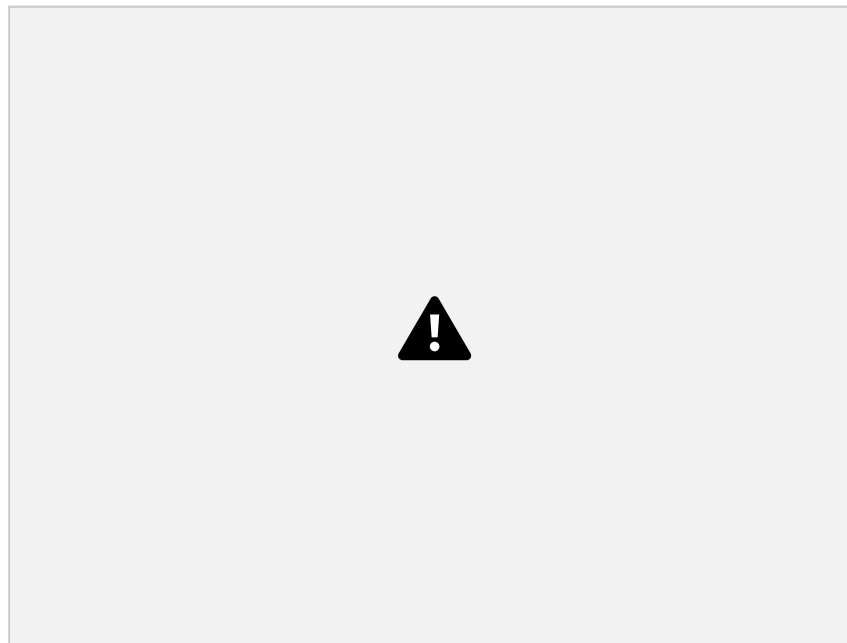


Рисунок 3.26 – Схема електромагнітної муфти:

1, 2 – вали; 3 – корпус муфти; 4 – котушка; 5 – втулка; 6 – якір;
7 – фрикційні накладки; 8 – пружина; 9 – кільце

Багатодискові – мають більше поверхонь зачеплення і можуть працювати навіть в середовищі, де можливе потрапляння мастила на поверхні, що зазнають тертя.

Магнітоелектричні муфти

Котушка з обмоткою знаходяться в магнітному полі постійного магніту. При включенні постійного струму в котушку внаслідок взаємодії магнітних полів відбувається осьове переміщення котушки. Напрямок переміщення залежить від полярності струму.

Забезпечують більш високу швидкість спрацьовування. При сигналі струму в 1,5 мА $t_{\text{вкл}} = 0,001$ с, а $t_{\text{викл}} = 0,0075$ с.

Муфти електромеханічного зв'язку

Робота основана на використанні електромагнітних і механічних сил, що діють у заповненому феромагнітним наповнювачем зазорі муфти. Ці сили збільшують пластичність феромагнітного наповнювача, внаслідок чого наповнювач «зв'язує» ведений і ведучий вали.

Феромагнітний наповнювач являє собою текучу або сипучу суміш, головною частиною якої є порошки кремнієвого і карбонільного заліза в суміші разом з маслом, тальком, оксифером, дрібнозернистим графітом. Розміри часток від 1 до 9 мкм. Масло захищає частки заліза від механічного руйнування, що виникає при терті, запобігає злипанню часток заліза й окислюванню. Графіт сприяє зменшенню нагрівання при терті.

Феропорошкова муфта з конічною формою полюса, зручна при високих швидкостях (рис. 3.27).

51

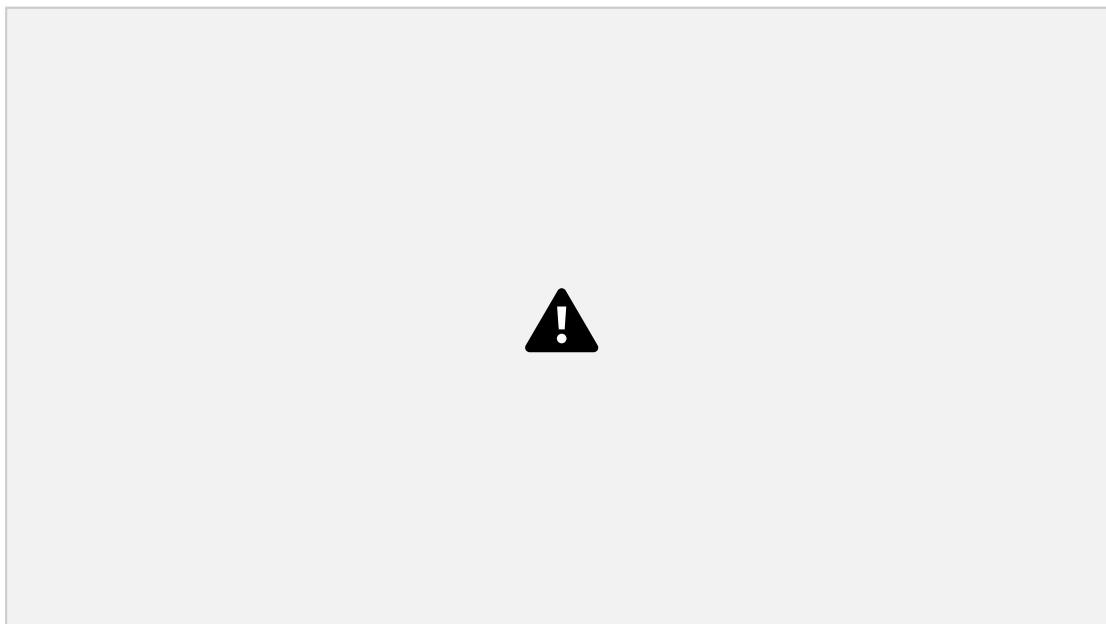


Рисунок 3.27 – Феропорошкова електромеханічна муфта

Сердечник 4 жорстко з'єднаний з валом 1. При подачі струму (сигналу) через контактне кільце котушки 6 навколо неї виникає магнітний потік. Феромагнітний порошок у зазорі між сердечником 4 і якорем 3 виявляється під дією магнітного поля, що перетворює порошок у в'язкий шар, який скріплюється із сердечником і якорем та перешкоджає їхньому взаємному зсуву.

Недоліки: старіння магнітної суміші.

Муфти ковзання зі зв'язком через поле з електричним керуванням (рис. 3.28).

Такі муфти бувають синхронні й асинхронні.



Рисунок 3.28 – Муфта ковзання

Робота основана на тому, що при обертанні індуктора 1, закріпленого на одному валові, його магнітне поле перетинає яр 2, закріплений на

52

іншому валові, і індукуює у ньому струми. Взаємодія цих струмів з магнітним полем індуктора створює обертовий момент. Таким чином, за рахунок магнітного зв'язку ведуча частина муфти 1 захоплює за собою ведену 2.

Якщо при роботі немає різниці у швидкостях, застосовується синхронна муфта, у протилежному випадку – асинхронна. Слугують для гнучкого зв'язку між двигуном і робочим механізмом або для регулювання швидкості обертання ведучого вала.

Конденсаторна муфта з електростатичним керуванням Принцип – використання електростатичних сил між вхідним 4 і вихідним 1 елементами (рис. 3.29).

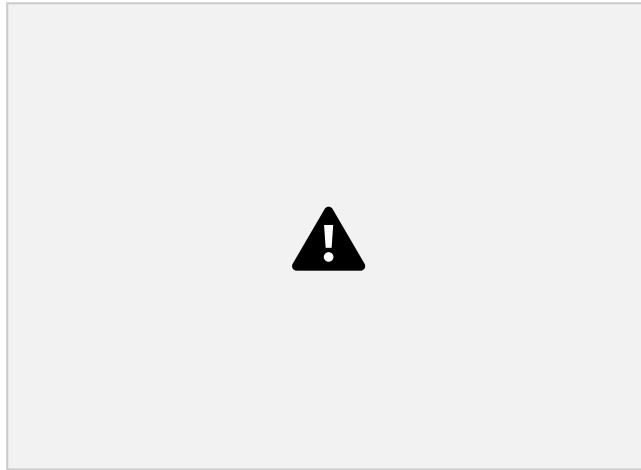


Рисунок 3.29 – Конденсаторна муфта

Напруга між елементами 4 і 1 створює силу притягання, що перешкоджає проковзуванню ременя відносно кільця і забезпечує передачу моменту. Сила притягання пропорційна квадратові напруги на електродах муфти.

Електродвигуни – це найбільш поширені виконавчі механізми. До електродвигунів змінного і постійного струму легко підвести дроти керування, двигуни можуть мати різне число обертів і потужність, різне конструктивне виконання і способи керування ними.

При подачі сигналу на ЕД (напруга) електрична енергія перетвориться, у механічну – поворот вала.

Розглянемо деякі специфічні електродвигуни.

Для одержання малих лінійних переміщень інструментів, необхідних при обробці точних деталей, на прецизійних верстатах застосовують **магніострикційні двигуни**. Такі двигуни забезпечують мікронну подачу і малі швидкості при простій конструкції і зручності експлуатації.

Магніострикція полягає в зміні розмірів феромагнітних матеріалів при намагнічуванні. Зміна становить мільйонні частки міліметрів. Найбільш часто застосовують подовжню лінійну магніострикцію, при якій розміри зразка змінюються в напрямку магнітного поля. Магніострикція

вважається позитивною, коли тіло подовжується в напрямку намагнічування, і негативною, коли воно коротшає в цьому напрямку. Сплави систем $Fe-Ni$, $Fe-Al$, $Fe-Co$ мають позитивну, а Ni – негативну магніострикцію.

Для збільшення магніострикційного ефекту деталі з магніострикційних матеріалів піддають термічній обробці. Схема магніострикційного привода показана на рисунку 3.30.

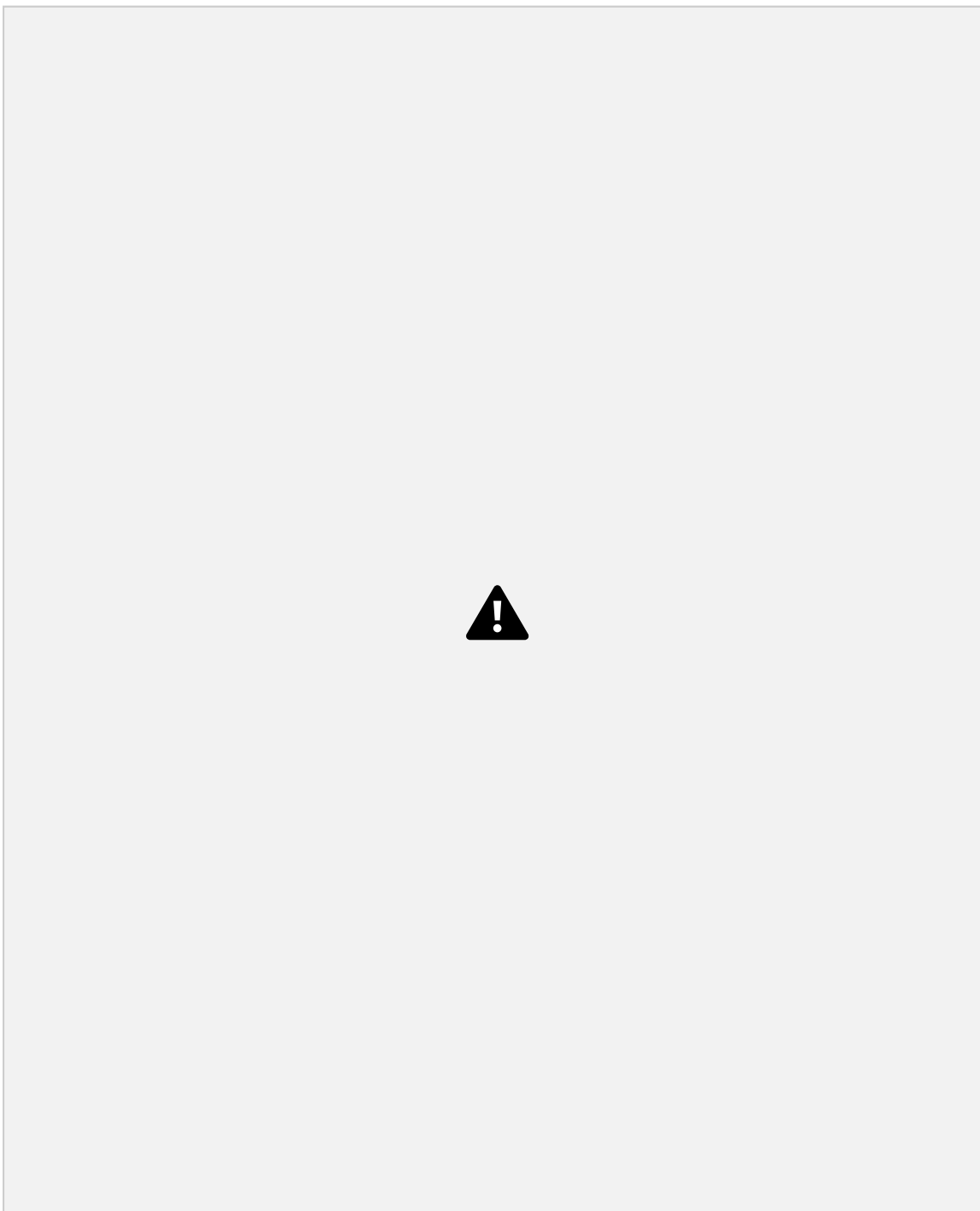


Рисунок 3.30 – Магніострикційний двигун:
а) – схема; б) – послідовність дії

54

Сердечник 1 з магніострикційного матеріалу поміщений у котушку 2. Сердечник з'єднаний з робочим органом 4, якому потрібно надавати певні точні переміщення. Сердечник перебуває в нерухомих напрямках під впливом гідравлічних пластмасових затисків 3.

Коли сердечник затискується правим гідрозатискачем, а лівий затиск вільний, магнітне поле в котушці 2 відсутнє. При надходженні сигналу від

датчика в котушці виникає магнітне поле і стержень 1, виготовлений з матеріалу з негативною магнітострикцією, скорочується на якусь величину. Включається лівий затиск і відключається правий, щоб звільнити правий кінець стержня 1. Подається команда на вимикання живлення обмотки котушки 2. При цьому стержень у результаті зникнення магнітострикційного ефекту повертається до свого первісного розміру і переміщає робочий орган вправо на величину Δl , тому що лівий затиск не дозволяє переміщатися стержню вліво. Потім стержень 1 знову затискається справа, після чого цикл роботи повторюється.

Загальне переміщення робочого органу обмежується скороченням або подовженням стержня на ділянці між робочим органом і лівим затиском (l – довжина стержня в зоні магнітострикції). Час переміщення стержня становить соті частки секунди.

Крокові двигуни. У практиці часто зустрічаються випадки, коли бажано мати такий виконавчий двигун, який при досить високій швидкодії міг би перетворювати імпульсивні електричні сигнали в повороти ротора на певний кут.

Таким виконавчим двигуном є кроковий двигун (рис. 3.31). Значне поширення отримали тристаторні реактивні двигуни, у яких є електромагнітний зв'язок статора та ротора. В корпусі 2 розміщені три статори 1, розвернуті відносно один до одного на кут, який дорівнює $1/3$ полюсної поділки. Три ротори 3 у вигляді зубчастих вінців виконані разом з валом. Кількість зубців роторів дорівнює кількості зубців статорів. Зубчасті вінці роторів не зсунуті відносно один одного. При послідовному ввімкненні обмоток статорів (1-2-3-1 і т. д.), коли датчик подає один імпульс, ротор зміщується на один крок t , який відповідає куту $\alpha^\circ = t / 3$.

Робота двигуна основана на зміні енергії магнітного поля. Щоб вихрові струми не сповільнювали швидкості наростання магнітного потоку, статори виготовляють із штампованих пластин, які набираються у пакети. Якщо для повного оберту ротора потрібні K кроків, то:

$$K = \frac{360^\circ}{\alpha^\circ} = \frac{360^\circ}{t / 3} = \frac{360^\circ \cdot 3}{t} = \frac{1080}{t} .$$

Для отримання малої величини переміщення ротора за один імпульс величина кроку для, наприклад, двигунів типу ШД-4 становить $t = 1,5$.

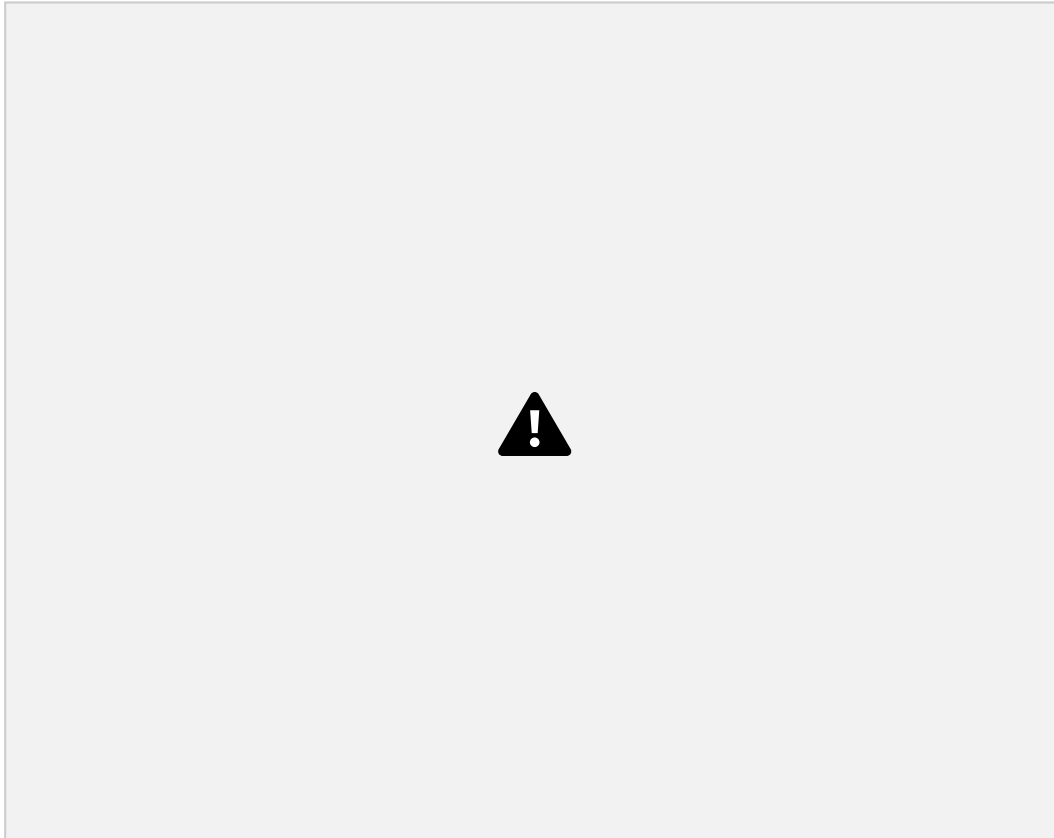


Рисунок 3.31 – Кроковий двигун: а) – конструкція; б) – схема

Крім крокових двигунів застосовують у ролі виконавчих пристроїв: імпульсний синхронний реактивний двигун постійного струму, безперервний двигун постійного струму, редукторний реактивний двигун. Величина кутового переміщення в цих двигунів більша, ніж у тягових, тому малими переміщеннями керувати ними складніше.

Гідравлічні та пневматичні виконавчі двигуни

Такі двигуни різноманітних типів і конструкцій у системах автоматичного керування знаходять широке застосування. Найчастіше застосовуються поршневі неротаційні двигуни. Вони являють собою гідроциліндр із поршнем і штоком. Рідина надходить у гідроциліндр і переміщає поршень, що через шток здійснює подальші необхідні рухи відповідного елемента механізму керування. Поступальний рух може забезпечуватися в ряді випадків гідроциліндром, при цьому поршень нерухомий, а гідроциліндр своїм рухом здійснює необхідні переміщення певних органів механізму керування.

Розрізняють поршневі двигуни односторонньої і двосторонньої дії. У двигуна односторонньої дії рідина під тиском подається в одну порожнину циліндра, змушуючи поршень зі штоком переміщатися і робити певні робочі переміщення. Рух поршня зі штоком в іншу сторону здійснюється пружиною, коли робоча рідина подається на злив у бак гідросистеми. У деяких випадках повернення поршня у вихідне положення здійснюється за

рахунок ваги поршня і рухливих частин машини, при цьому циліндр і поршень розташовуються вертикально.

У приводів двосторонньої дії поршень зі штоком рухається при подачі робочої рідини в одну або іншу порожнину циліндра.

Гідродвигуни виконують з одностороннім або двостороннім штоком. Двигун з одностороннім штоком має різну швидкість переміщення в протилежних напрямках, тому що в одній площині циліндра є шток, а в іншій немає. Для вирівнювання швидкостей у двох різних напрямках застосовують диференціальний шток. У системах автоматичного керування для здійснення обертального руху відповідного механізму також застосовують ротаційні двигуни. Типи і конструкції ротаційних двигунів так само, як у головних приводів металорізальних верстатів. **Пневматичні** виконавчі механізми широко застосовують завдяки простоті й ощадливості. Пневматичні виконавчі механізми застосовують при невисокому тиску повітря, щоб при розширенні повітря на виході з трубопроводів не падала різко температура і не відбувалася конденсація водяної пари, що знаходяться в повітрі.

Пневмодвигуни виконують поршневими і діафрагмовими, односторонньої і двосторонньої дії. Поршневі пневмодвигуни працюють за схемою, аналогічною схемі гідродвигунів.

Діафрагмовий двигун не має частин, що рухаються і труться (поршня, манжет) і тому більш надійний у роботі, чим поршневі, вага його, габарити і вартість менше, ніж поршневих двигунів.

Конструкції пневмодвигунів наводяться нижче (рис. 3.32).

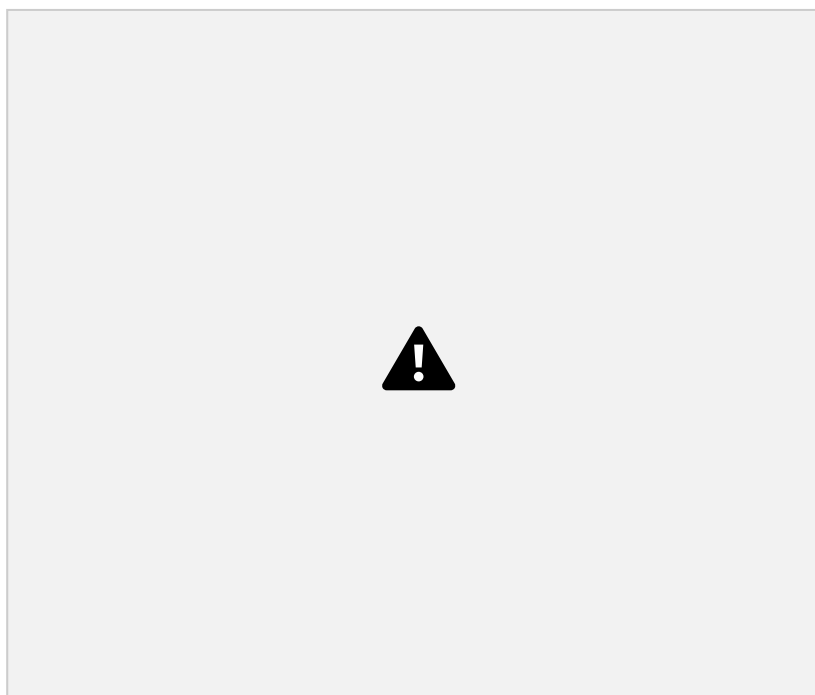


Рисунок 3.32 – Пневмодвигуни: а) – поршневі; б) – діафрагмові з чашкоподібною діафрагмою; в) – з плоскою діафрагмою

57

Питання для самоконтролю

1. Поняття «управління». Що таке прийом управління?
2. Автоматичні пристрої. Поняття «засобів автоматизації». 3. Склад елементарного механізму для автоматичного виконання прийому. Характеристика складових.
4. Що таке «датчик»?
5. Класифікація розпоряджувальних засобів автоматизації. 6. Якими характеристиками потрібно керуватися при виборі датчика? 7. Конструкції, призначення, принципи дії окремих датчиків. 8. Функціональні призначення проміжних пристроїв.
9. Класифікація, конструкції, призначення, принципи дії окремих підсилювачів.
10. Призначення зменшувачів. Конструкції, принципи дії окремих зменшувачів.
11. Призначення сповільнювачів. Різновиди реле часу.
12. Призначення якісних реле-перетворювачів. Приклади таких перетворювачів.
13. Призначення виконавчих пристроїв. Різновиди виконавчих пристроїв, конструкції, принципи дії.

4 СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ МЕТАЛОРИЗАЛЬНИМИ ВЕРСТАТАМИ

4.1 Класифікація систем автоматичного керування (САК) металорізальними верстатами

Основна мета керування – забезпечити оптимальний хід технологічного процесу в реальних умовах при досягненні заданої якості і ефективності. Ефективність керування забезпечується використанням автоматичних і автоматизованих систем керування.

Система автоматичного керування (САК) – сукупність взаємодіючих між собою об'єкта керування та керівного пристрою. **Керівний пристрій** – це пристрій чи сукупність пристроїв, які здійснюють технологічний процес за певним алгоритмом функціонування. Всі системи керування можна поділити за 4 ознаками (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Різновиди систем автоматичного керування

За ступенем централізації	За видом програмоносія	За способом дії на виконавчий орган	За наявністю зворотного зв'язку
1.1 Централізовані	2.1 З розподільчим валом	3.1 Безперервні	4.1 Розімкнені
1.2 Децентралізовані	2.2 З упорами	3.2 Дискретні	4.2 Замкнені
1.3 Змішані	2.3 З копіром		4.3 Адаптивні
	2.4 З ЧПК		

Крім того, САК можуть розрізняти за такими ознаками:

- за принципом синхронізації;
- за методом впливу на виконавчий орган;
- за кількістю керованих координат тощо.

4.2 Види САК за ступенем централізації

Централізовані системи характеризуються тим, що керування всім технологічним циклом виконується централізованим пристроєм (кулачком, як різновидність кулачкової системи – розподільчим валом, командоапаратом, копіром тощо) незалежно від дії та положення виконавчих органів.

Виробничий цикл виконується за наперед жорстко встановленою програмою і всі дії обладнання в часі відбуваються в строгій відповідності з прийнятим циклом роботи, внаслідок чого вони називаються

59

цикловими. Весь механізм керування складається з давачів і виконавців. Проте відсутній пристрій обробки інформації.

Системи керування від кулачків

Задавальна інформація в цих системах закладена у профілі кулачків. Основу кулачкових систем становлять кулачкові механізми у поєднанні з важільними (або без них). Кулачкові системи одночасно виконують дві функції: силового механізму та системи керування. Керування переміщенням рухомого органу здійснюється законом, закладеним у профілі кулачка, який сприймається (зчитується) штовхачем механізму. З цією метою кулачок обертається або лінійно переміщується відносно

штопхача за допомогою розподільчого валу з приводом та іншого механізму, який виконує функцію пристрою введення інформації. Важливий механізм (якщо він є) виконує функцію перетворювача напрямку руху і одночасно підсилювача, однак підсилення тут отримується невелике (з причини обмеженості розмірів).

Залежно від типу кулачків, які застосовуються, розрізняють системи: з циліндричними (рис. 4.1, а); плоскими, які прямолінійно рухаються (рис. 4.1, б); дисковими (рис. 4.1, в) та торцевими кулачками (рис. 4.1, г). Кулачки можуть бути відкритими (рис. 4.1, в), закритими (рис. 4.1, д) та комбінованими.

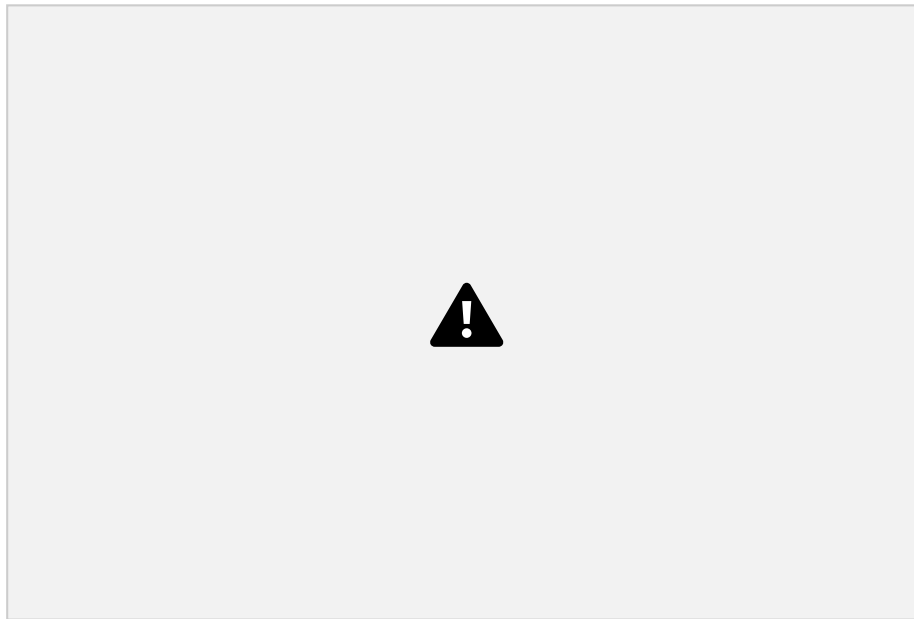


Рисунок 4.1 – Системи керування з кулачками

Системи керування від розподільчого вала

Ці системи є різновидом кулачкових систем. Якщо в автоматі використані кулачкові системи, то для керування роботою кожного механізму слугує свій кулачок. Вал з розміщеними на ньому керівними кулачками називають **розподільчим**.

Розглянемо принцип роботи системи керування з розподільчим валом на прикладі металорізального автомата (рис. 4.2).

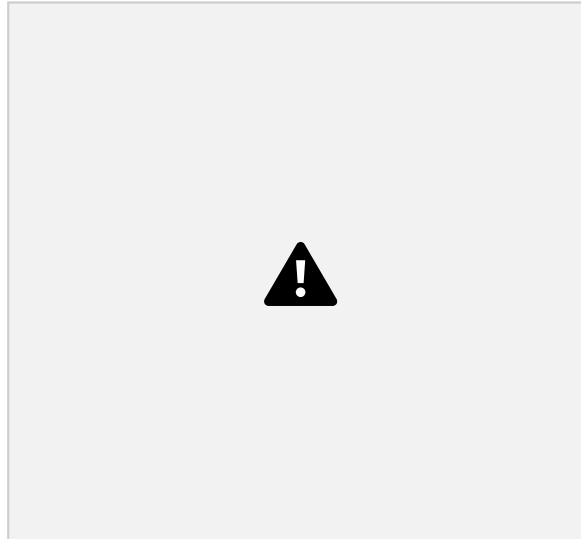


Рисунок 4.2 – Система керування від розподільчого вала

На розподільчому валу 10 встановлені чотири кулачки: один дисковий 7 і три торцевих 6, 8, 9. Кулачки 6 та 7 керують холостими та робочими рухами супортів 4 та 5, кулачок 9 – механізмом подачі 2 прутка і кулачок 8 – роботою затискного пристрою 3. Розподільчий вал 10 отримує обертання від привода 12 через ланку налагодження 11.

За принципом здійснення холостих ходів системи керування з розподільчим валом поділені на три групи (рис. 4.3).

До першої групи відносяться системи, в яких всі кулачки (основних та допоміжних механізмів встановлені на одному розподільчому валу, який обертається з одною налагодженою кутовою швидкістю (рис. 4.3, а). На розподільчому валу 5 встановлені кулачки 3 та 4, які керують роботою основних механізмів, та кулачки 1 та 2, які керують допоміжними механізмами. Розподільчий вал отримує обертання від привода 7 через вузол налагодження 6 (одну швидкість). У систем цієї групи кулачки, які керують холостими ходами, є постійними, а ті, які забезпечують робочі рухи, – змінними. Такі системи зручно застосовувати у тих випадках, коли тривалості холостих та робочих переміщень близькі один до одного.

Другу групу становлять системи, які працюють за схемою (рис. 4.3, б). В цих випадках всі кулачки основних та допоміжних механізмів також встановлені на одному валу, але розподільчий вал має дві швидкості обертання: одну для налагодження робочих подач, а другу (без ланки налагодження) – для швидких холостих ходів.

В системах третьої групи (рис. 4.3, в) є два вали з кулачками: основний розподільчий вал 5, на якому розташовані кулачки 3 та 4 робочих рухів та частини холостих, та допоміжний 8 з іншими кулачками 1 та 2 холостих ходів. Розподільчий вал 5 (основний) має налагоджувану швидкість,

ходами.

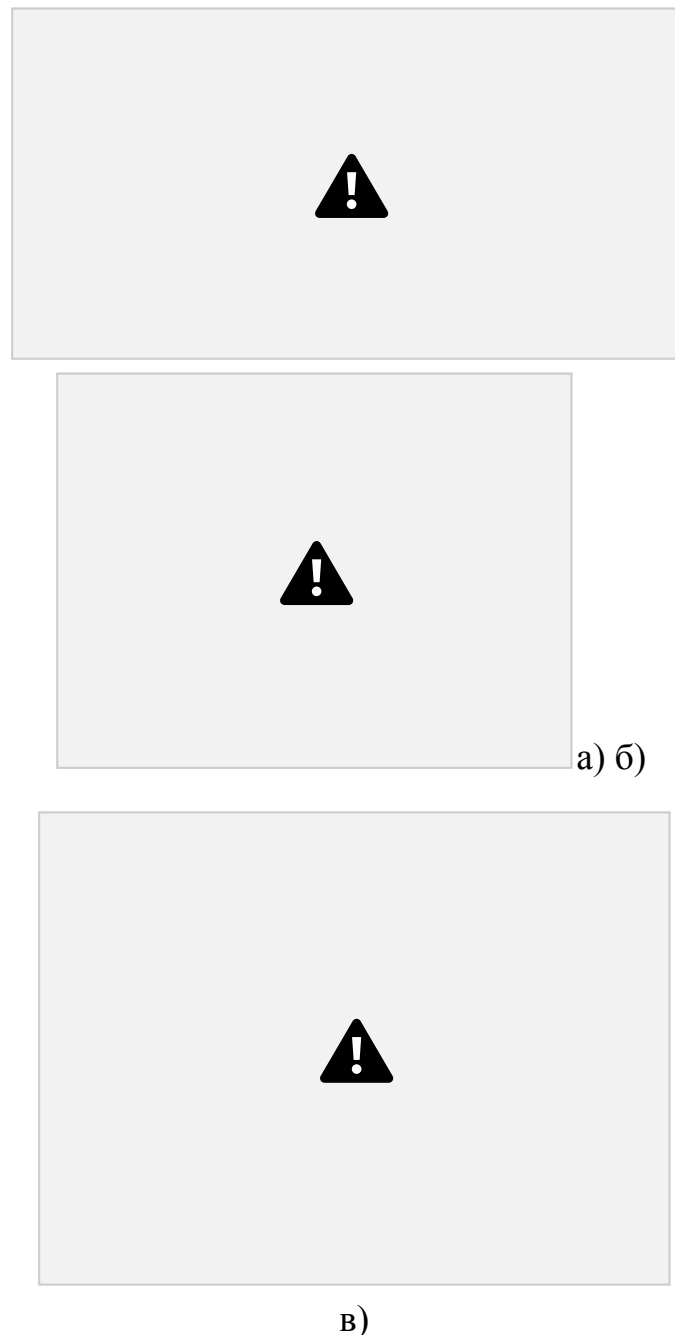


Рисунок 4.3 – Схеми систем керування з розподільчим валом

Командоапарати (з кулачками)

Ці системи керування є подальшим розвитком кулачкових систем в напрямку підвищення їх мобільності. У командоапаратах змінні кулачки змонтовані на швидкозмінній втулці, що значно спрощує їх заміну. Другою особливістю командоапаратів є заміна важільних передавальних ланок на кулькові, гідравлічні та електричні передавальні пристрої, які дозволяють дистанційно здійснювати рух робочих органів. Ця особливість командоапаратів дала можливість винести розподільчий вал з кулачками та своїм приводом у зручне місце.

На рисунку 4.4 подана спрощена блок-схема складального автомата, керування роботою якого здійснюється командоапаратом (БК). Деталі, які складаються, проходять індивідуальну орієнтацію у завантажувальних пристроях 1 та 7 з приводами 2 та 8, потім правильність орієнтації перевіряється за допомогою контрольних механізмів 3 та 9, які працюють від приводів 4 та 10. Пристрій 5, який переміщується приводом 6, здійснює складання деталей у вузол. Керування робочими механізмами

62

здійснюється від блока кулачків 11 через передавальні пристрої 14. Блок обертається від привода 13 через ланку налагодження 12.

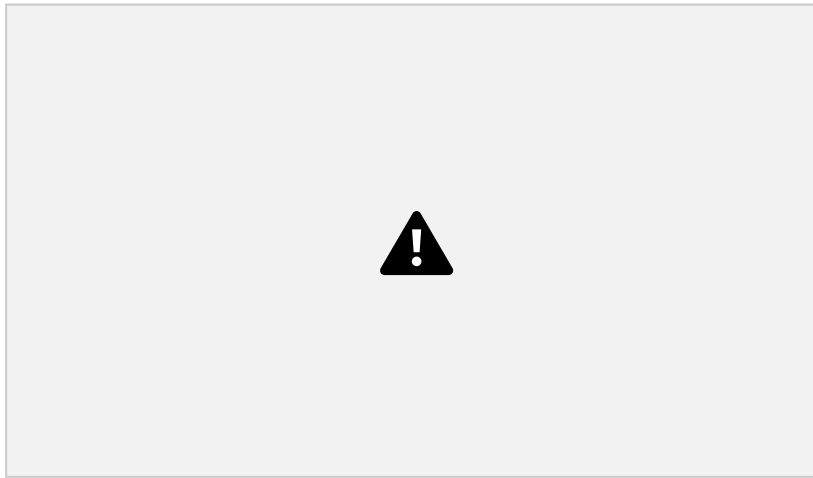


Рисунок 4.4 – Блок-схема складального автомата, який керується від командоапарата

Переваги:

- простота і надійність в роботі;
- час робочого циклу стабільний (визначається часом одного обертання, кулачка, розподільчого валу чи командоапарата). **Недоліки:**
- не реагують на відхилення якості виробів і спрацювання. Якщо діаметр вийшов за межі допуску, то йде брак;
- для запобігання руйнування системи потрібно застосовувати блокувальні контрольні пристрої, які б спрацьовували при порушенні циклу обробки;
- циклові системи не можуть працювати тривалий час без втручання людини, що слідкує за роботою системи, а саме виконує функції контролювання, регулювання і переналагодження. При широких допусках вплив людини застосовується рідко, а при вузьких – часто.

Програма є жорсткою. При переході на іншу заготовку або об'єкт потрібно міняти програмоносії, кулачки. Через те, що переналагодження потребує достатньо великого часу, то системи застосовуються в масовому і серійному виробництві, де переналагодження проводиться рідко.

До САК цієї групи відносяться всі машини харчової та текстильної

промисловості. В металообробці – це токарні автомати, автоматичні преси.

Децентралізована система керування не має центрального пункту керування. Керування робочими органами здійснюють шляхові датчики (тому систему іноді називають **шляховою**), включення і виключення яких здійснюють упори на робочих органах верстата. Датчики і упори розташовані так, що кожна наступна дія робочого органу може здійснюватися тільки після закінчення попередньої дії робочого органу.

63

При вмиканні сигналу керування (рис. 4.5), робочий орган здійснює прискорене переміщення з вихідного положення до перемикача П, який вмикає робочу подачу і відбувається свердління отворів. Коли спрацьовує вимикач 2 – свердло зробить отвір потрібної глибини – подається команда на прискорений хід назад, поки упор не приводить у дію вимикач 1, який вмикає верстат. Верстат буде стояти, поки не заміниться заготовка.

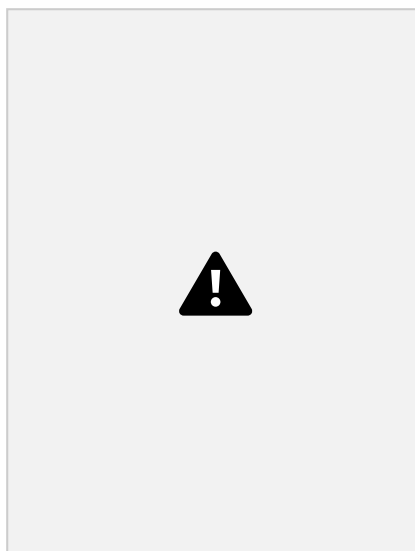


Рисунок 4.5 – Система з шляховими перемикачами

Переваги:

- системи мають високу надійність, оскільки команди подаються безпосередньо від робочих органів;
- завдяки використанню контрольно-вимірювальних пристроїв для автоматичного контролю розмірів система виконує більш точно свої функції;
- шляхову автоматику можна використовувати для блокування та попередження поломок технологічного обладнання. Наприклад, в складних системах автоматизації застосовуються пристрої для перевірки положення деталі.

Недоліки:

- шляхові системи значно складніші, мають більше ланцюгів керування;

- давачі для передачі командних сигналів в більшості випадків розташовуються в робочій зоні, тому вони потрапляють під вплив пилу, стружки, тепла. Може виникнути аварія внаслідок помилкових команд;

- час циклу зростає на величину сумарного часу спрацювання всієї системи керування (є також затримки, пов'язані зі спрацюванням давачів).

Змішана система. Ця система полягає в тому, що керування окремими циклами здійснюється за децентралізованою системою, а робота всього верстата за централізованою системою. Змішана система використовує переваги обох систем.

64

4.3 САК за видом програмоносія

Найбільш важливою і характерною ознакою будь-якої **САК програмного керування** (САК розподільчим валом; САК упорами; САК копірами; система ЧПК) є спосіб завдання програми обробки або руху, тобто від програмоносія. Програмоносій може бути поданий у вигляді алфавітно-цифрового коду (перфокарта, перфострічка, магнітні стрічки, стрічки, барабани), кулачків, набору упорів, копирів.

Програма – це строга послідовність керівних команд, яка забезпечує узгодженість рухів виконавчих органів верстата.

Найбільш високу надійність має **САК розподільчим валом**. Вона являє собою приклад централізованої, розімкнутої системи керування без зворотного зв'язку; забезпечує надійну, жорстку і точну синхронізацію всіх рухів робочого циклу будь-якої складності. Змінюючи профіль кулачків можна отримати будь-який закон зміни робочих органів. Нова програма здійснюється зміною профілю кулачків.

Недоліки:

- жорстке програмування знижує гнучкість обладнання, підвищує складність переналагодження;

- великі витрати на виготовлення нових кулачків – програмоносіїв. До **САК з упорами** (рис. 4.6) відносяться децентралізовані системи, де упори виступають як програмоносії. Програму задають відносно розташування упорів в пазах лінійки, супортів, станини верстатів. При включенні упорів останні сигналами механічних, гідравлічних передач визначають положення виконавчого механізму.

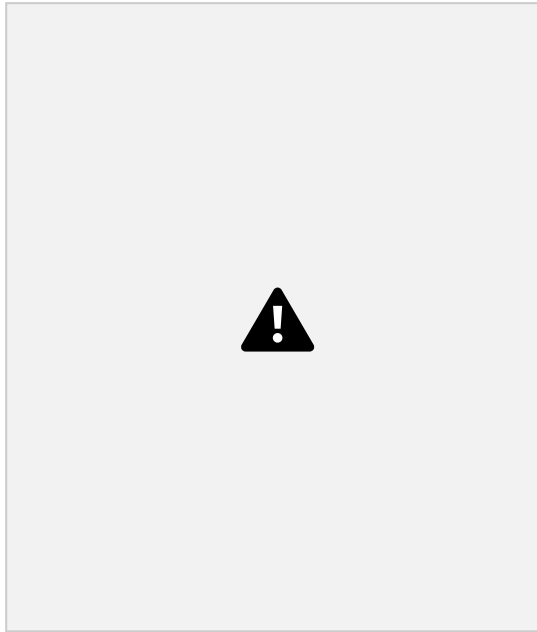


Рисунок 4.6 – Приклади САК з упорами

65

Точність зупинення робочих органів верстату залежить від маси рухомих частин, їх швидкості, жорсткості системи, від швидкості реагування системи на сигнал.

САК з копірами (рис. 4.7–4.8) – це системи, в яких програма обробки подана у вигляді дії аналогу (копіра, шаблону). Вони поділяються на дві групи:

- механічні, силові;
- слідкувальні.

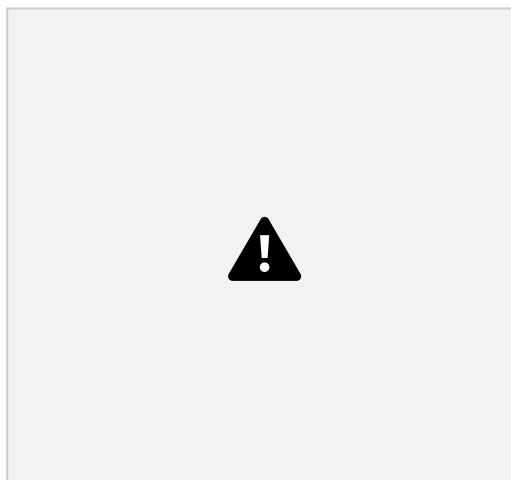


Рисунок 4.7 – САК з копірами силової дії

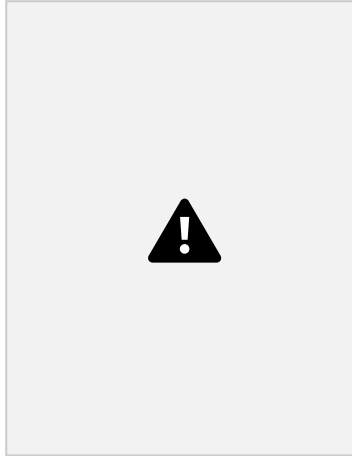


Рисунок 4.8 – САК з копірами слідкувальної дії

В **механічних силових системах** копір виконує дві функції: керування переміщеннями і механічної подачі інструменту. Це проста за конструкцією система: копір і інструмент, які жорстко з'єднані між собою. Копір сприймає силу різання і буде інтенсивно спрацьовуватись (виготовляють упори з міцних матеріалів з попередньо проведеною термічною обробкою).

В **САК з копірами слідкувальної дії** встановлюється електричний чи гідравлічний підсилювач. Копір сприймає дуже незначне навантаження,

66

тому при його виготовленні можна використовувати менш міцні матеріали. Зміна форми копіра переміщує упор, котрий діє на перетворювач сигналів, який діє на привод, що приводить в дію виконавчі поверхні. Відхилення контуру $\pm 0,1$ мм. Шорсткість $R_a - 1,6$ мкм.

Переваги:

- підвищення продуктивності обробки шляхом скорочення машинного часу і допоміжного часу. Машинний час скорочується з застосуванням збільшених подач, що помітно при обробці фасонних і багатоступеневих деталей. Допоміжний час скорочується шляхом зменшення числа вимірів, зменшенням підводів–відводів інструменту на допоміжних рухах. Якщо копір використовується нетривалий час і до точності обробки висуваються невисокі вимоги, то копіри можна виготовляти незагартованими.

Недоліки:

- підготовчо-заклучний час при гідрокопіюванні збільшується вдвічі порівняно з простою обробкою;
- виготовлення копирів потребує значних витрат;
- застосування копирів економічно доцільне при обробці партії деталей кількістю не менше 20–50 заготовок.

Системи числового програмного керування (СЧПК)

Під системою числового програмного керування верстатом розуміється сукупність спеціалізованих пристроїв, методів та засобів, необхідних для

здійснення числового програмного керування. Система ЧПК характеризується здебільшого програмуванням циклу, режимів обробки та траєкторії переміщення робочих органів верстата. При цьому уся необхідна інформація подається у вигляді послідовності букв та чисел, нанесених у закодованому вигляді (алфавітно-цифровому коді) на програмоносій або безпосередньо до пам'яті системи з клавіатури.

Системи ЧПК класифікуються за такими трьома ознаками: - ступенем досконалості та функціональними можливостями; - видом руху виконавчих механізмів верстата, що визначається геометричною інформацією в програмі;

- кількістю потоків інформації.

За ступенем досконалості та функціональними можливостями системи ЧПК поділяються на такі типи:

- NC (Numerical Control) – числове програмне керування обробкою на верстаті за програмою, що задана в алфавітно-цифровому коді. Ці системи працюють за «жорсткою логікою». Введення програми до них, як правило, здійснюється з перфострічки;

- HNC (Hand NC) – різновид систем ЧПК з ручним заданням програми з пульта пристрою (з клавіш, перемикачів тощо). На сьогодні існують різновиди систем типу HNC, такі як TNC (Total NC), що мають у своєму складі зовнішню пам'ять на гнучких дисках (для зберігання керівних програм) та дисплеї для організації спілкування операторів з СЧПК, а також VNC (Voice NC), в яких керівна інформація вводиться

67

безпосередньо з голосу та відображається на дисплеї, що забезпечує візуальний контроль достовірності введення;

- SNC (Speicher або Stored NC) або MNC (Memory NC) – різновид систем ЧПК, що мають пам'ять для зберігання усієї керівної програми; - CNC (Computer NC) – автономна система ЧПК верстатом, що містить ЕОМ (як правило, міні-ЕОМ або мікро-ЕОМ) або процесор; - DNC (Direct NC) – система для керування групою верстатів від ЕОМ, що здійснює зберігання програм та розподіл їх за запитами від пристроїв керування верстатом (на верстатах встановлені пристрої типу NC, SNC, CNC).

Головною частиною системи числового програмного керування є пристрій ЧПК, який належить до того ж типу, що й система. Пристрої ЧПК типу NC та HNC мають сталу структуру, а пристрої ЧПК типу SNC та CNC – змінну. Пристрої ЧПК типу SNC та CNC є більш досконалішими. Вони будуються на основі мікро-ЕОМ (типу CNC) або мікропроцесорів.

4.4 Види САК за способом дії на виконавчий орган та за наявністю зворотного зв'язку

За видом руху виконавчих механізмів верстата, що визначається

геометричною інформацією в програмі, системи ЧПК поділяються на **позиційні, контурні, комбіновані та централізовані.**

Позиційна система ЧПК – це система, що забезпечує встановлення робочого органу верстата в позицію, задану програмою керування верстатом, здебільшого без обробки у процесі переміщення робочого органу верстата. Ці системи застосовуються для керування верстатами свердлильно-розточувальної групи.

Контурна система ЧПК являє собою систему, що забезпечує автоматичне переміщення робочого органу верстата вздовж траєкторії з контурною швидкістю. На сьогодні ці системи є найбільш поширеними і використовуються для керування токарними, фрезерувальними та іншими верстатами при обробці деталей складного профілю.

Комбінована система ЧПК містить у собі контурні та позиційні системи і використовується, в основному, для керування багатоцільовими верстатами (обробними центрами).

Автоматизована система централізованого керування – це комплекс металорізального обладнання з ЧПК, що «зв'язаний» єдиною автоматизованою транспортно-накопичувальною (транспортно складською) системою і керується від ЕОМ. Ця система використовується для керування автоматизованими дільницями.

За кількістю потоків інформації системи з ЧПК поділяються на розімкнені, замкнені, адаптивні.

68

Розімкнені системи ЧПК – характеризуються тільки одним потоком інформації, яка спрямовується від програми керування до робочого органу верстата. Переміщення робочого органу верстата при цьому не контролюється і не зіставляються з переміщеннями, заданими програмою. Ці системи прості за конструкцією, забезпечують досить високу точність переміщення робочого органу верстата, є найбільш поширеними і використовуються для керування металорізальними верстатами малих та середніх розмірів.

Замкнені системи ЧПК характеризуються двома потоками інформації: один потік надходить від програми керування, а другий – від датчиків зворотного зв'язку. Наявність зворотного зв'язку дозволяє зіставити фактичне відпрацювання програми з заданим та усунути непогодження, що виникають. Ці системи забезпечують значно вищу точність обробки порівняно з розімкненими, але є більш складними та дорогими. Вони використовуються для керування металорізальними верстатами середніх та великих розмірів.

Адаптивні системи (ті, що самі підстроюються) мають можливість пристосовуватися до зміни зовнішніх умов і є найбільш прогресивними. Вони мають, окрім основного, додаткові потоки інформації, що дозволяють

корегувати процес обробки з урахуванням деформації системи ВПД та низки випадкових факторів, таких як затуплення інструменту, відхилення припуску та твердості заготовок тощо. За характером змін в керівному пристрої адаптивні системи поділяють на дві великі групи: самоналагоджувальні (змінюють тільки значення параметрів регулятора; системи, які самооптимізуються (змінюється структура самого регулятора).

Типова блок-схема програмного керування верстатом (рис. 4.9). Вона складається з декількох блоків:



Рисунок 4.9 – Типова блок-схема програмного керування верстатом

Блок 1 – це пристрій для складання та запису програми обробки деталі. Основними документами для складання програми є креслення деталі та технічні умови для неї. Згідно з розмірами поверхонь, які належить обробити, технік-програмувальник будує таблицю, в яку вносить абсолютні значення координат програмованих точок або прирощення

69

координат цих точок, потім з використанням, наприклад коду 8421, за допомогою перфоратора заносить керівну програму (технологічні команди та розмірні слова – потрібні переміщення між координатами певних точок, які називаються опорними точками траєкторії руху інструмента), на програмоносій – паперову стрічку.

Блок 2 слугує для контролю програми, який виконується візуальним способом або шляхом перевірки положення перемикачів на пульті керування верстатом.

Блок 3 необхідний для введення програми до верстата. Зазвичай цей блок має механізм, в який вводиться програмоносій із записаною програмою обробки деталі. В цьому ж блоці при зчитуванні механізмом програми формуються сигнали, які визначають задані переміщення виконавчих вузлів верстата.

Блок 4 виконує переробку сигналів, які надходять з третього блока, та керує приводом виконавчого вузла верстата, а також здійснює контроль виконання заданої програми за сигналами, які надходять від датчика керування 7.

Блок 5 є приводом виконавчого вузла верстата, який виконує

переміщення його виконавчого вузла згідно із заданою програмою обробки деталі.

Блок 6 – виконавчий вузол верстата для встановлення різального інструмента або деталі, яку належить обробити. Кожний з виконавчих вузлів переміщується при обробці деталі за заданою програмою.

Блок 7 складається з датчика, який забезпечує контроль за роботою виконавчого вузла верстата шляхом порівняння заданої програми з програмою, за якою працює верстат. При відхиленні переміщення виконавчого вузла верстата від заданої програми датчик подає коректувальні сигнали до блока 4 згідно із заданою програмою, і останній регулює роботу виконавчого вузла верстата.

Примітка. У випадку використання систем з оперативним керуванням програма вводиться безпосередньо за допомогою клавіатури зі стояка системи керування. Контроль введення – візуальний, за таблою стояка. Потім здійснюється в холостому режимі роботи верстата за тим самим табло перевірка роботоздатності програми. У всіх випадках, якщо потрібно, виконується корекція.

Провідні виробники систем ЧПК: *FANUC* (Японія), *Siemens* (системи *SINUMERIK*) (Німеччина), *HEIDENHEIN* (Німеччина), *Bosch Rexroth* (Німеччина), *FAGOR* (Іспанія), *Mitsubishi Electric* (Японія).

Сучасні системи ЧПУ збільшують надійність і забезпечують високу гнучкість технологічних процесів і швидке переналагодження при заміні оброблюваних деталей.

Основою систем цифрового програмного керування є слідкувальний привод.

Питання для самоконтролю

1. Навести різновиди систем автоматичного керування.
2. Які види САК існують за класифікаційною ознакою – ступінь централізації? Дати характеристику кожного різновиду.
3. Які види САК існують за класифікаційною ознакою – вид програмоносія? Дати характеристику кожного різновиду.
4. Навести класифікацію систем ЧПК. Дати характеристику кожного різновиду.

5 АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ

5.1 Основні етапи завантаження металорізального обладнання

Автоматизація завантаження металорізального обладнання є найбільш складною проблемою із задач автоматизації. Вирішення цієї задачі дозволяє

скоротити допоміжний час на встановлення заготовок у робочу зону обладнання та її звільнення. Процес завантаження складається з таких основних етапів:

- захоплення чи відділення деталі (заготовки) від маси, яка знаходиться у впорядкованому положенні;
- переміщення їх до робочої зони (зони обробки);
- надання їм певного положення в просторі відносно деякої нерухомої системи координат (орієнтація в просторі);
- подача деталей в робочу зону обладнання до устаткування чи елементів пристроїв через проміжки часу, які визначені циклом роботи (орієнтація в часі).

Виконання всіх або частини названих дій в автоматичному режимі називається автоматизацією завантаження. Складність автоматизації завантаження полягає в різноманітності процесів механічної обробки і складання, в різноманітності заготовок і деталей, які потрібно завантажити.

5.2 Автоматизація орієнтування

Автоматизація орієнтування – процес, внаслідок якого деталь чи заготовка без участі людини приводиться з хаотичного стану в певне положення відносно деяких поверхонь. Для здійснення транспортування потрібно, щоб заготовка (деталь) мала один ступінь вільності. Якщо це тіло обертання, то два ступені вільності (обертання і переміщення навколо своєї осі). **Розрізняють стійке розпізнане та нерозпізнане положення деталі чи заготовки.**

Стійким називається таке положення, коли вектор ваги деталі проходить через опорну поверхню.

Розпізнаним називається таке положення деталі (заготовки), при якому проекції її на орієнтовану поверхню не повторюють інших орієнтованих положень. Кількість розпізнаних положень залежить від ступеня симетричності деталі.

Якщо проекції деталі (заготовки) на орієнтовану поверхню аналогічні, то такі поверхні називаються **нерозпізнаними**.

Перехід тіла з одного орієнтованого положення в інше можливий шляхом повороту навколо осей. Чим більше осей симетрії, тим більше

нерозпізнаних і менше розпізнаних положень. Чим більше розпізнаних положень, тим складніша орієнтація (рис. 5.1).

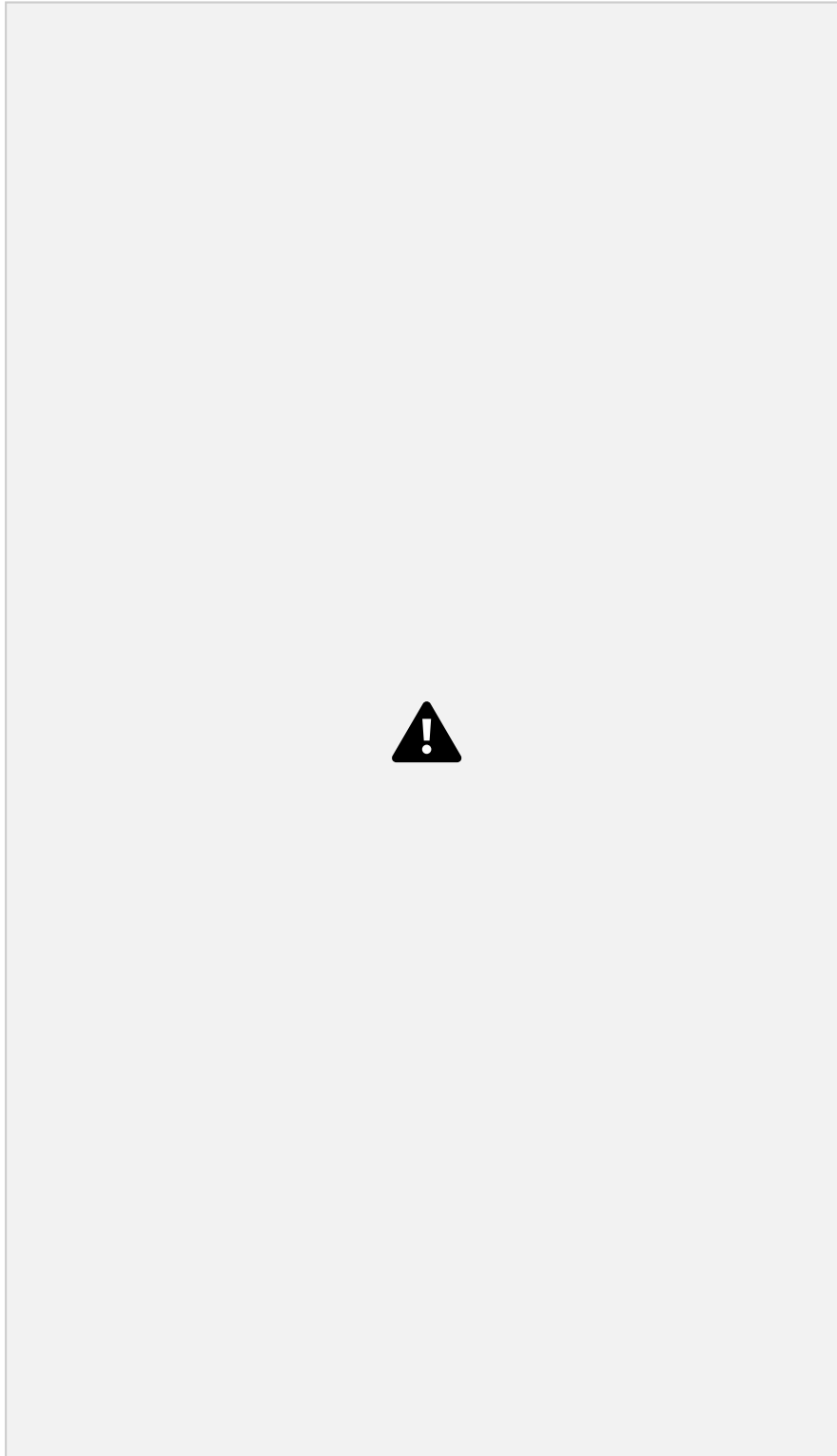


Рисунок 5.1 – Розпізнані положення заготовок різної конфігурації

В процесі руху кількість розпізнаних положень істотно зменшується порівняно з теоретично можливими, тому що при русі є сили інерції. З усіх

робочу зону. **Розрізняють первинне і вторинне орієнтування. Первинне орієнтування** – процес переведення заготовки (деталі) з хаотичного або стійкого положення в одне з розпізнаних. Використовується в процесі захоплення і орієнтації деталі. **Вторинне орієнтування** – процес переведення деталі (заготовки) з розпізнаного положення в задане. Може здійснюватись трьома різними способами (рис. 5.2):

- активне;
- пасивне;
- активно-пасивне.

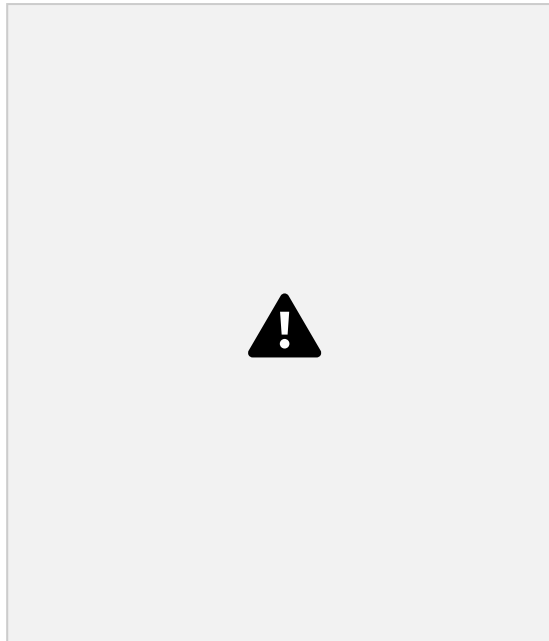


Рисунок 5.2 – Активне, пасивне та активно-пасивне орієнтування

Активно орієнтувальний пристрій вторинної орієнтації пропонує правильно орієнтувати деталі, а неправильно зорієнтовані приводяться примусово в правильне положення. Активно орієнтувальний пристрій забезпечує потрібну продуктивність подачі деталей (заготовок), але недоліком є складність конструкції і необхідність застосування спеціальних заходів для захисту від заклинювання при переповненні деталями (заготовками).

Пасивне орієнтування – правильно орієнтовані проходять далі, а неправильно зорієнтовані – відкидаються. Перевагою пасивного орієнтування є простота конструкції і відповідно надійна робота. Недоліком такого орієнтування є зниження продуктивності орієнтації деталей (заготовок) в стільки разів, скільки розпізнаних положень має деталь.

Пасивно-активне орієнтування – процес зберігання деталями (заготовками) початкового орієнтування і створення власного потоку

орієнтувальні пристрої застосовують, коли потрібно подавати чи є необхідність подавати деталі (заготовки) двома потоками.

Кількість розпізнаних положень зменшує в ту саму кількість разів продуктивність.

Орієнтувальні пристрої взаємодіють за знаком асиметричності, який називається ключем орієнтації. За характером такої взаємодії всі пристрої поділяються на 3 класи (рис. 5.3):

- пристрої механічної дії на деталі (заготовки);
- пристрої дії силового поля;
- програмно-орієнтувальні пристрої.

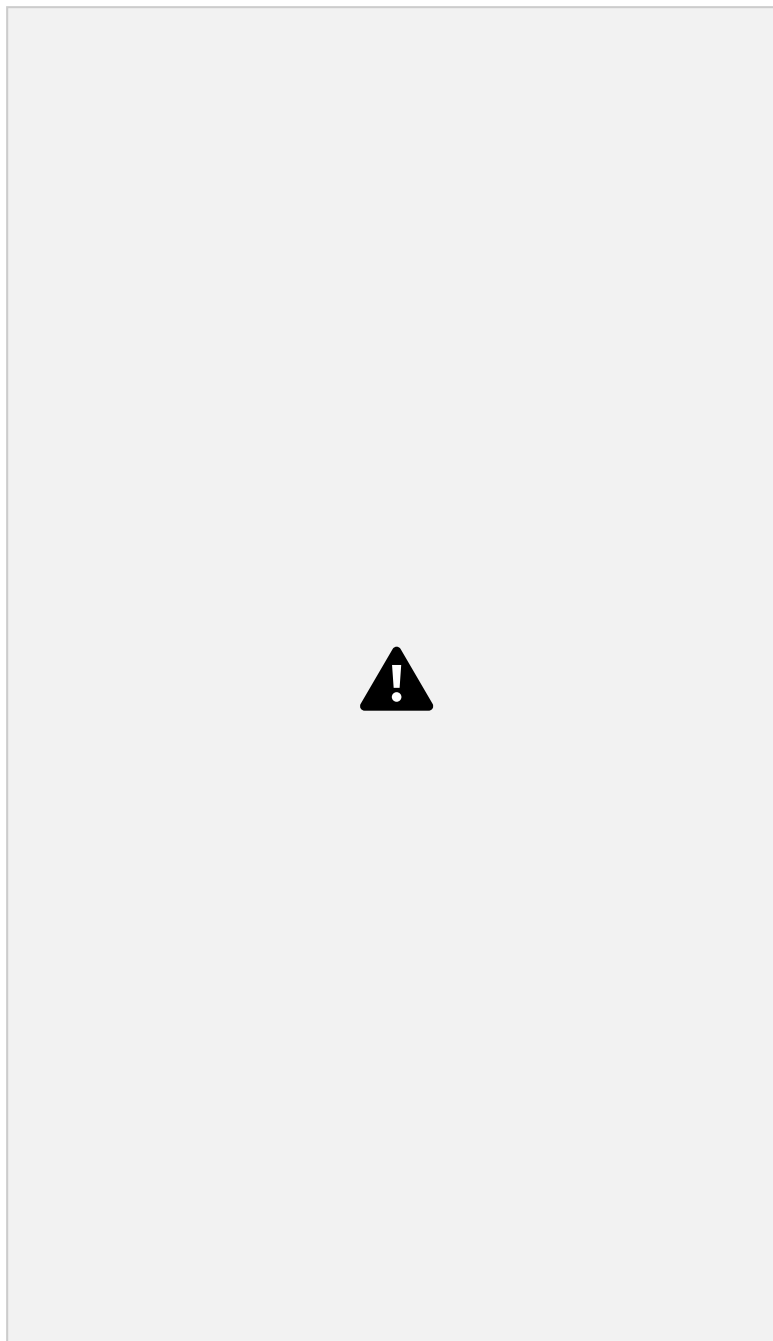


Рисунок 5.3 – Приклади поділу пристроїв за характером взаємодії

5.3 Завантажувальні пристрої

В загальному випадку завантажувальні пристрої складаються з таких вузлів і механізмів:

- **бункер** – для накопичення деталей (заготовок) в неорієнтованому стані. Іноді використовують для подачі деталей (заготовок) в орієнтованому стані для первинної орієнтації. Конструкція і розміри бункерів залежить від розміру і форми деталей (заготовок) та від складності їх орієнтування в просторі;

- **магазин** – для накопичення заготовок в орієнтованому стані. Магазин (накопичувач) компенсує нерівномірність продуктивності бункера. Іноді функції магазину виконує прямий або спіральний лоток. Конструкція магазинів (накопичувачів) різноманітна і залежить від форми і розмірів деталей (заготовок), від технологічних засобів орієнтації;

- **захватно-орієнтувальні механізми** – для захоплення заготовки (деталі) з бункера, її орієнтації та подачі в орієнтованому положенні. Якщо в завантажувальному пристрої є магазин, то захватно-орієнтувальний механізм виключається;

- **лоток** – для транспортування заготовок між функціональними механізмами, завантажувальними пристроями. Лоток може виконувати функції магазину і пристрою вторинної орієнтації;

- **пристрій автоматичної орієнтації** здійснює вторинну орієнтацію заготовок складної форми;

- **кантувач** – механізм для повернення заготовок в процесі транспортування та обробки на верстаті;

- **відсікач** – механізм штучної подачі заготовок (деталей); - **автооператор** – механізм, що здійснює орієнтування і завантаження заготовок (деталей) в робочу зону верстат та їх зняття після обробки. Аналогічно при складанні;

- **живильник** – пристрій, який здійснює переміщення заготовок безпосередньо в робочу зону верстата або в інший завантажувальний пристрій. За характером руху розрізняють живильники зі зворотно поступальним рухом, з обертанням.

Відсікач та живильник працюють синхронно з робочими органами верстата. Подача заготовок в робочі зони у певні моменти циклу, тобто орієнтація деталей (заготовок) в часі.

5.3.1 Магазинні завантажувальні пристрої

Призначені для зберігання, накопичення і переміщення деталей (заготовок). Можуть бути магазинними та штабельними.

Магазинним завантажувальним пристроєм називається пристрій, в якому деталі (заготовки) розташовані в один ряд в орієнтованому положенні. Укладання заготовок до магазину здійснюється вручну. Для збільшення ємності магазину його виконують зигзагоподібним.

Штабельним завантажувальним пристроєм називається пристрій, в якому деталі (заготовки) розташовані в орієнтованому положенні в декілька рядів. Укладання здійснюється вручну.

Магазинні завантажувальні пристрої доцільно використовувати при відносно довгих циклах обробки чи складання (10–15 хв), що дозволяє завантажувати заготовки через великі проміжки часу і в тих випадках, коли за умовами створення більш досконалих завантажувальних пристроїв недоцільно. Магазинні завантажувальні пристрої складаються з таких основних елементів (рис. 5.4):

- власне магазин для накопичення заготовок (деталей) в орієнтованому положенні;
- відсікач – механізм поштучної подачі заготовок в магазин;
- живильник – механізм, який подає заготовки на робочу позицію.

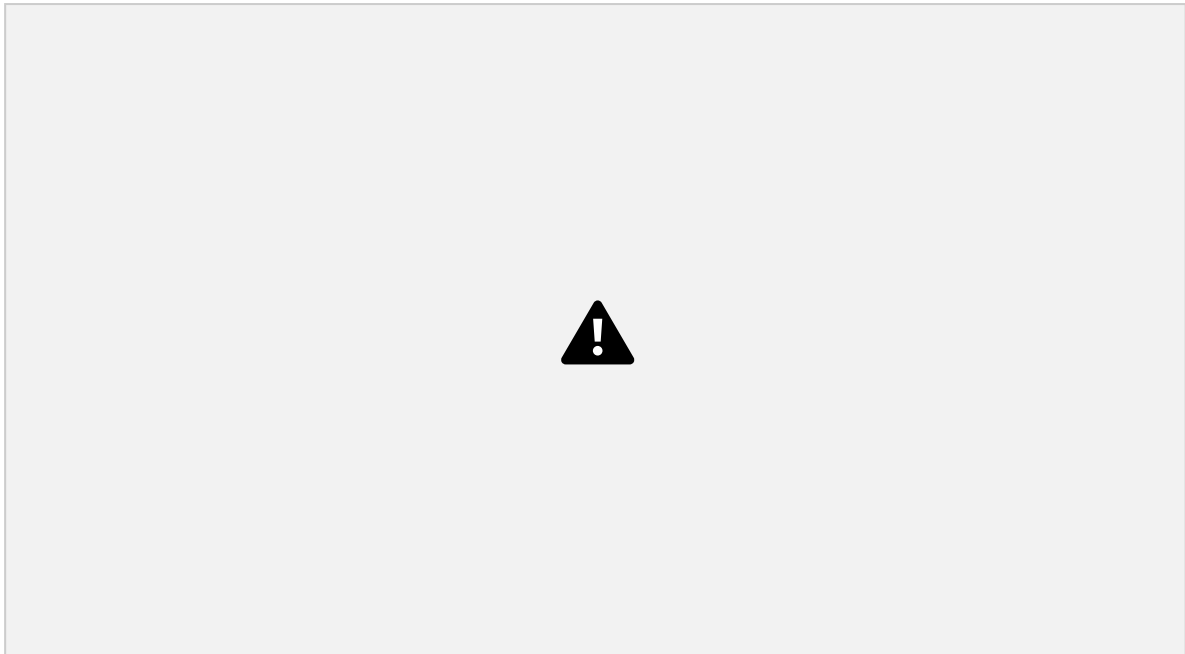


Рисунок 5.4 – Магазинний завантажувальний пристрій

Розрізняють **самоплинні, напівсамоплинні, примусові, комбіновані магазини лоткового типу**. Різновиди лотків показано на рис. 5.5. Вивірку та нахил лотка до його горизонту здійснюють з розрахунків за формулою. Кут нахилу лотків залежить від якості поверхні лотка і стану поверхонь деталей (рис. 5.6).

Ширина лотка:

$$B = L + A, \quad (5.1)$$


де

$$D L A - + = 2$$

+
22

L

f

 (5.2)

77

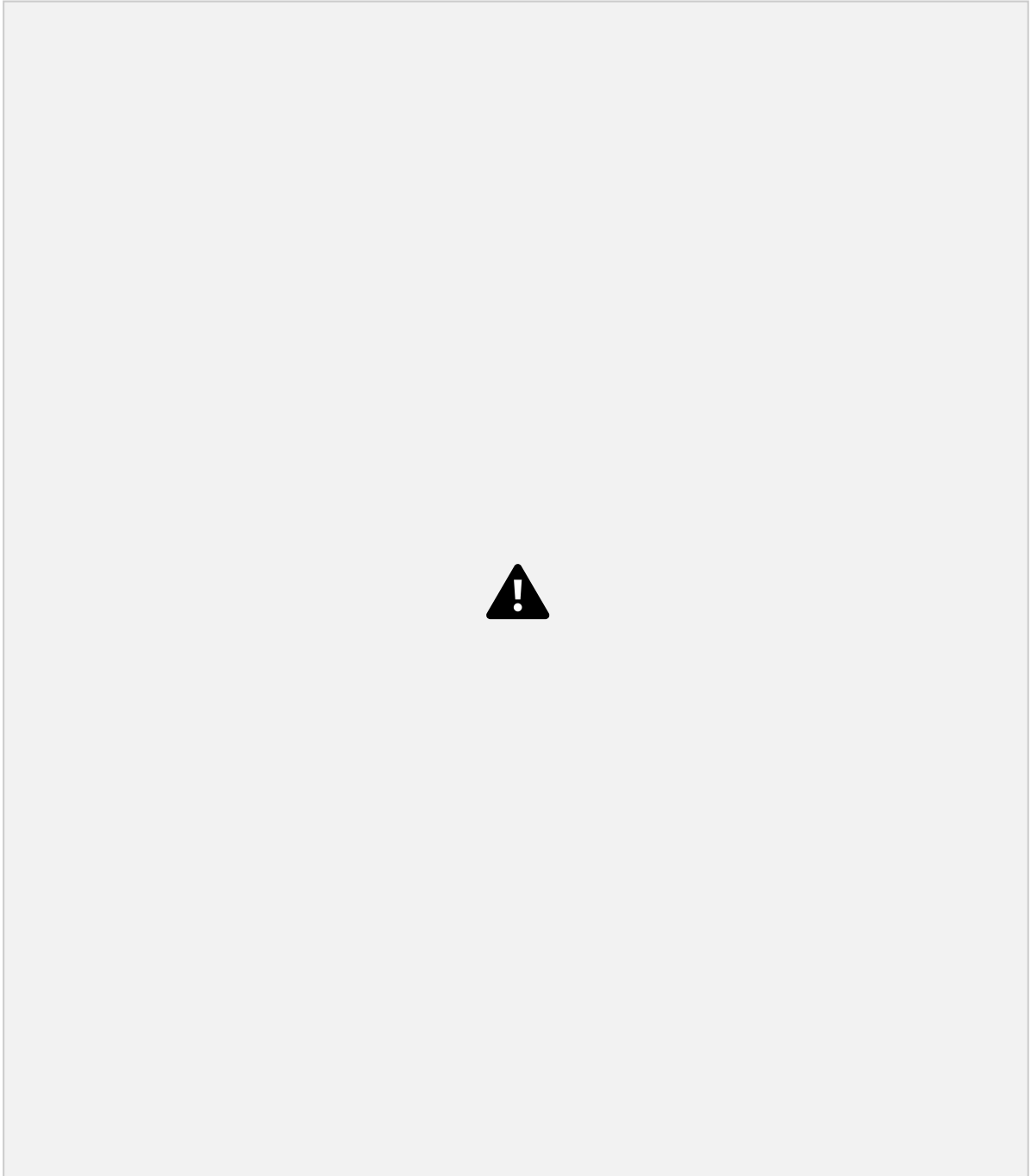


Рисунок 5.5 – Різновиди лотків

Висота борту:

$$B \geq 0,5D.$$

Нахил:

$$^2 \sin y = f \cdot \operatorname{tg} \alpha + f. \quad (5.3)$$