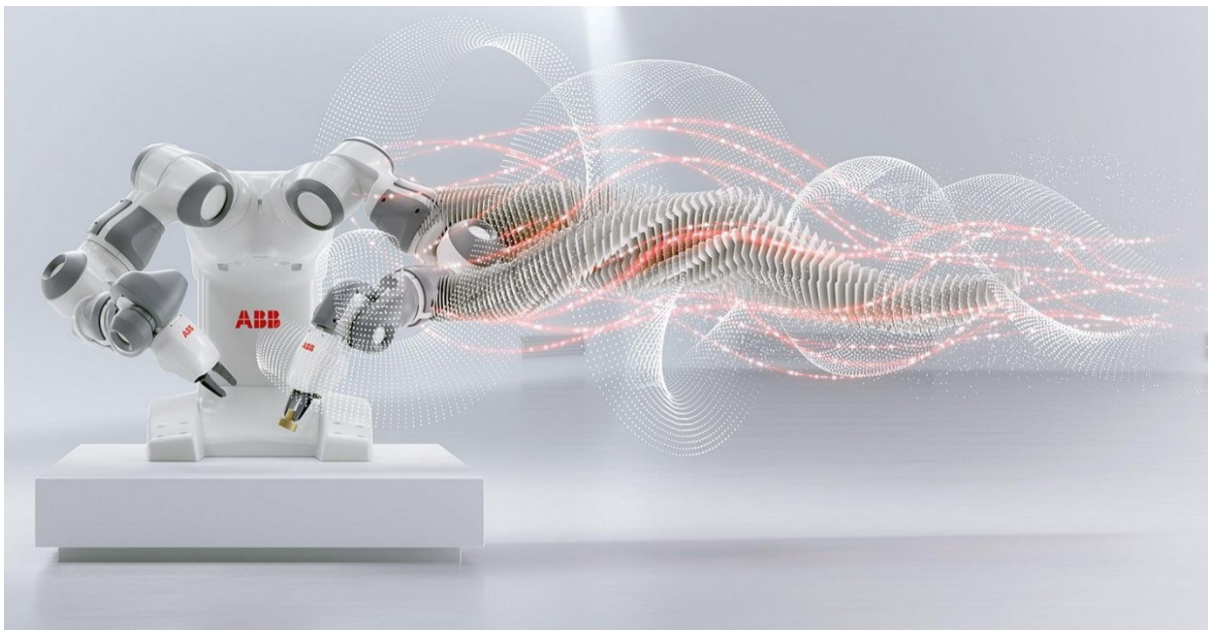


Ю. І. Муляр, С. В. Репінський

Автоматизація виробництва в машинобудуванні

Частина I



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Автоматизація виробництва
в машинобудуванні

Частина I

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2019

УДК 621.0
М90

Рекомендовано до видання Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 30.05.2019 р.)

Рецензенти:

Л. К. Поліщук, доктор технічних наук, професор

В. І. Савуляк, доктор технічних наук, професор

М. І. Іванов, кандидат технічних наук, професор

Муляр, Ю. І.

М90 Автоматизація виробництва в машинобудуванні. Частина I : навчальний посібник / Ю. І. Муляр, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2019. – 99 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, 2019

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	5
1 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 автоматичної машини.....	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

ПЕРЕДМОВА

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 кожний 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 бувшого 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, вибирати 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

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 прогножуються 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).

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 котушку: якщо нитка обривається, спеціальний важіль, з яким з'єднана нитка, повертається проти годинникової стрілки, гальмуючи котушку. 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 Агостино 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

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 XX 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 XX ст. виконували корисні дії (ходили, сиділи, піднімали й опускали руки, рухали пальцями

та ін.), але використовувалися здебільшого в рекламних цілях, з метою демонстрації великих можливостей автоматики. У міру вдосконалення зовнішня схожість роботів з людиною зникала 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 наслідуванням термоскопічному зору восьминогів, ящірок та змій. Як приклад досягнень біоніки можна назвати розробку приладу для передбачення штормів. Давно відомо, що за добу до шторму медузи пливуть 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

математичною основою теорії перемикальних схем для розробки цифрових обчислювальних машин; у 1874 р. інженер Петербургського Монетного двору Вільголт 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 елетротехнічній 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; тріод – 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 окремих 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

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 десятки 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 клавійні 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);

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 автоматики 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.

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.

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 роботі і холості переміщення.

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**:

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

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

$$Q_u = \frac{1}{t_p} = K \text{ [шт./хв]}, \quad (1.3)$$

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

$$Q_u = K \frac{1}{K \cdot t_x + 1} = K\eta \text{ [шт./хв]}, \quad (1.4)$$

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

$$\eta = \frac{1}{K \cdot t_x + 1} = \frac{Q_u}{K} = \frac{t_p}{T}. \quad (1.5)$$

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:

$$Q = \frac{1}{t_p + t_x + t_n}, \quad (1.6)$$

де t_n – 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 втрат відносяться витрати II-VI видів.

Втрати II виду (пов'язані з інструментом):

- заміна інструменту;
- встановлення і регулювання інструменту;
- очікування наладчика;
- 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 автоматичності.
4. Основні складові трудового процесу. Їх характеристика.
5. Що таке автоматика?
6. Розкрийте поняття механізації та автоматизації. Які види механізації та автоматизації розрізняють?

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.

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 металоемність 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 металоемною 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. Розчленовування 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;

6) 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 ВПД; 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 тврдосплавних 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. Машини квазібезперервної дії, в яких здійснюється переміщення інструментів і оброблюваних деталей, тобто обробка проводиться в процесі транспортування.

Продуктивність машини I класу визначається за формулою:

$$Q = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_m + t_x + t_z + t_{\text{роз}} + t_{\text{мп}}}, \quad (2.1)$$

де t_m – машинний час;

t_x – час холостого ходу;

t_z – час який витрачається на фіксацію і затиск;

$t_{\text{роз}}$ – час на звільнення (розтиск, розфіксацію);

$t_{\text{мп}}$ – 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:

$$Q = \frac{v_T}{h} = \frac{v_T}{l + a}, \quad (2.2)$$

де v_T – 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, перебиваються, відповідно продуктивність їх значно вища.

Продуктивність машин III кл.:

$$Q = \frac{v_{\text{ТР}}}{h} = \frac{v_{\text{ТР}}}{l + a}, \quad (2.3)$$

де $v_{\text{ТР}}$ – швидкість транспортування.

В цій формулі швидкості транспортного і технологічного переміщень не залежать одна від одної, тому продуктивність теоретично може бути як завжди високою. Однак і в машинах, де обробка деталі виконується під час транспортування, збільшення продуктивності залежить від $v_{\text{ТР}}$ і від

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).

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

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}; \quad (3.2)$$

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).

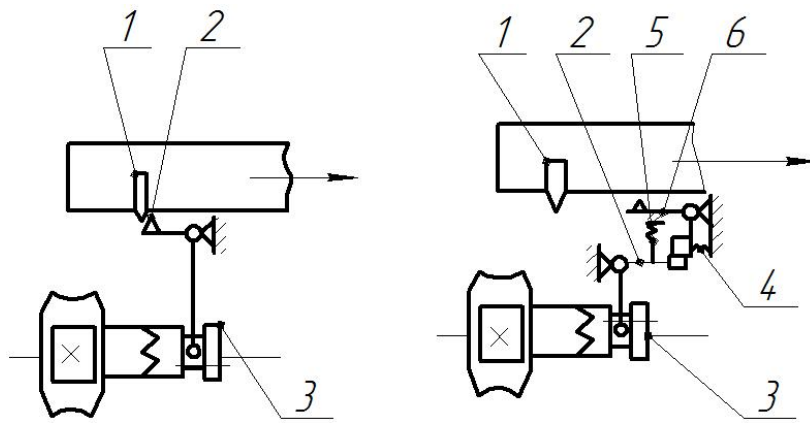


Рисунок 3.1 – Автоматичні зупинники (механічні датчики):
1 – упор; 2 – важіль; 3 – муфта; 4, 5 – пружини; 6 – защіпка

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.

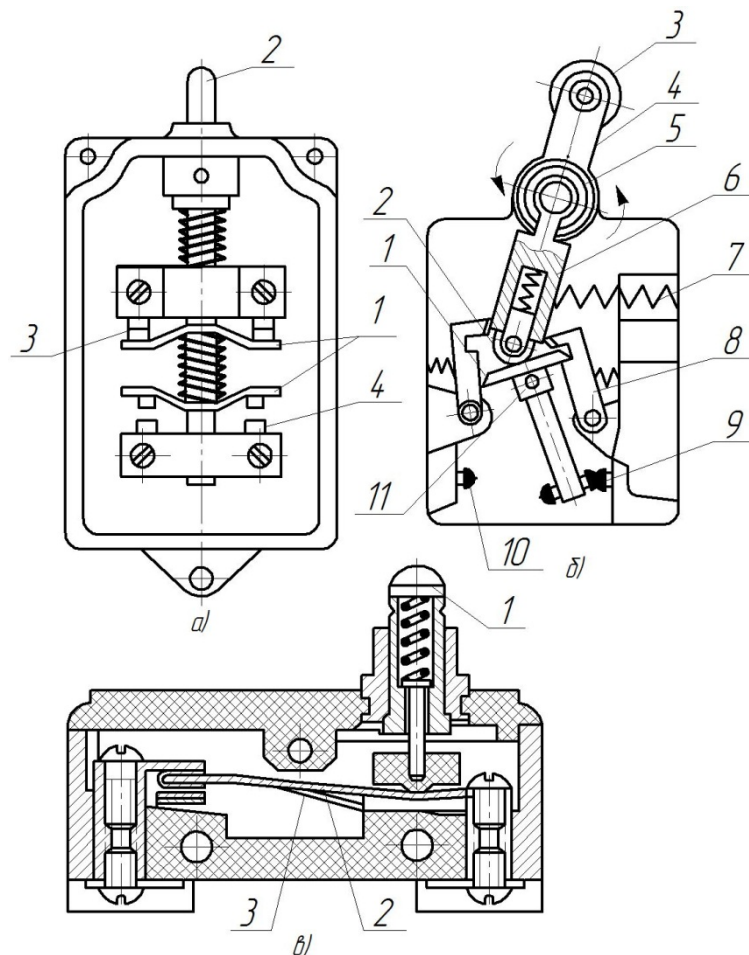


Рисунок 3.2 – Електроконтактні шляхові датчики:
 а) – простий; б) – моментний; в) – мікроперемикач

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 служби, 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 ярір і їх використовують для малих переміщень; **диференційні** датчики складаються з двох симетрично розташованих котушок індуктивності та одного спільного яроя. При точному середньому положенні яроя 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).

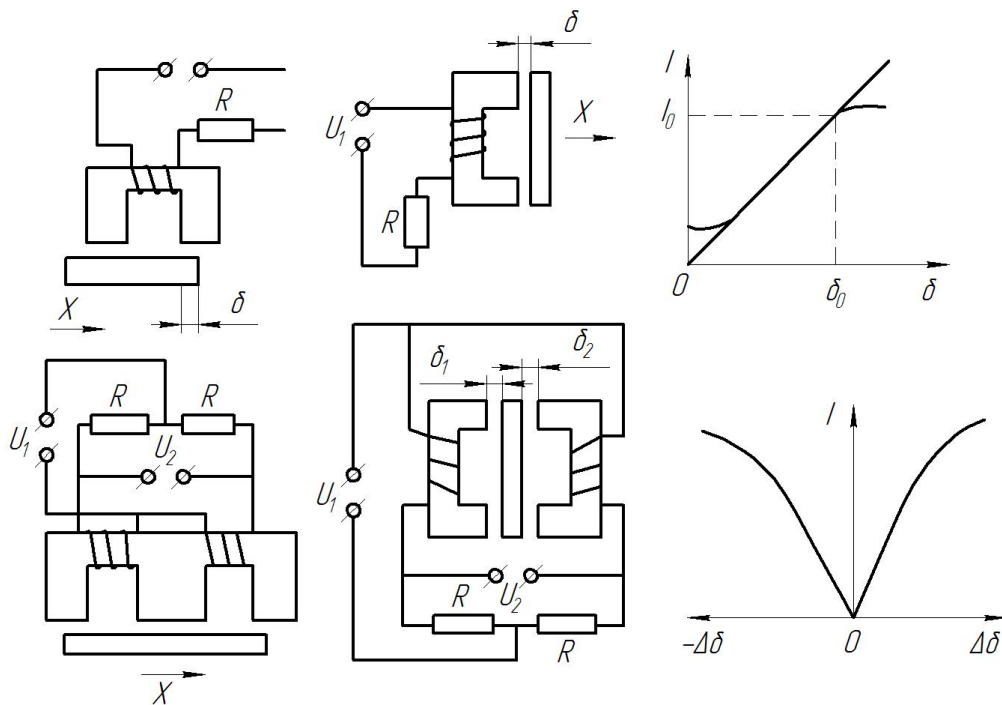


Рисунок 3.3 – Індуктивні датчики

Прикладом конструкції може слугувати індуктивний датчик (рис. 3.4), який має дві котушки 1 та 3 з обмотками. Між котушками розташований ярір 2, який знаходиться під дією штока 4. Первинні обмотки котушок ввімкнені послідовно та живляться змінним струмом. Вторинні обмотки ввімкнені зустрічно, тому, коли ярір знаходиться у середньому положенні, напруга на виході датчика дорівнює нулю. При переміщенні яроя повітряний зазор у одній котушці 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

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.

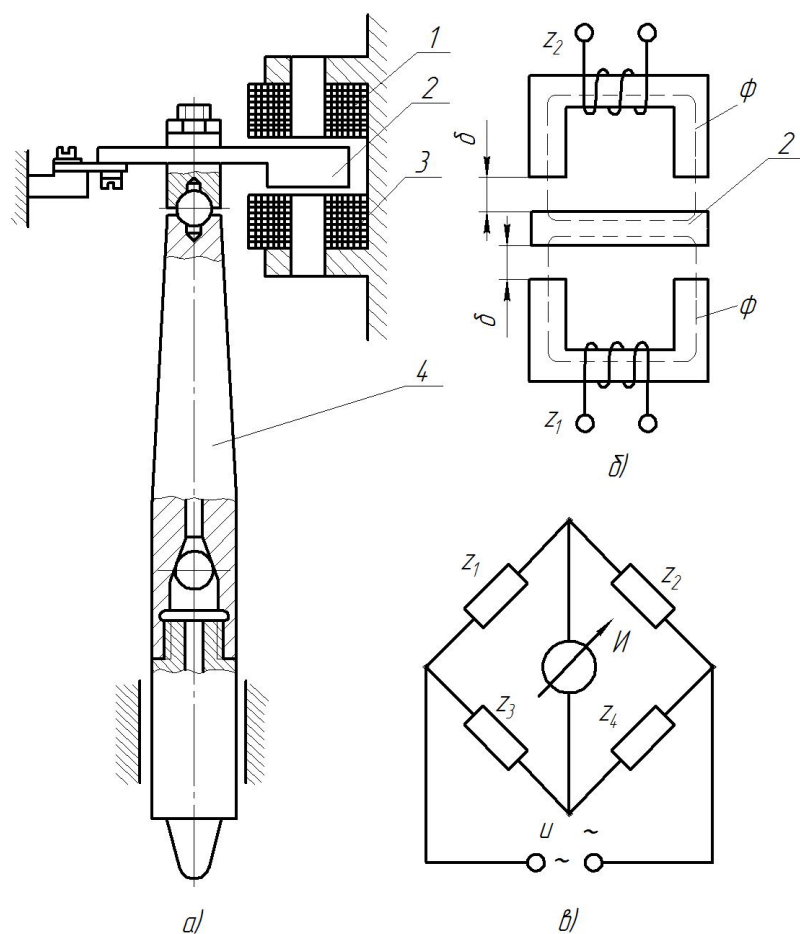


Рисунок 3.4 – Приклад індуктивного датчика:
а) – конструкція; б) – схема дії; в) – місткова схема вмикання

Індуктивність котушки з феромагнітним сердечником і невеликим повітряним зазором:

$$L = \frac{w^2}{Z_m}, \quad (3.3)$$

а струм в обмотці

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + w^2 L}}, \quad (3.4)$$

де w – кутова частота;

Z_m – магнітний опір сердечника і зазора;

R – активний опір;

U – напруга.

3.2.2.4 Гідралічні 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).

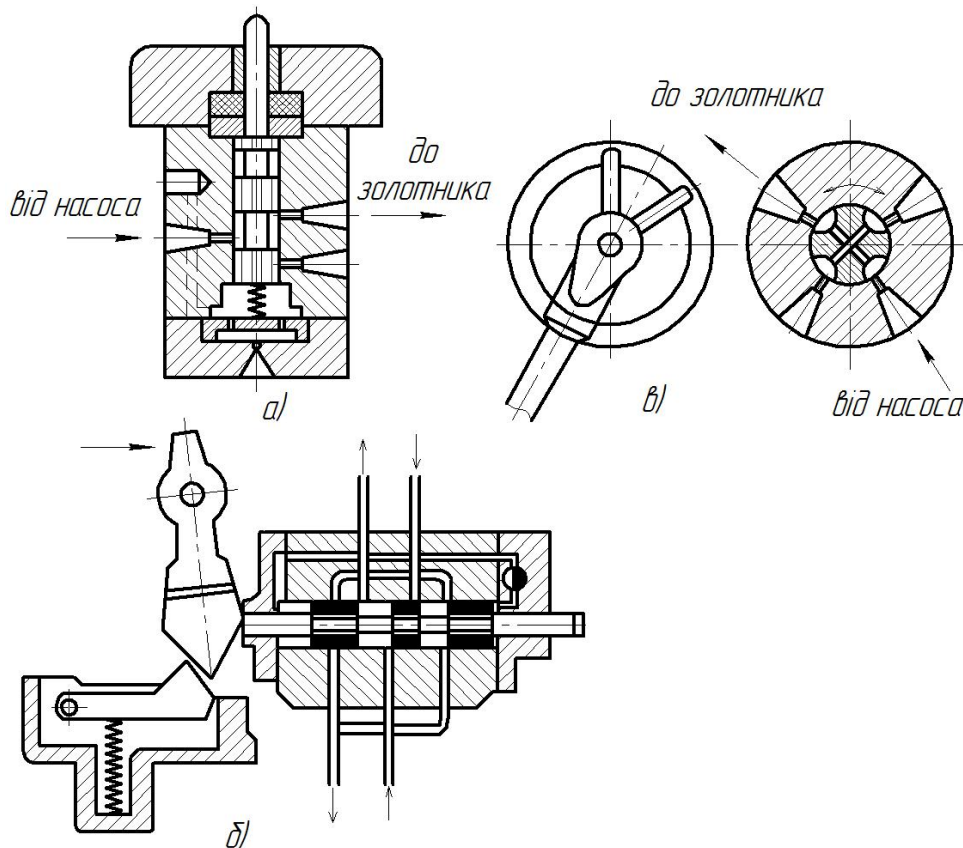


Рисунок 3.5 – Гідралічні датчики золотникового типу:
а) – осьовий; б) – лінійний; в) – поворотний

Гідралічні датчики бувають дво-, три- і чотирьопозиційні. Слугують для вмикання, перемикавання і вимкнення 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 спрацьовують 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:

- 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 контактної, так і безконтактної типу. Найбільшу цікавість становлять безконтактні сельсини (рис. 3.6).

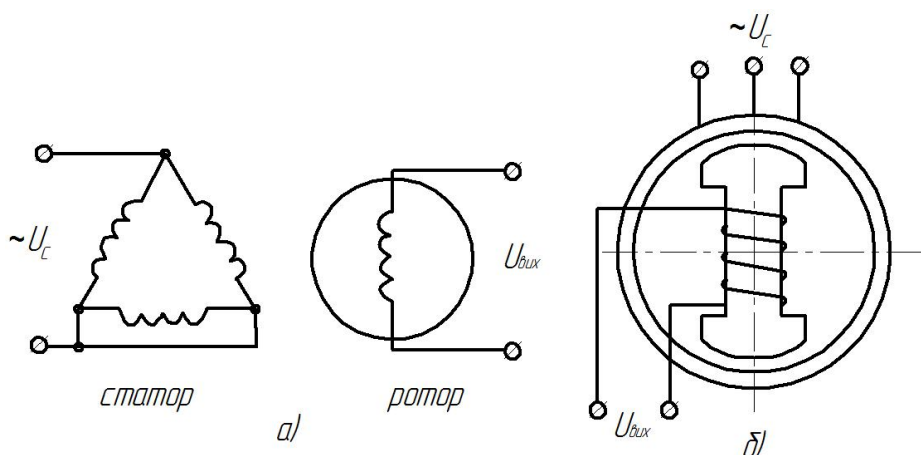


Рисунок 3.6 – Схеми сельсина: а) – електрична; б) – принципова

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 $0,5^\circ$.

Обертвий 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. Оберткові трансформатори дозволяють перетворити кутовий рух в безперервно змінну напругу змінного струму від функції кута повороту або \sin (\cos) цього кута залежно

від способу включення обмоток трансформатора. Повітряний зазор між ротором і статором постійний.

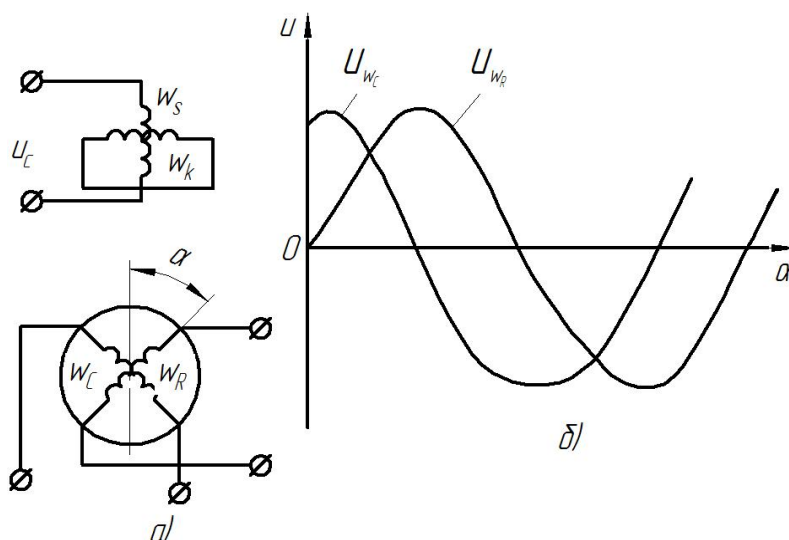


Рисунок 3.7 – Двополюсний обертовий трансформатор: а) – електрична схема; б) – діаграма напруг; W_S – обмотки статора; W_K – обмотки ротора

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 сельсінів $\pm(1-3)'$):

$$E = \frac{\sin \alpha}{1 + k_t \cos \alpha}, \quad (3.5)$$

де k_t – коефіцієнт трансформації;
 α – кут повороту.

Індуктивні датчики

Конструкції таких датчиків та принцип їх дії аналогічні вищерозглянутим 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).

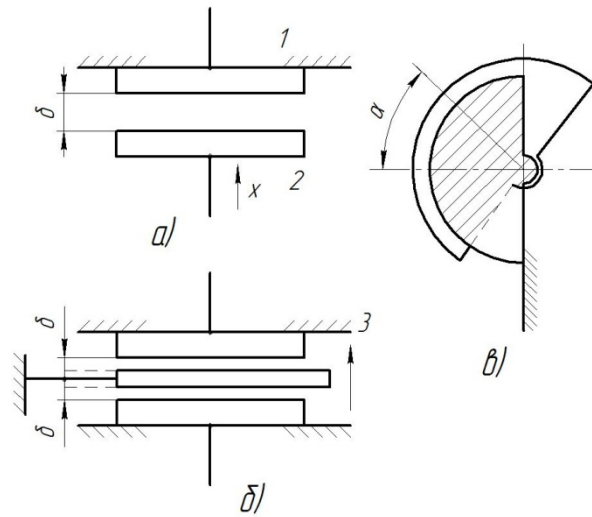


Рисунок 3.8 – Ємнісні датчики:

- а) – із перемінною відстанню між пластинами; б) – диференціальний;
- в) – із змінною активною площею пластини

Реостатні датчики (потенціометричні) (рис. 3.9).

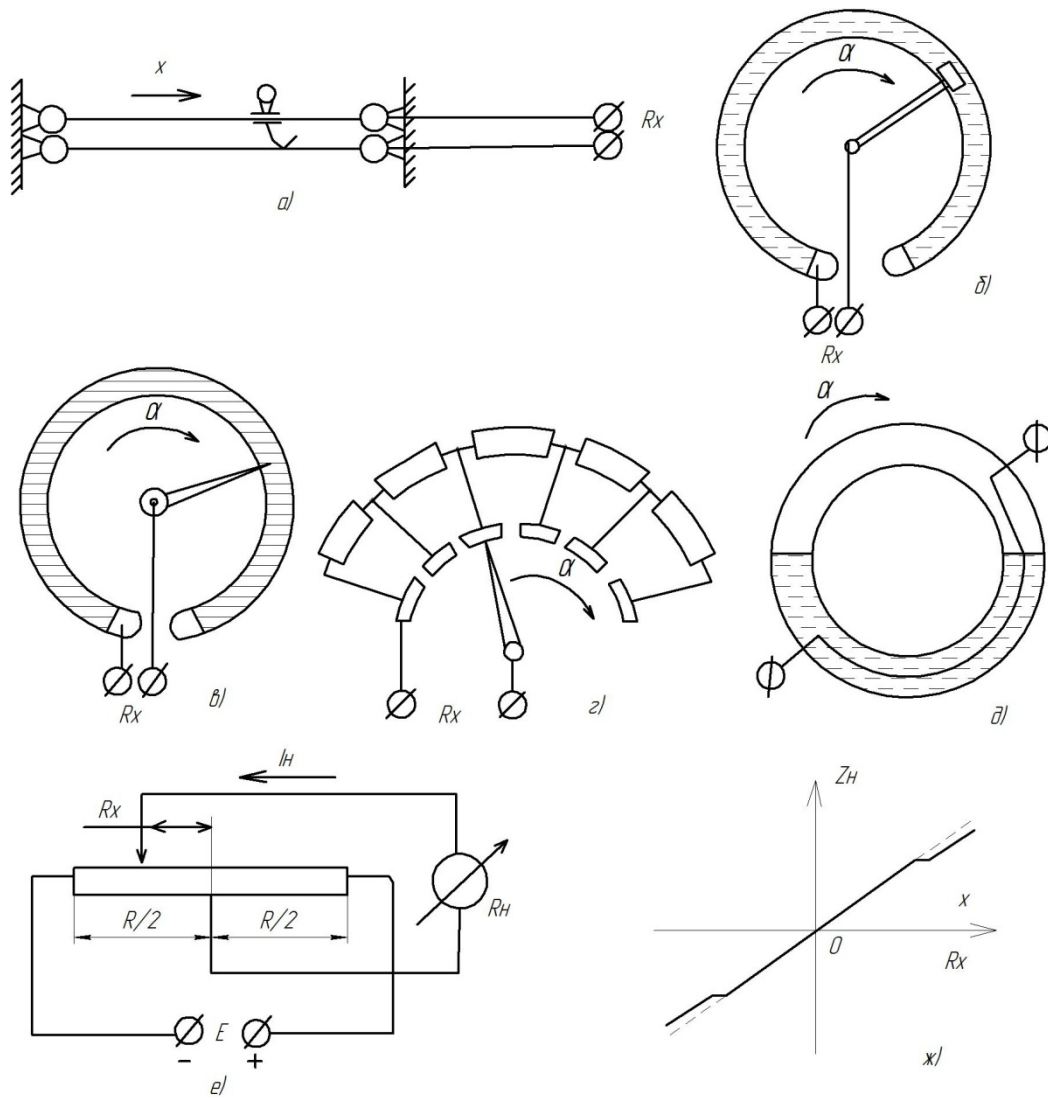


Рисунок 3.9 – Реостатні датчики

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.

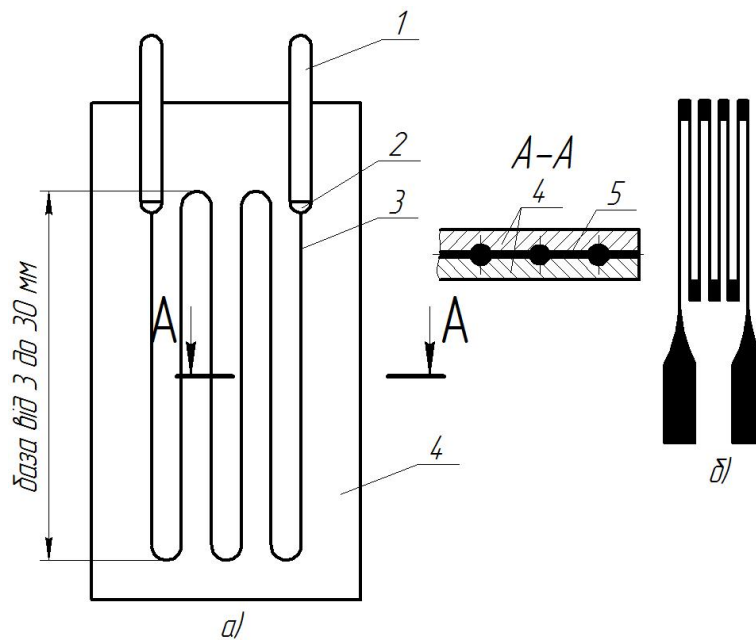


Рисунок 3.10 – Тензодатчики: а) – із дроту; б) – із фольги;
1 – виходи; 2 – місце паяння; 3 – дріт; 4 – папір; 5 – клейовий прошарок

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).

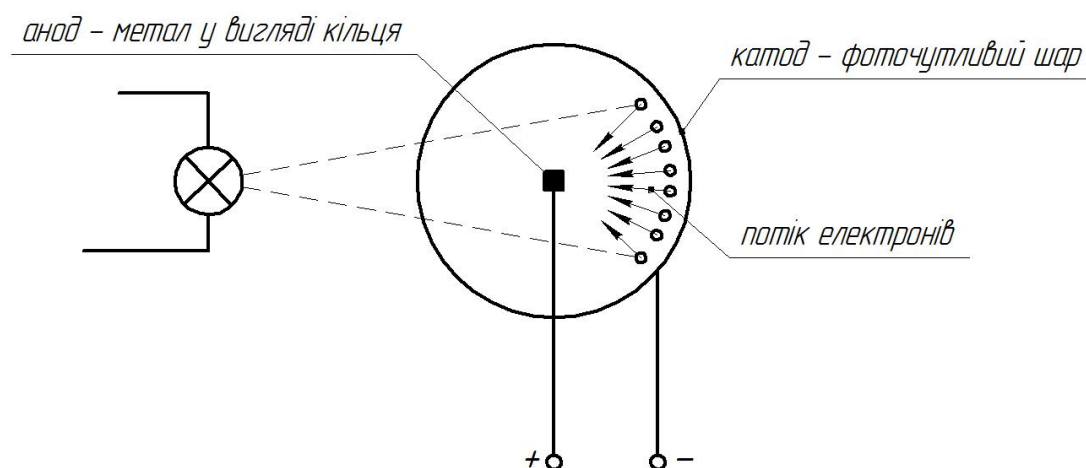


Рисунок 3.11 – Фотоелемент із зовнішнім фотоелементом

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) проміннів. До недоліків фотоопорів потрібно віднести нелінійність світлових характеристик, інерційність, температурну похибку і наявність темного струму за відсутності освітлення.

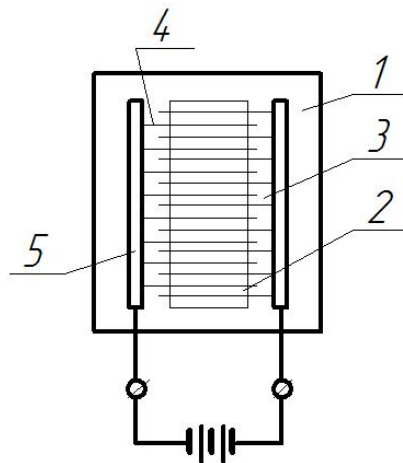


Рисунок 3.12 – Фотоелемент із внутрішнім фото ефектом (фотоопір)

Вентильний фотоелемент (рис. 3.13)

Вентильний фотоелемент (має запірний шар) складається зі сталевій 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 притиснуте контактне кільце 5. Фотоелемент розміщений в кожусі 6.

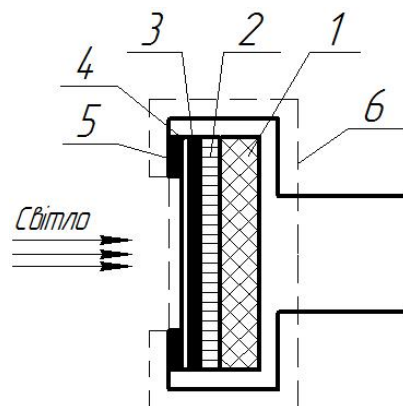


Рисунок 3.13 – Вентильний фотоелемент

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 електричній системі, пневмосистемі, гідросистемі або у вузлі верстата досягне певної, наперед заданої величини.

Пневматичні датчики з сиффонами

Наприклад, для досягнення високої чутливості при роботі на малому тиску застосовують пневматичні датчики з **сиффонами**.

Сиффон – це гофрована металева трубка, здатна пружно змінювати свої розміри і форму внаслідок різниці зовнішнього та внутрішнього тиску.

У використовуваних конструкціях сиффонів існує пряма залежність між різницею тиску і довжини сиффона. Ця властивість дозволяє одержувати дуже чутливий силковий датчик. Найбільший хід сиффона 5–10 мм, а діаметр 20–120 мм.

На рисунку 3.14 показана схема пневматичного сиффонного датчика.

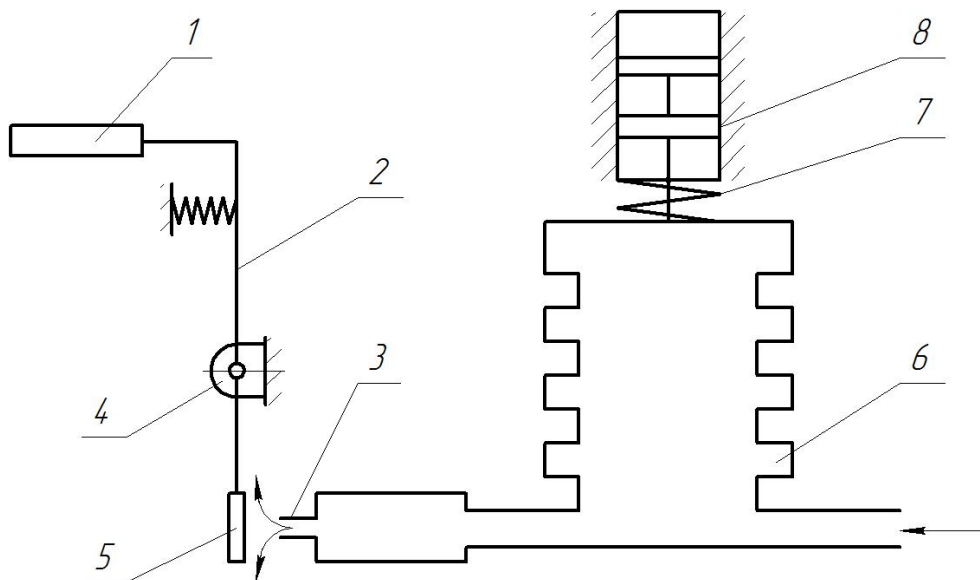


Рисунок 3.14 – Пневматичний датчик із сиффоном

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 сиффон 6 подовжується. Долаючи дію пружини 7, сиффон 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.

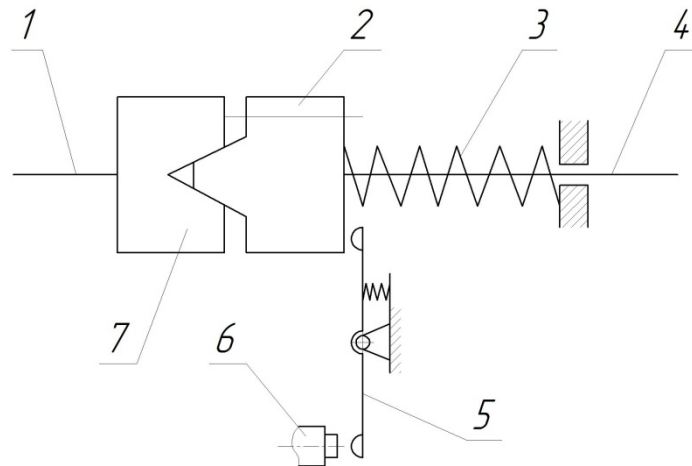


Рисунок 3.15 – Електромеханічний силовий датчик

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.

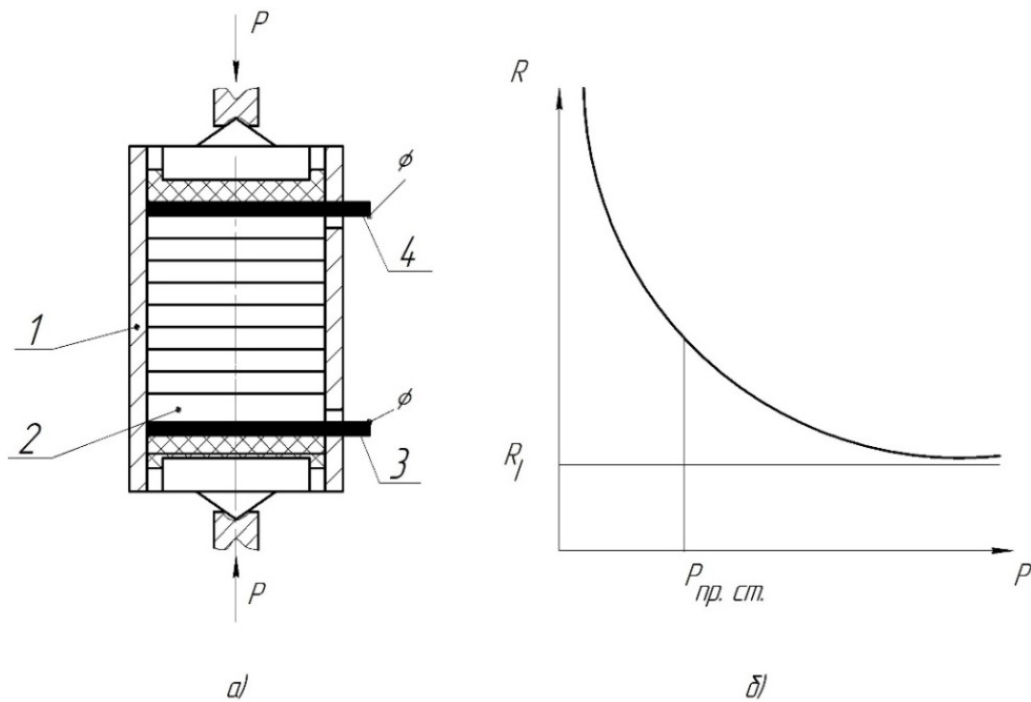


Рисунок 3.16 – П'єзоелектричний датчик:

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.

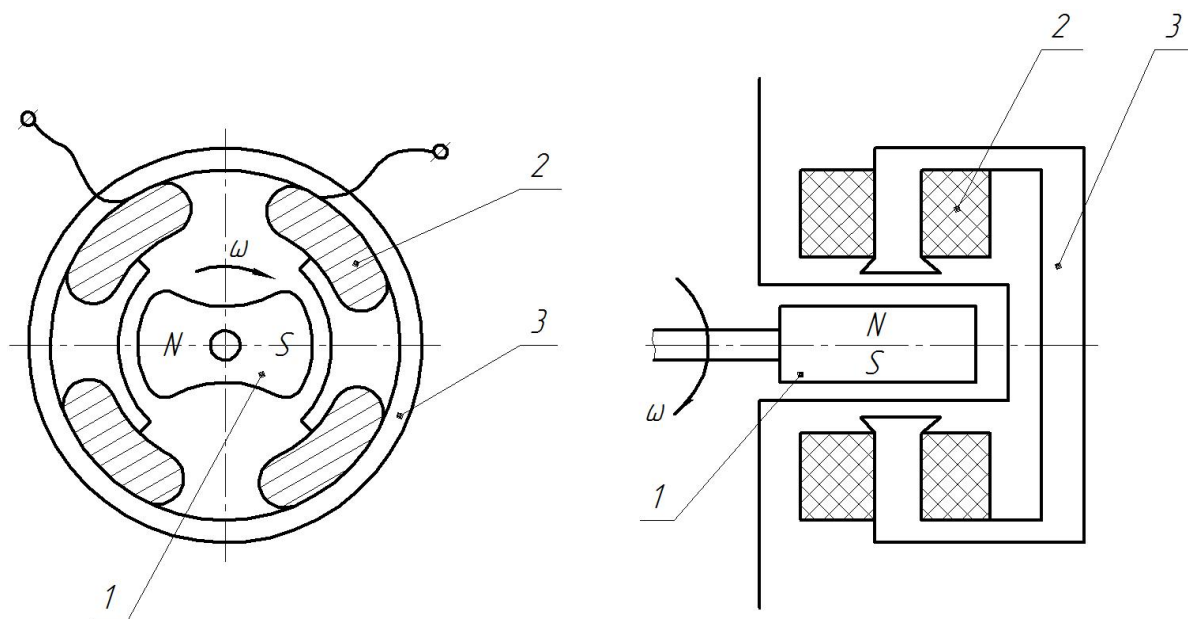


Рисунок 3.17 – Схема датчика типу РКС:
1 – постійний магніт; 2 – обмотка; 3 – магнітопровід

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 сигналу 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 якор (рис. 3.18). Переміщення якоря викликає замикання (або розмикання)

контактів керованого електричного кола. Ці реле можуть бути використані для постійного струму будь-якої полярності і для змінного струму.

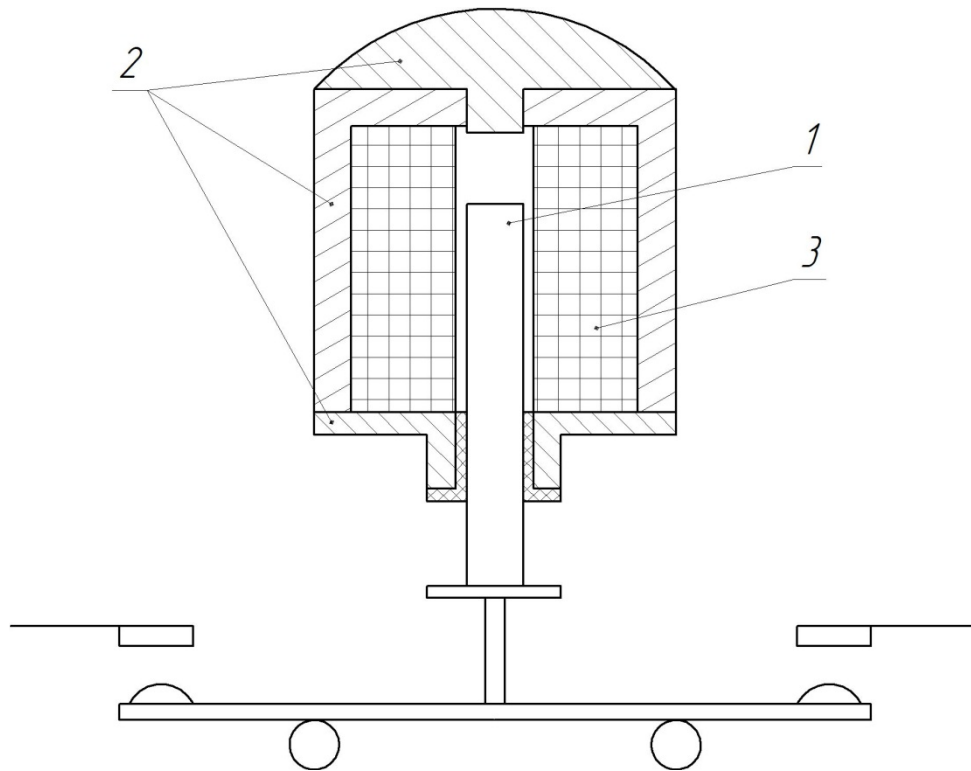


Рисунок 3.18 – Електромагнітне нейтральне реле:
1 – якор; 2 – сердечник; 3 – котушка

При припиненні дії струму датчика якор 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 залізного яру. За відсутності струму в обмотці якор 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 якор вліво або вправо. Магнітне поле праворуч підсилюється, тому що є сумою двох полів, а ліворуч послаблюється, тому якор повертається за годинниковою стрілкою і замикає правий контакт.

При включенні струму в протилежному напрямку, якор замкне лівий контакт.

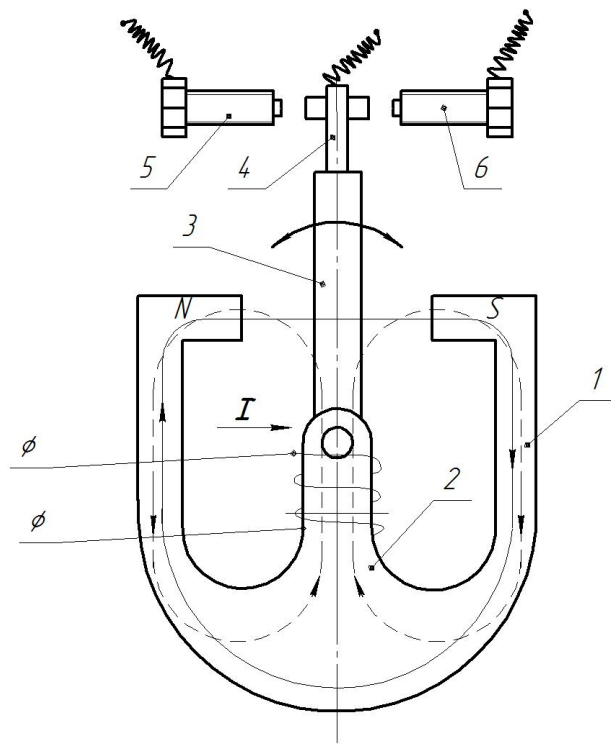


Рисунок 3.19 – Поляризоване реле:
 1 – постійний магніт; 2 – обмотка реле; 3 – яркір; 4 – контактна пластина;
 5, 6 – контактні гвинти

Висока чутливість – сила струму спрацьовування $I = 0,00001$ А, час спрацьовування – тисячні частки секунди.

Магнітоелектричні реле (більш чутливі, ніж поляризовані) (рис. 3.20).

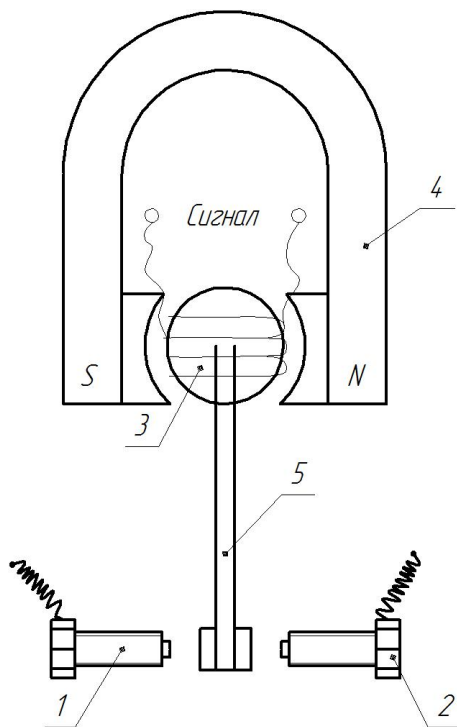


Рисунок 3.20 – Магнітоелектричне реле

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 О 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.

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.

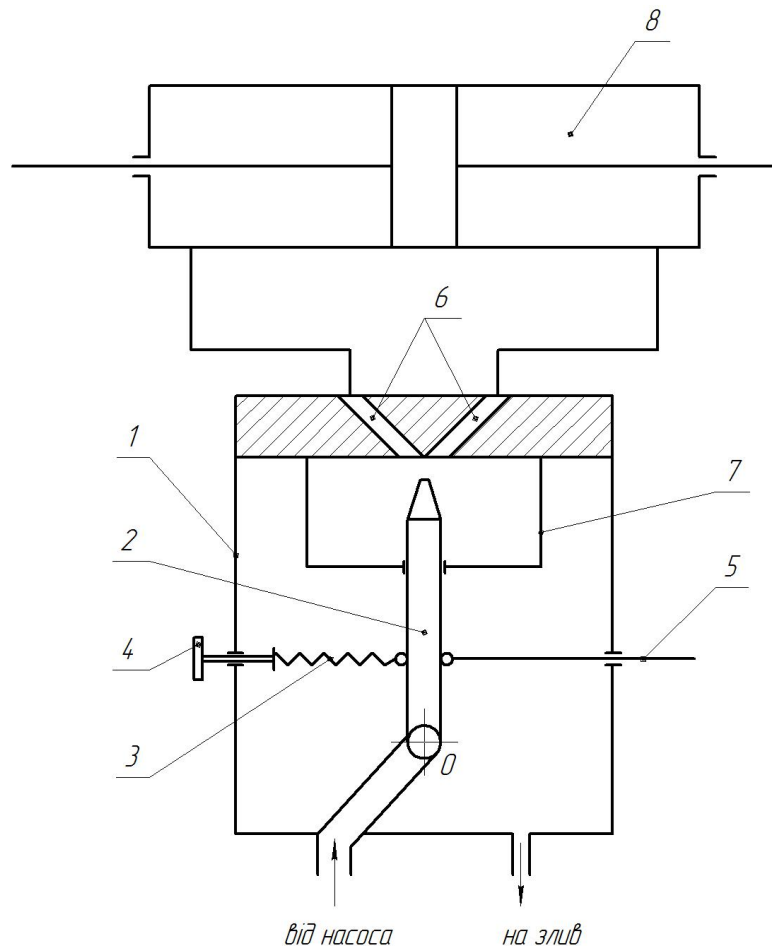


Рисунок 3.21 – Схема гідропідсилювача:

- 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).

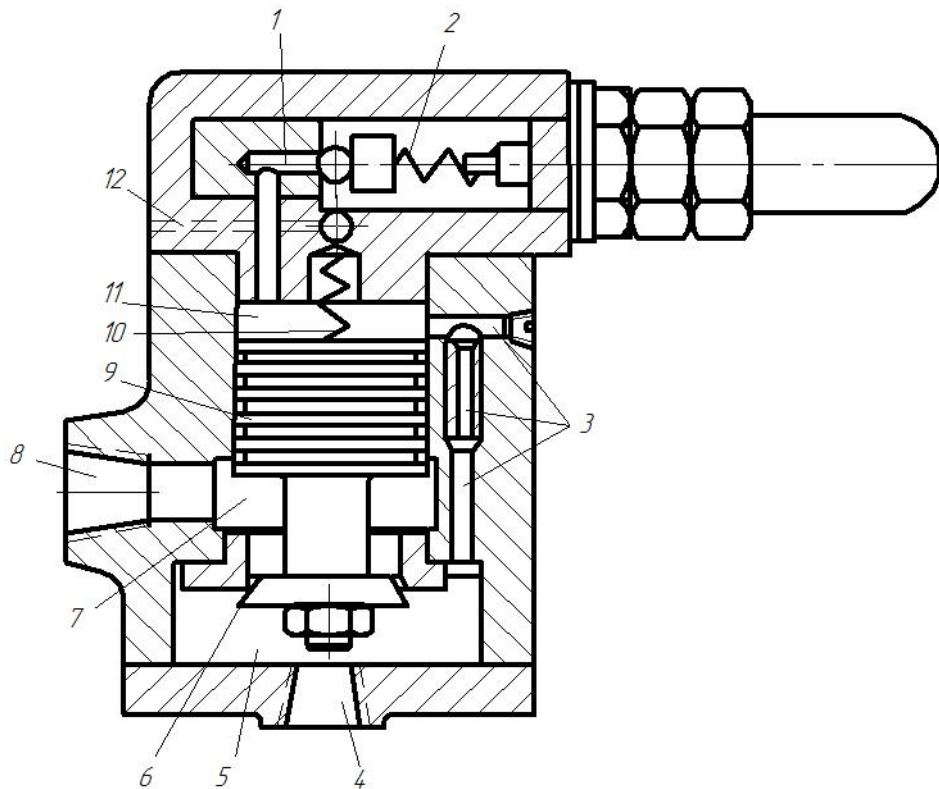


Рисунок 3.22 – Редукційний клапан

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).

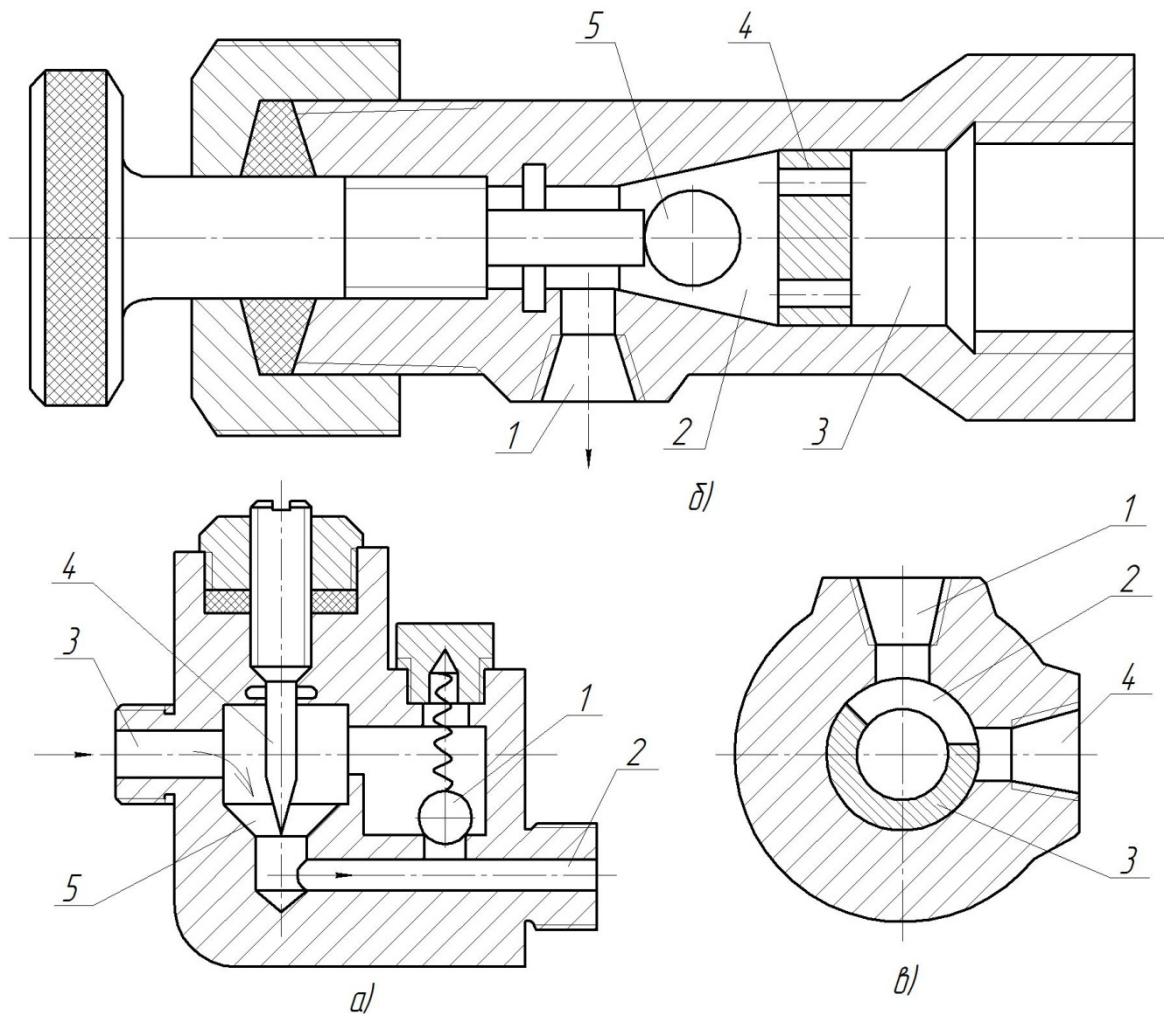


Рисунок 3.23 – Дроселі:
 а) – голчастий; б) – кульковий; в) – щілинний

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 впускати 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.

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 десятки 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 пропускнуою здатністю (рис. 3.24).

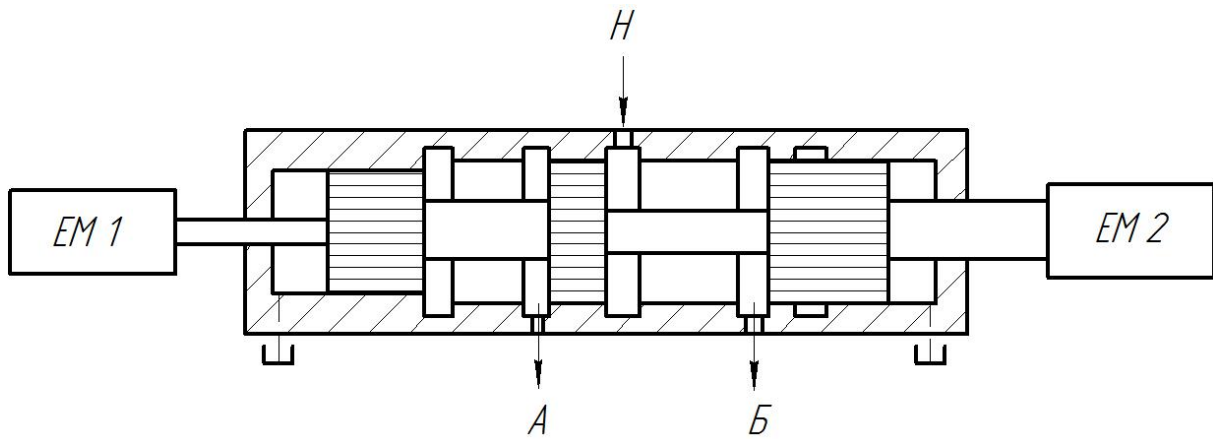


Рисунок 3.24 – Схема двопозиційного золотника

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 вимкнених 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).

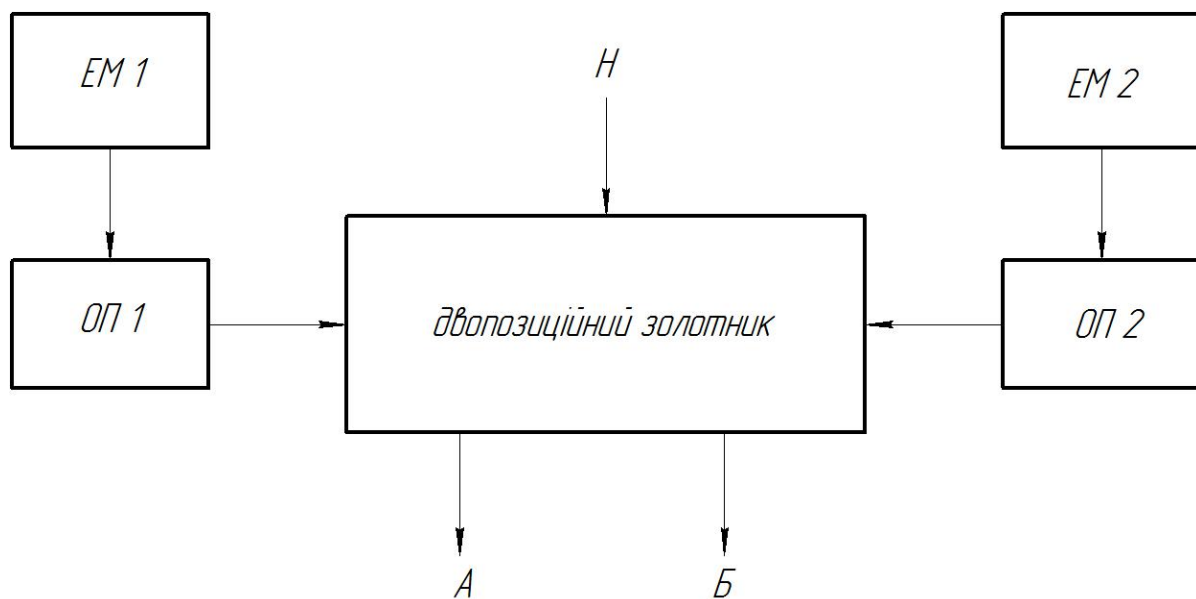


Рисунок 3.25 – Золотник з осьовими пілотами

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 **однорискові і багатодискові муфти**.

Однорискові – 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 сталевго кільця 9 корпусу (рис. 3.26). При відключенні струму якір 6 відтискається від корпусу пружинами 8.

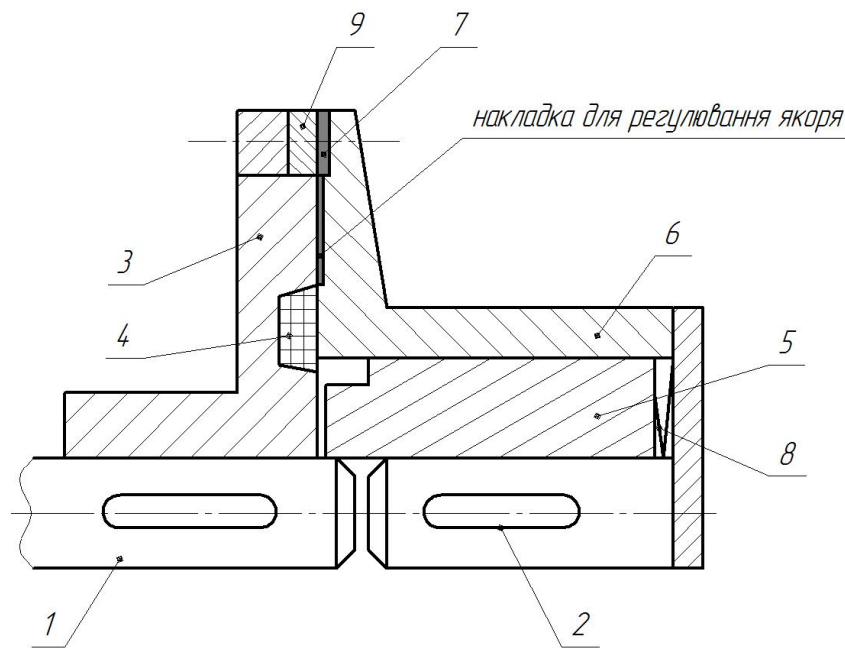


Рисунок 3.26 – Схема електромагнітної муфти:
 1, 2 – вали; 3 – корпус муфти; 4 – котушка; 5 – втулка; 6 – якір;
 7 – фрикційні накладки; 8 – пружина; 9 – кільце

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).

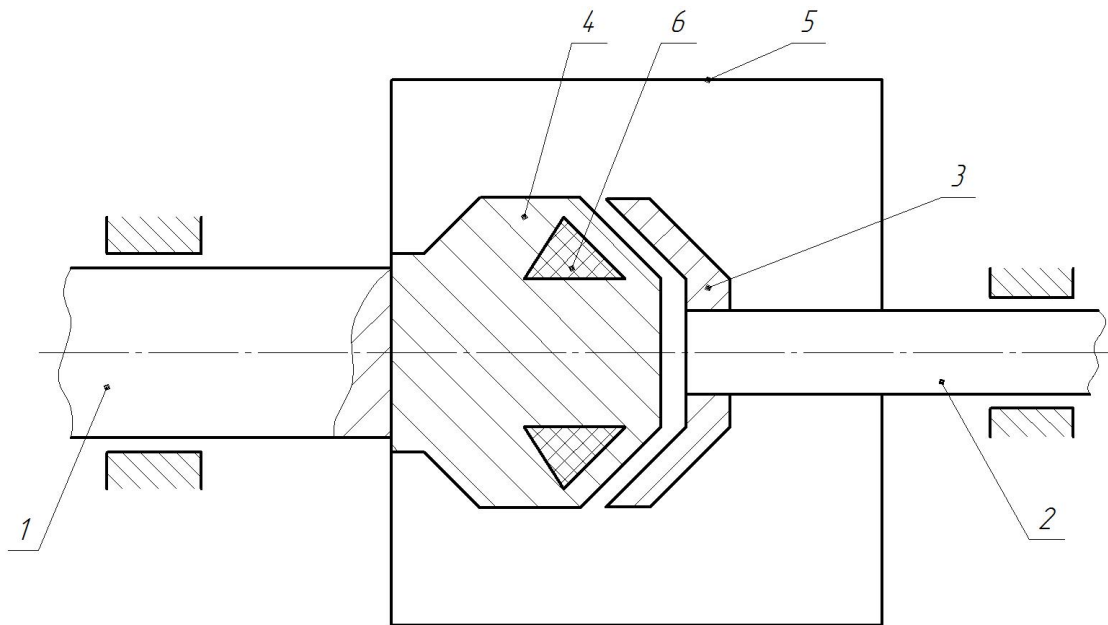


Рисунок 3.27 – Феропорошкова електромеханічна муфта

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.

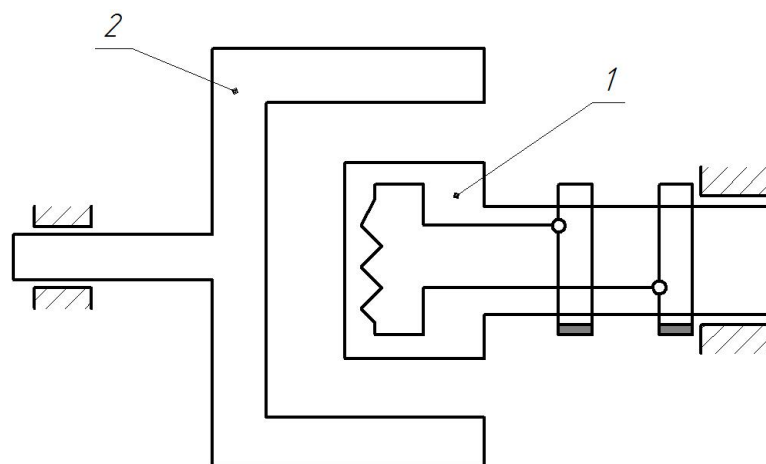


Рисунок 3.28 – Муфта ковзання

Робота основана на тому, що при обертанні індуктора 1, закріпленого на одному валові, його магнітне поле перетинає ярів 2, закріплений на

іншому валові, і індукує 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).

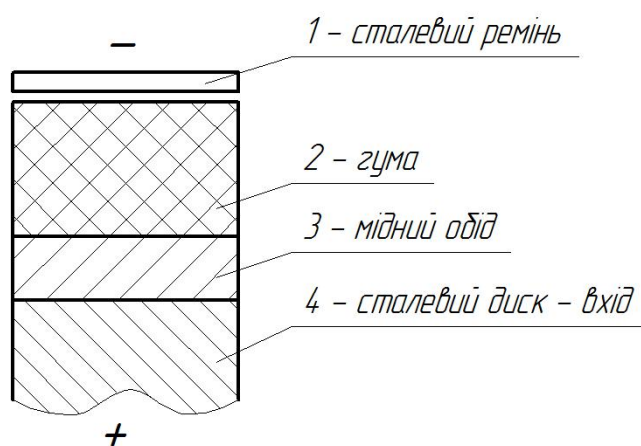


Рисунок 3.29 – Конденсаторна муфта

Напруга між елементами 4 і 1 створює силу притягання, що перешкоджає проковзуванню ремня 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 перетворюється, у механічну – поворот вала.

Розглянемо деякі специфічні електродвигуни.

Для одержання малих лінійних переміщень інструментів, необхідних при обробці точних деталей, на прецизійних верстатах застосовують **магнітострикційні двигуни**. Такі двигуни забезпечують мікронну подачу і малі швидкості при простій конструкції і зручності експлуатації.

Магнітострикція полягає в зміні розмірів феромагнітних матеріалів при намагнічуванні. Зміна становить мільйонні частки міліметрів. Найбільш часто застосовують подовжню лінійну магнітострикцію, при якій розміри зразка змінюються в напрямку магнітного поля. Магнітострикція

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 магнітострикцію.

Для збільшення магнітострикційного ефекту деталі з магнітострикційних матеріалів піддають термічній обробці.

Схема магнітострикційного привода показана на рисунку 3.30.

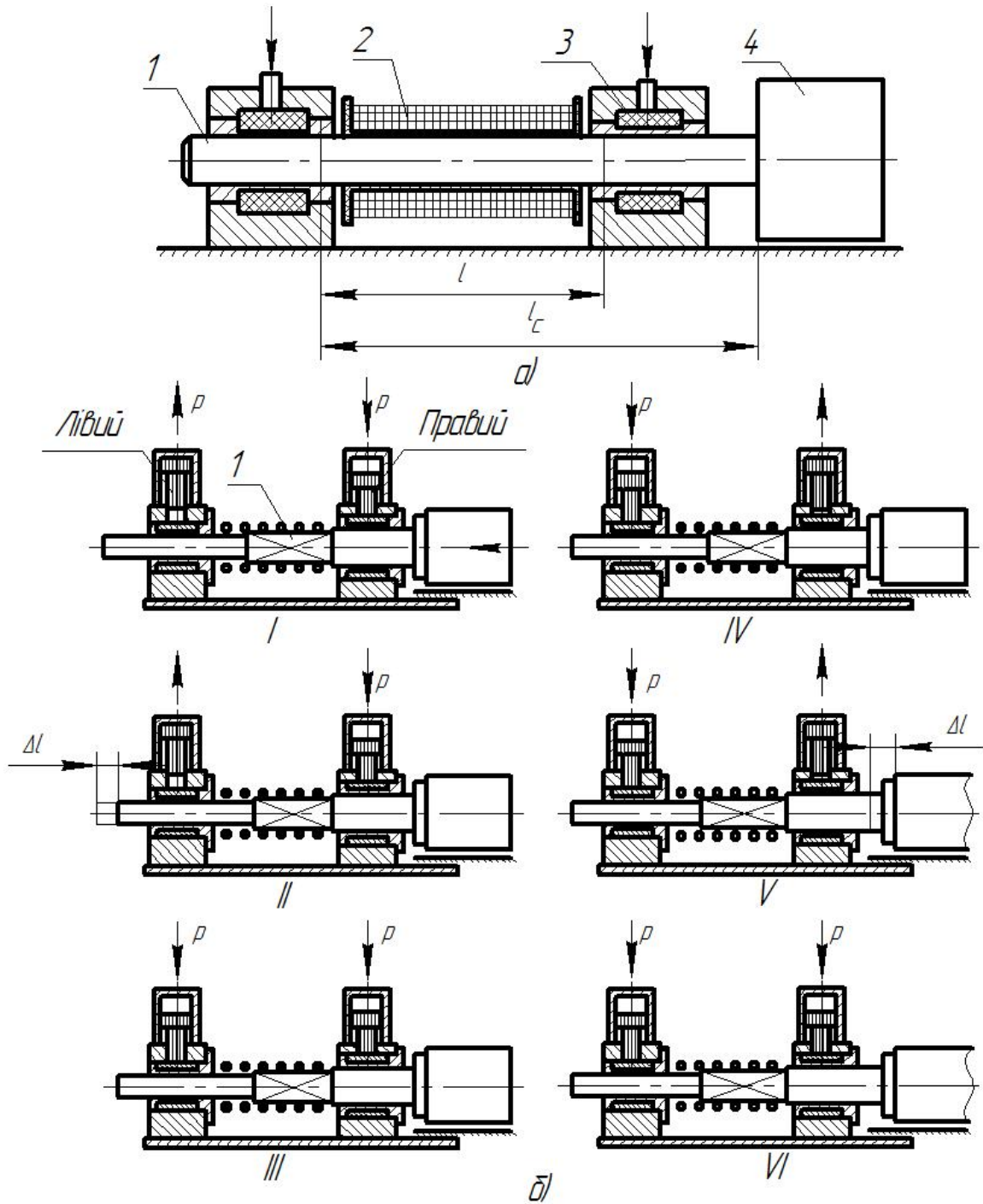


Рисунок 3.30 – Магнітострикційний двигун:
а) – схема; б) – послідовність дії

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 магніострикцією, 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 магніострикційного 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 магніострикції). 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 $\alpha^\circ = t^\circ / 3$.

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:

$$K = 360^\circ / \alpha^\circ = 360^\circ \cdot 3 / t^\circ = 1080^\circ / t^\circ.$$

Для отримання малої величини переміщення ротора за один імпульс величина кроку для, наприклад, двигунів типу ШД-4 становить $t = 1,5$.

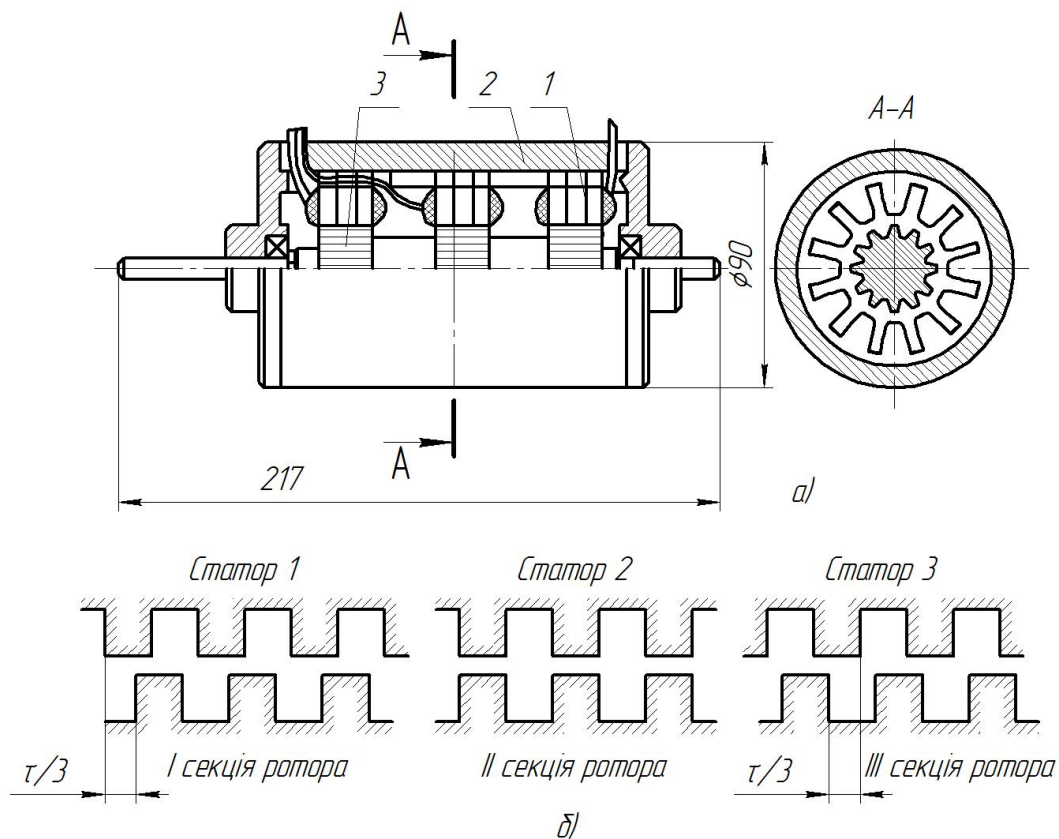


Рисунок 3.31 – Кроковий двигун: а) – конструкція; б) – схема

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 оберտального 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).

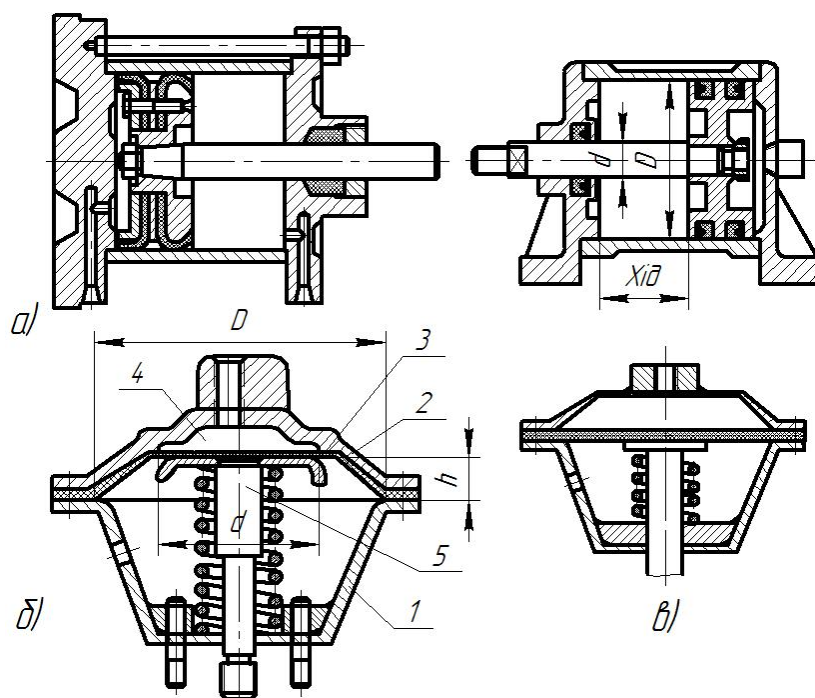


Рисунок 3.32 – Пневмодвигуни: а) – поршневі; б) – діафрагмові з чашкоподібною діафрагмою; в) – з плоскою діафрагмою

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 МЕТАЛОРІЗАЛЬНИМИ 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

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 штовхача за допомогою розподільчого валу з приводом та іншого механізму, який виконує функцію пристрою введення інформації. Важільний 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.

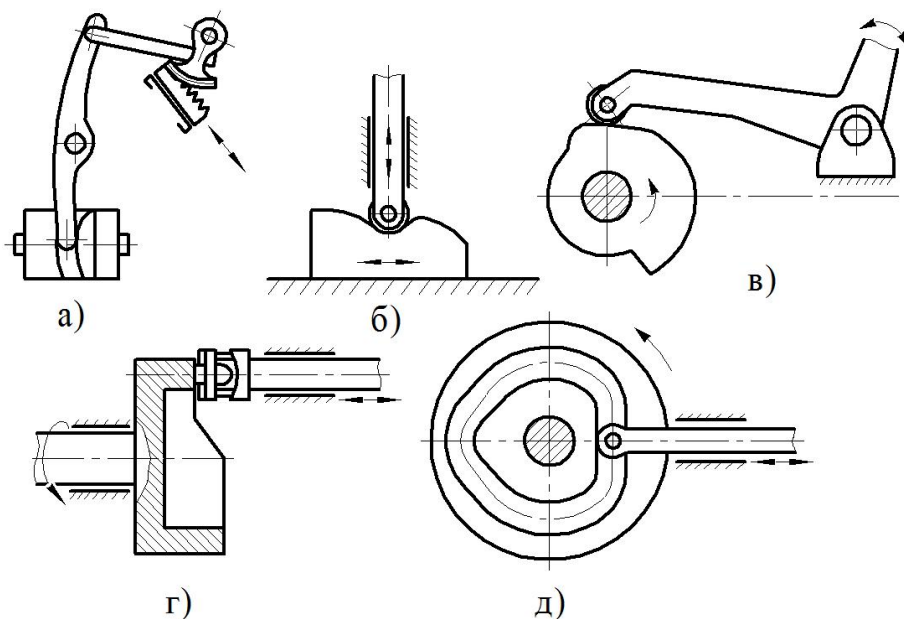


Рисунок 4.1 – Системи керування з кулачками

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).

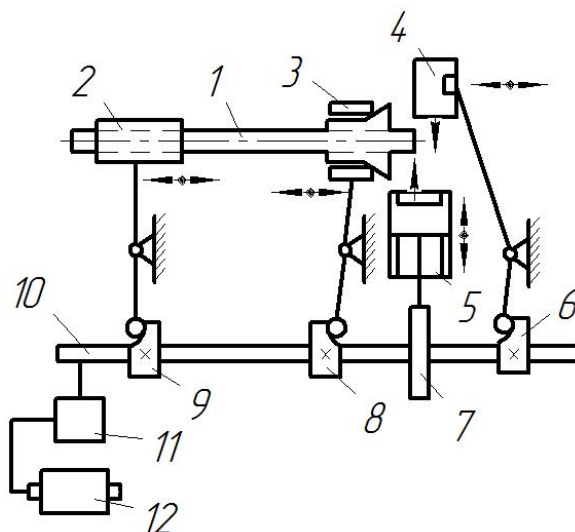


Рисунок 4.2 – Система керування від розподільчого валу

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 системі 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,

допоміжний вал 8 обертається зі швидкістю, яка визначається холостими ходами.

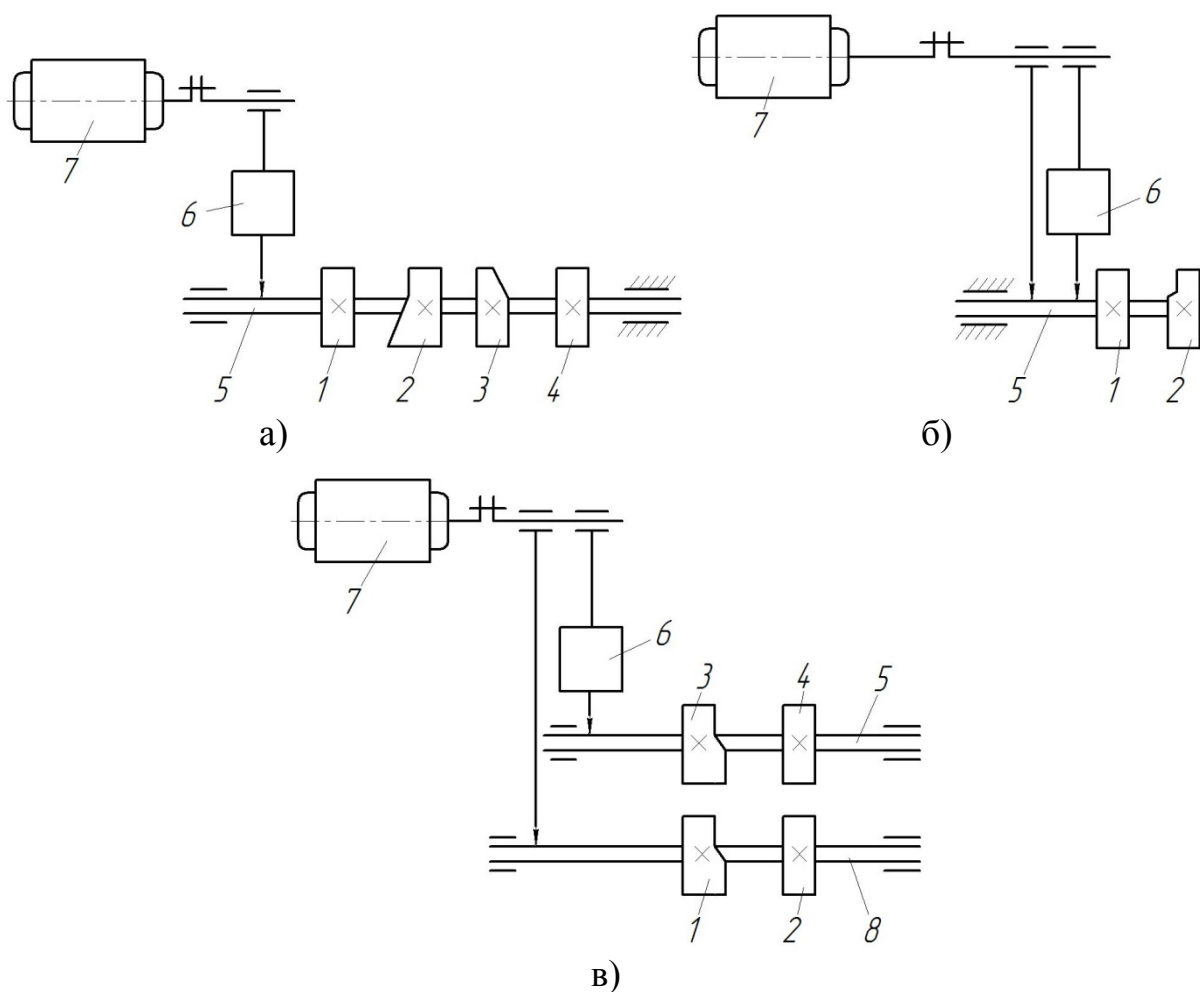


Рисунок 4.3 – Схеми систем керування з розподільчим валом

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

здійснюється від блока кулачків 11 через передавальні пристрої 14. Блок обертається від привода 13 через ланку налагодження 12.

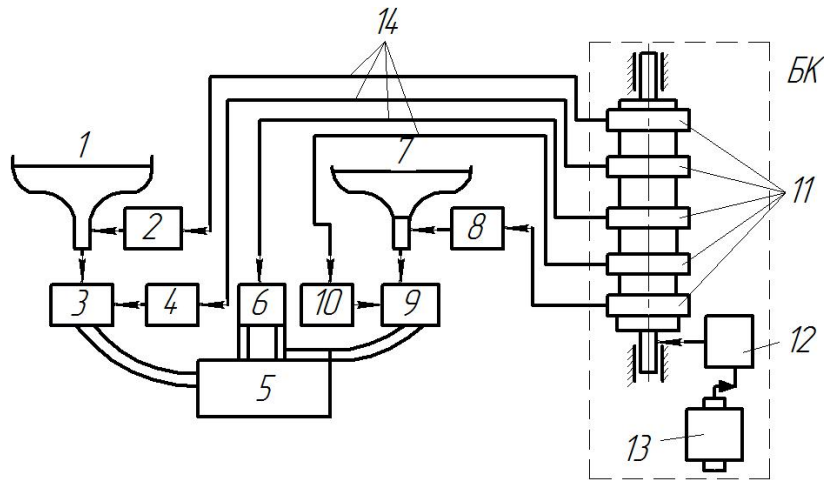


Рисунок 4.4 – Блок-схема складального автомата, який керується від командоапарата

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.

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.

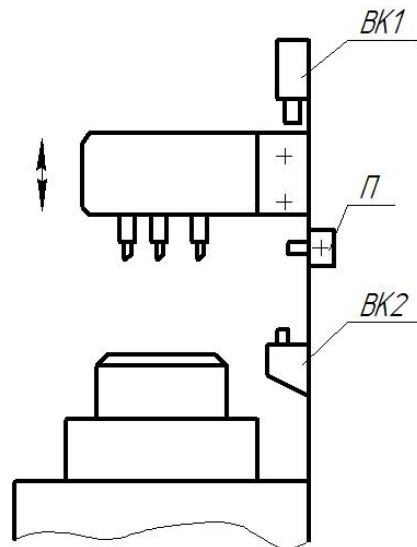


Рисунок 4.5 – Система з шляховими перемикачами

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;
- датчики 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 датчиків).

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.

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.

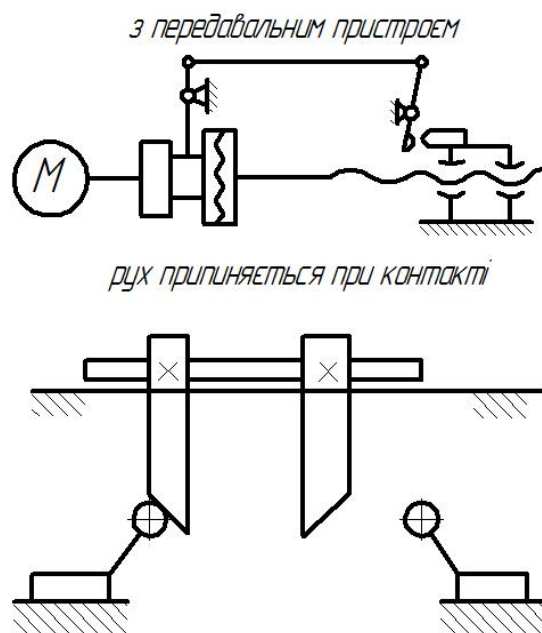


Рисунок 4.6 – Приклади САК з упорами

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.

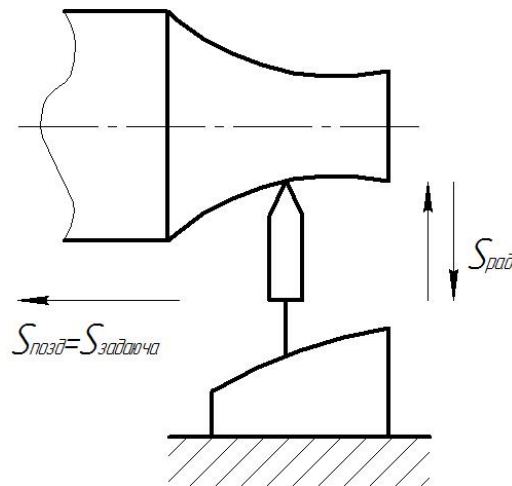


Рисунок 4.7 – САК з копірами силової дії

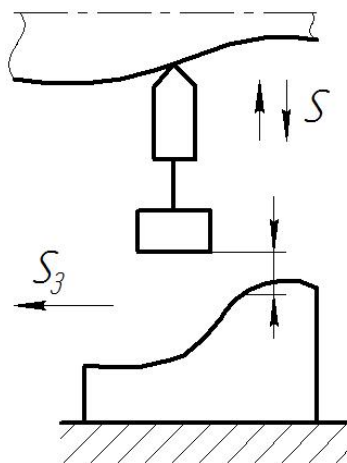


Рисунок 4.8 – САК з копірами слідкувальної дії

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,

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 Ra – 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

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 досконалими. 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.

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:

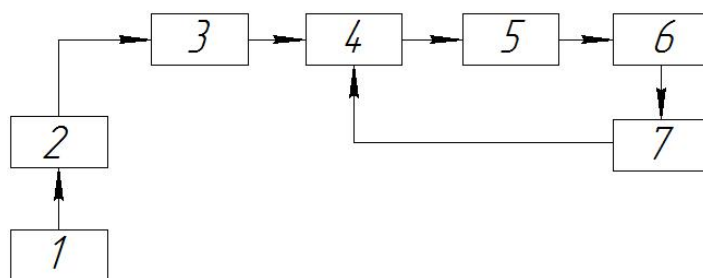


Рисунок 4.9 – Типова блок-схема програмного керування верстатом

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

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 перенастроювання 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).

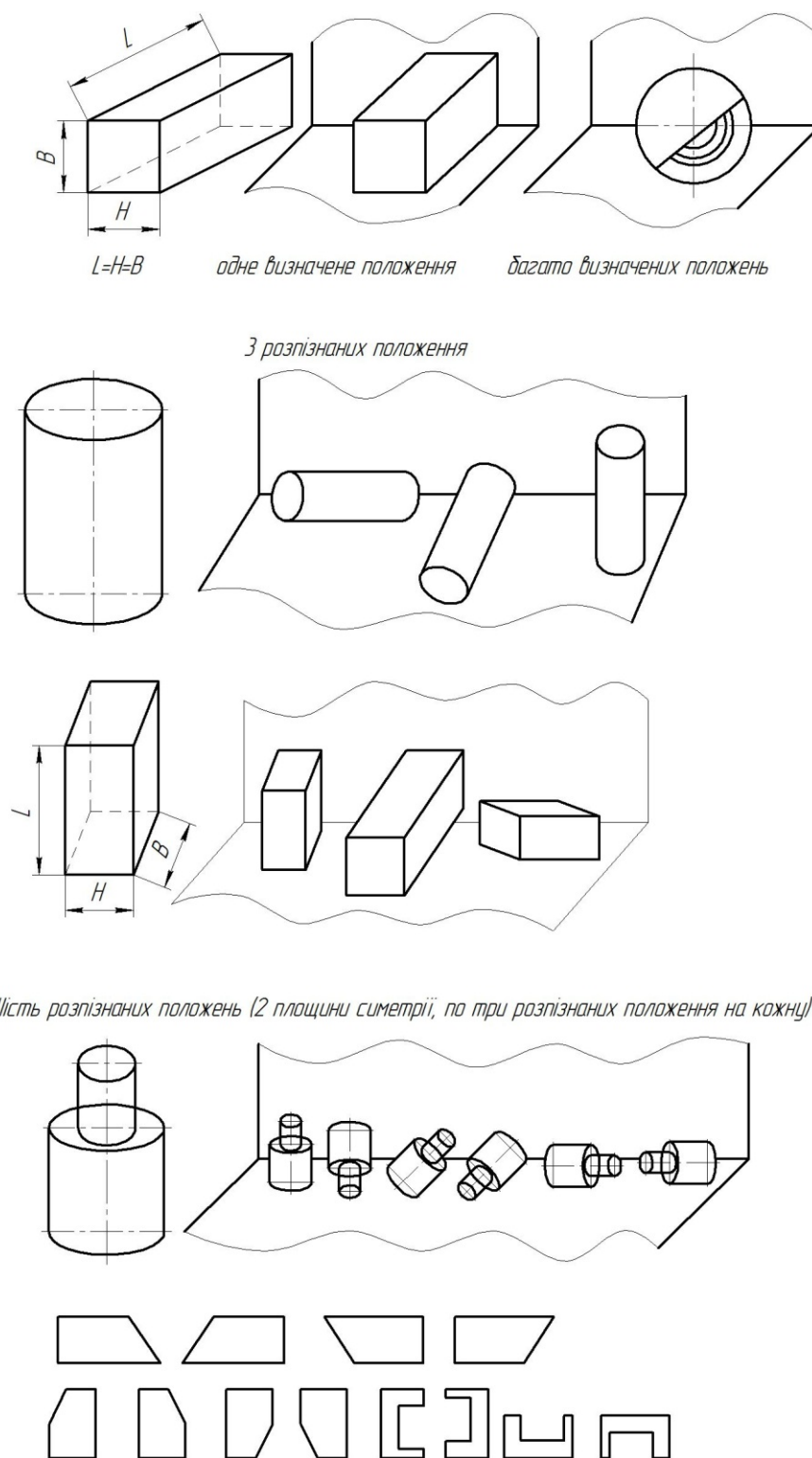


Рисунок 5.1 – Розпізнані положення заготовок різної конфігурації

В процесі руху кількість розпізнаних положень істотно зменшується порівняно з теоретично можливими, тому що при русі є сили інерції. З усіх

розпізнаних положень є одне, в якому деталь (заготовка) потрапляє в 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.

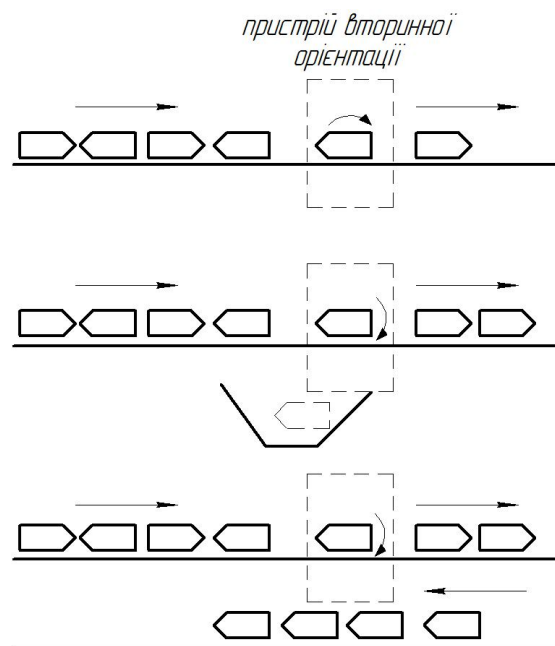


Рисунок 5.2 – Активне, пасивне та активно-пасивне орієнтування

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

деталей (заготовок), які однаково зорієнтовані. Пасивно-активно 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.

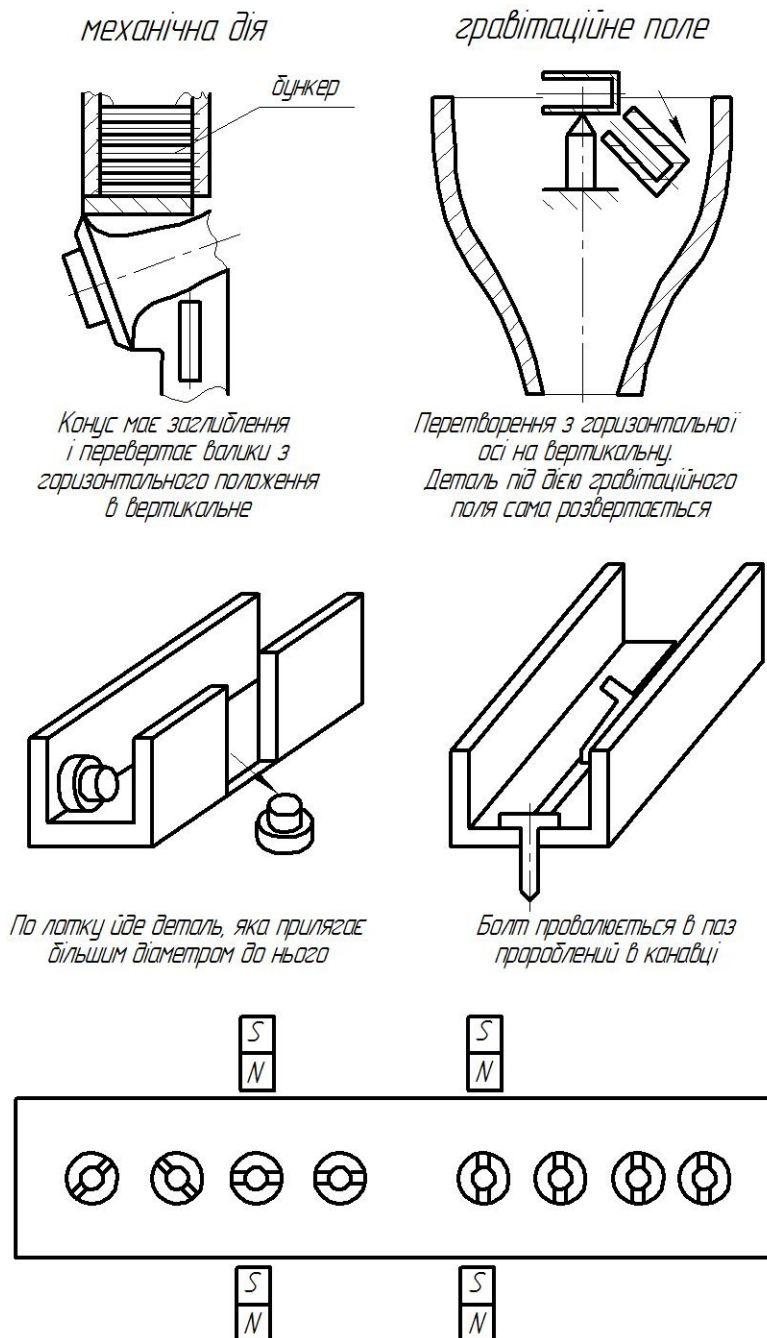


Рисунок 5.3 – Приклади поділу пристроїв за характером взаємодії

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.

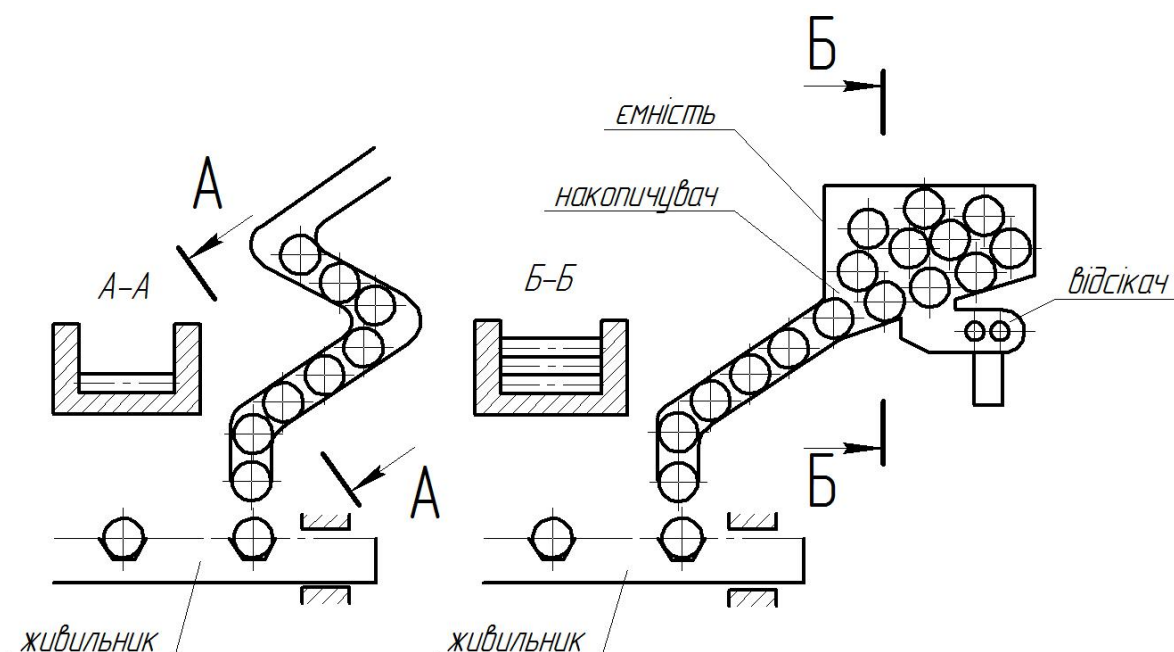


Рисунок 5.4 – Магазинний завантажувальний пристрій

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

$$A = \frac{\sqrt{D^2 + L^2}}{\sqrt{1 + f^2}} - L. \quad (5.2)$$

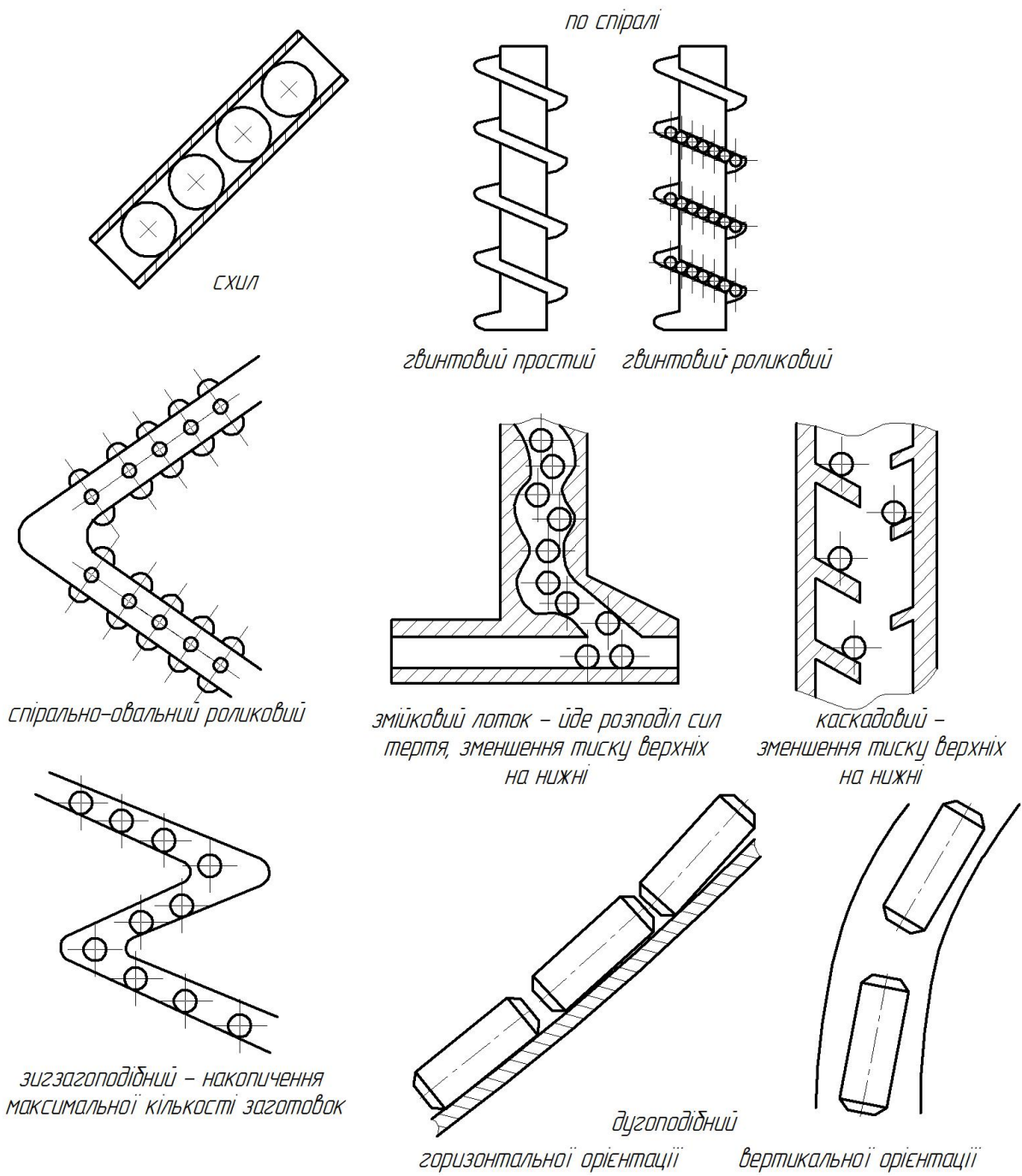


Рисунок 5.5 – Різновиди лотків

Висота борту:

$$B \geq 0,5D.$$

Нахил:

$$\sin \gamma = f \cdot \operatorname{tg} \alpha + f^2. \quad (5.3)$$

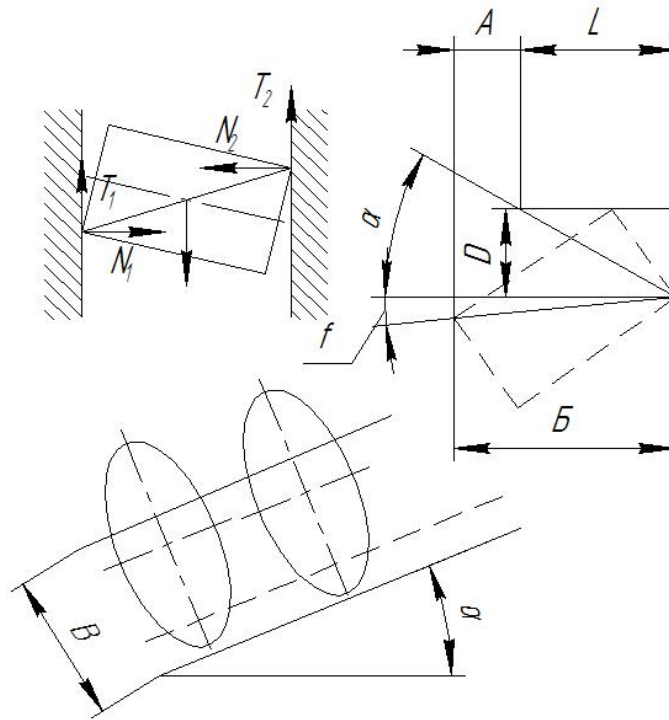


Рисунок 5.6 – До визначення геометричних параметрів лотка

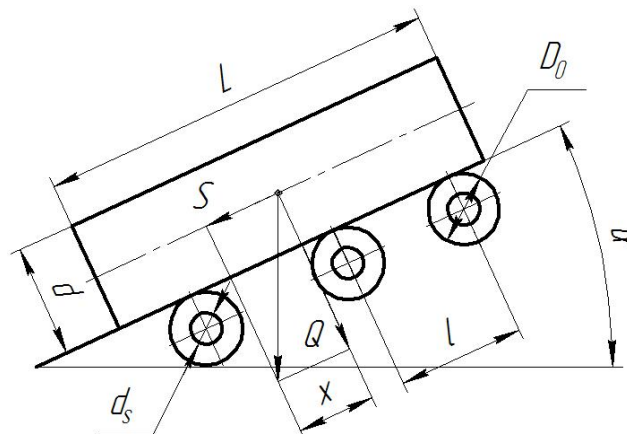


Рисунок 5.7 – Роликовий лоток

Лотки роблять з спеціальних чи стандартизованих деталей.

Самоплинні лотки – рух йде за рахунок сили ваги заготовок (деталей). **Напівсамоплинні лотки** – рух здійснюється за рахунок дії сили ваги, при штучному зменшенні тертя між пристроєм і заготовкою.

Примусові лотки – при примусовому русі під дією рухомих механізмів.

За конструкцією розрізняють такі магазинні завантажувальні пристрої:

- лоткові;
- ящичні;
- стрічкові;
- ланцюгові;
- револьверні.

Лоткові: закриті і відкриті. Закриті мають великі кути нахилу, що збільшує можливість випадання. Відкриті мають малі кути нахилу.

Ящичні магазини мають ємність з нахиленим під кутом 30° дном, щоб виключити зависання заготовок і зупинення роботи.

Револьверний магазин являє собою диск з гніздами для деталей (заготовок), який періодично обертається.

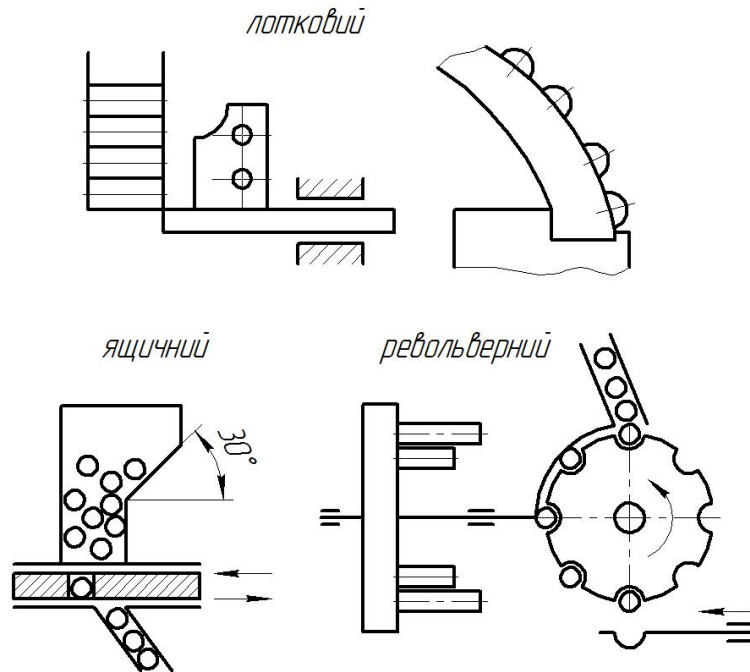
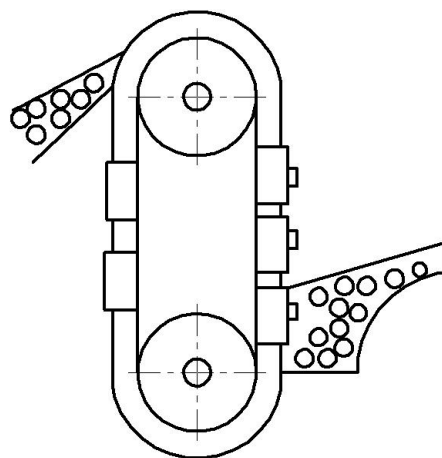


Рисунок 5.8 – Різновиди магазинних завантажувальних пристроїв

Стрічковий магазин являє собою стрічку з установочними гніздами або елементами (рис. 5.9) для деталей (заготовок). Доцільно використовувати для транспортування деталей складної форми та таких, що важко базуються.



магніт забірає заготовку, а потім у певний момент вимикається

Рисунок 5.9 – Стрічковий магазин з магнітними елементами

Ланцюговий магазин (рис. 5.10) являє собою безкінечний ланцюг, який несе на собі захоплювальні пристрої. Форма і розміри захватних органів залежить від форми і розмірів заготовок (деталей).

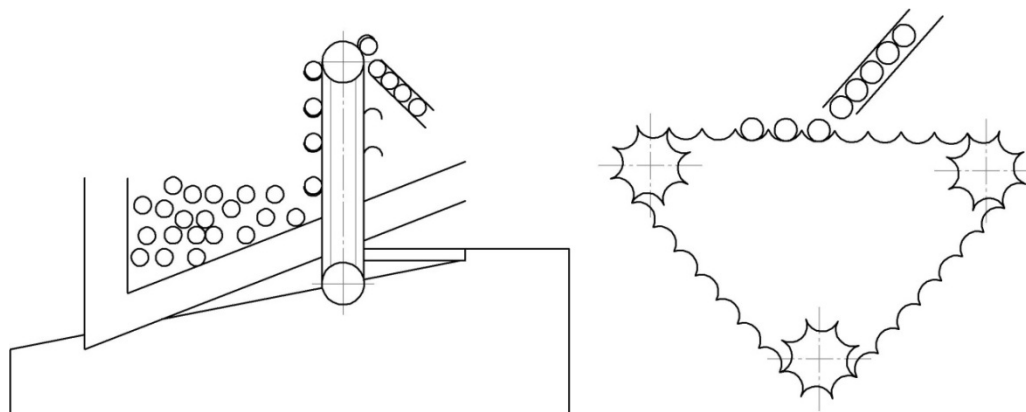


Рисунок 5.10 – Ланцюговий магазин

5.3.2 Бункерні завантажувальні пристрої (БЗП)

Бункер – ємність, що слугує для розміщення деталей чи заготовок. БЗП (рис. 5.11) призначені для переміщення заготовок навалом і їх подачу в робочу зону орієнтовано в часі та в просторі. БЗП використовуються для завантаження різноманітних заготовок типу пальців, втулок, гвинтів. БЗП використовуються для деталей (заготовок) простої форми, малої ваги та розмірів, які мають невеликий цикл обробки (0,5–2 хв).

Наявність бункера обмежує функції робочого обладнання і потребує лише нагляду за роботою БЗП і технологічного обладнання.

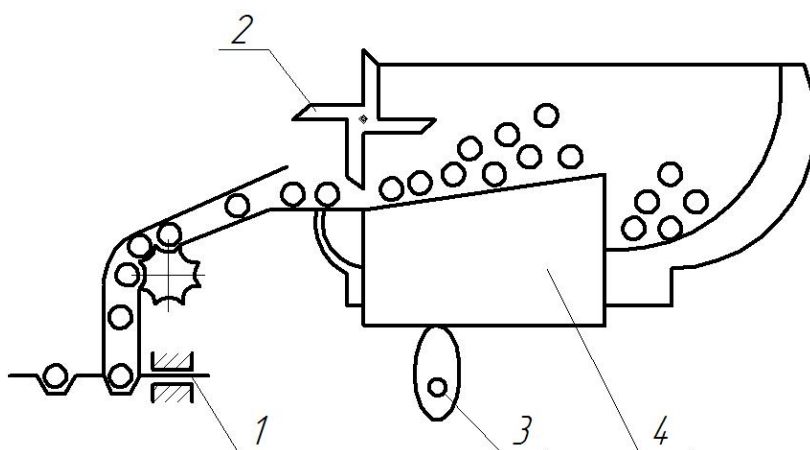


Рисунок 5.11 – Бункерний завантажувальний пристрій:

- 1 – живильник;
- 2 – відсікач, який відкидає неправильно орієнтовані деталі;
- 3 – кулачок;
- 4 – бункер

Бункери виготовляють або литими з чавуну чи алюмінію, або з алюмінієвих сплавів, або зварними з листової сталі. Об'єм бункера

$$V_B = \frac{V_d \cdot T}{t_{um} \cdot k}, \quad (5.4)$$

де V_d – об'єм однієї деталі, см³;

T – проміжки часу між двома черговими завантажуваннями БЗП, хв;

t_{um} – штучний час обробки одної заготовки на верстаті, хв;

k – коефіцієнт об'ємного заповнення бункера; залежно від форми завантажуваних деталей знаходиться в межах від 0,4–0,6.

Залежно від форми подачі заготовок з навалу розрізняють БЗП 3-х видів:

- з поштучною подачею заготовок;
- з порційною подачею заготовок;
- з безперервною подачею заготовок.

БЗП розрізняють за органами захвату – з захватними органами та без захватних органів. З захватними органами – це спеціальні конструктивні елементи, які відбирають заготовки з бункера і роблять первинну орієнтацію за зворотно-поступальних і колових рухів.

Недоліки таких БЗП:

- наявність великої кількості деталей (заготовок), що рухаються;
- велика інтенсивність переміщення заготовок (сили), звідки йде швидке спрацювання, можливість зламу захватних органів, ушкодження поверхонь заготовок (деталей).

5.3.2.1 Бункери з поштучною подачею заготовок

Вони бувають 2-х видів:

- кишенькові;
- гачкові.

Форма кишенькових бункерів залежить від типу захватних органів, від кута тертя заготовки (деталі) по бункеру, від кута тертя стінок по бункеру. Захватний орган – диск з вирізами, які називаються кишеньками. Бункери виготовляють у вигляді зрізаного циліндра. Робоче положення – нахилений, захватні пристрої знаходяться на дні. Диск з кишеньками отримує обертання від двигуна через черв'ячну передачу. Захоплені знизу заготовки піднімаються вгору, де вони потрапляють через отвір у корпусі до приймального лотка.

Кишеньки можуть бути розташовані за двома схемами (рис. 5.12):

- по хорді диска;
- по радіусу (в радіальному напрямку).

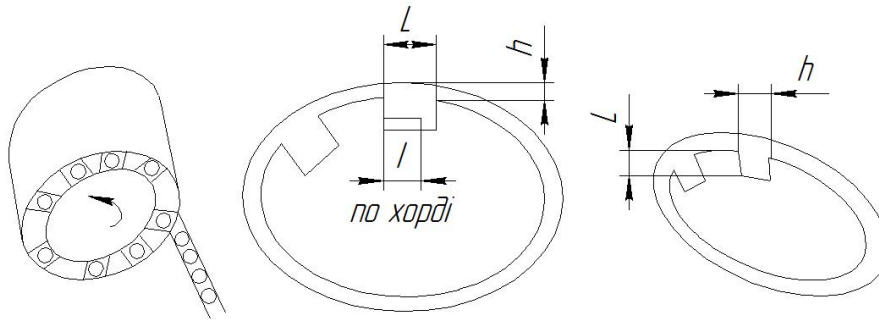


Рисунок 5.12 – Бункери з поштучною подачею заготовок

Довжина L розраховується, виходячи з того, що є деталь (заготовка) і має бути певний зазор між нею і стінкою кишеньки. Тому $I \leq L \leq I + d_{дет}$. При радіальному розташуванні аналогічно. Ширина кишеньки h знаходиться як $h = 1,4 \div 1,6d_{дет}$.

Перевага радіального розташування в тому, що можна розташувати більше заготовок (деталей), а відповідно і більше захопити. Кишеньки потрібно робити більшими, щоб легше попадали деталі (заготовки). Але ширина кишеньок має бути такою, щоб в неї заходило не більше 2-х деталей (для уникнення заклинення). Легше потрапляють в кишеньку деталі, нахилені під кутом. Кут залежить від потрібної орієнтації, матеріалу заготовки (деталі), тертя.

Чим більша швидкість диска, тим менша імовірність захоплення деталі (заготовки), тому для підвищення продуктивності до певної міри підвищують і швидкість западання. Для підвищення продуктивності використовують пристрої для перемішування деталей.

Імовірність попадання деталей (коефіцієнт заповнення) коливається від 0,7 до 0,98. Причому більші значення мають деталі більш простої форми.

Продуктивність кишенькових БЗП в середньому становить 100–200 шт./хв. Переваги: висока продуктивність, просте виготовлення і відповідно надійність. Грамотно сконструйований кишеньковий БЗП має запобіжники (муфти граничного моменту).

Гачкові бункери (рис. 5.13) використовуються для завантаження заготовок з отворами.

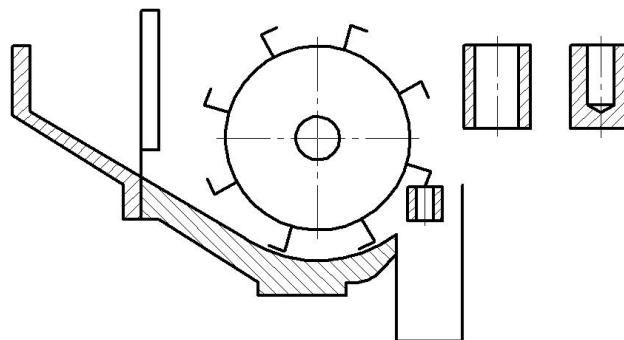


Рисунок 5.13 – Гачковий бункер

Колова швидкість диска становить 0,2–0,5 м/с, причому для малих деталей швидкість більша, а для великих менша. Гачки роблять з круглого прокату і рекомендується захоплювальну частину гачка заточувати на конус (рис. 5.14).

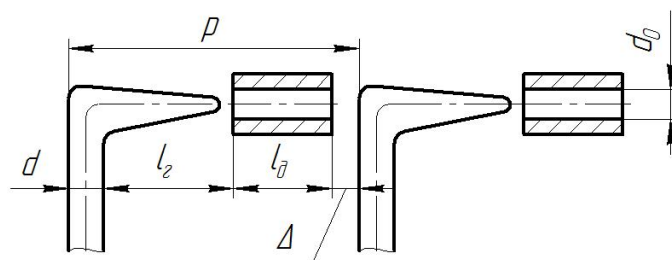


Рисунок 5.14 – До визначення геометричних параметрів гачка

$$\begin{aligned} d &= 0,45 \div 0,6d_0; \\ p &= d + l_0 + l_2 + \Delta, \end{aligned} \quad (5.5)$$

де $l_2 = 1,1 \div 1,2l_0$ – довжина гачка;

Δ – залежить від колової швидкості (чим більша швидкість, тим більший коловий зазор).

Конус захоплювальної частини становить 80–85%. Продуктивність – 2–3 шт./с.

5.3.2.2 Бункери з порційною подачею заготовок

Розрізняють:

- секторні;
- шиберні (ножові).

Секторні (рис. 5.15) використовуються для живлення обладнання заготовками чи деталями з головками. Робочим органом є сектор, звідки й пішла назва.

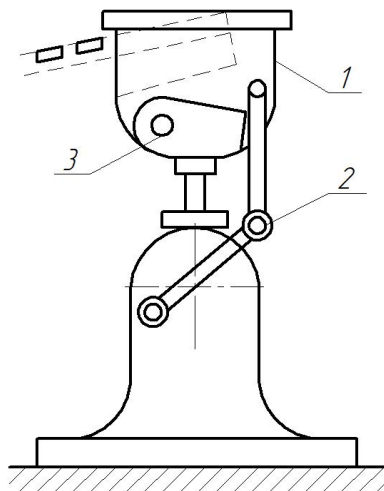


Рисунок 5.15 – Схема секторного бункера: 1 – бункер; 2 – кривошипний механізм; 3 – скидач, сектор сам викидає заготовки

Секторні бункери виконуються з передбункером, для зменшення навантаження на сектор, тобто для забезпечення нормальної роботи привода.

Розрахункові параметри: продуктивність, габаритні розміри бункера, передбачений радіус сектора, довжина приймальної частини сектора, кількість подвійних рухів сектора за хвилину.

Шиберні бункери (рис. 5.16) (з ножовим захватом).

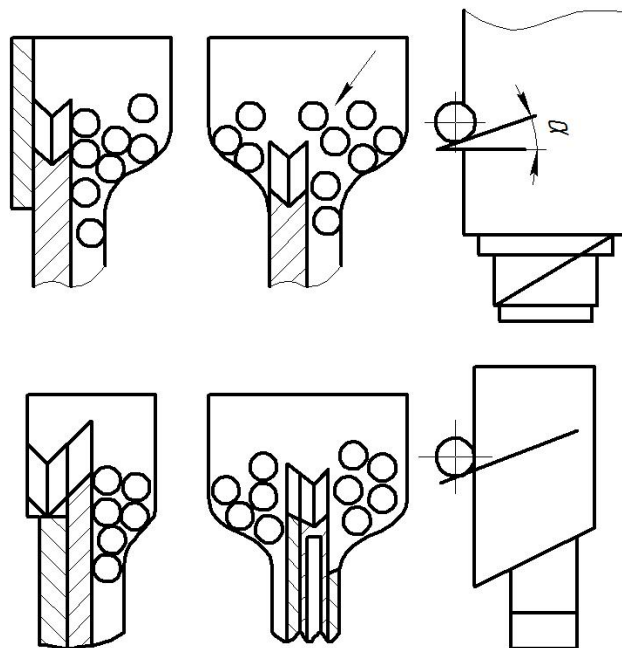


Рисунок 5.16 – Схема шиберного бункера

Захват здійснюється шибером при його русі вгору. Шибер проходить крізь масу деталей, які лежать навалом. Шибер своєю робочою частиною захоплює одну або декілька заготовок (деталей) і викидає їх вгору. Там ніж зупиняється на деякий час, щоб заготовки мали змогу відійти до лотка. Інші заготовки залишаються в бункері скидачем. Ножовий захват може здійснюватися за двома схемами:

- ножовий захват з подовжнім відведенням лотка;
- ножовий захват з паралельним відведенням лотка.

Якщо бункер розташований послідовно з відвідним лотком, то продуктивність невисока за рахунок того, що деталі (заготовки) рухаються одна за одною і потрібен час для їхнього надходження до відвідного лотка. При паралельному розташуванні, особливо в тих випадках коли є 2 захватних ножі, продуктивність становить 450–550 шт./хв, що порівняно з послідовним 90–110 шт./хв має кращі показники.

5.3.2.3 БЗП з безперервною подачею заготовок

Використовується для широкої номенклатури деталей типу гайок, шайб, фланців, дисків. Бувають: лопатні, трубчасті, фрикційні, вібраційні.

Лопатні БЗП

У бункері обертається барабан, який має лопаті. Вони зачіпляють деталі (заготовки), піднімають їх вгору і викидають на приймальний лоток. Надлишкові деталі (заготовки) відкидаються скидачем.

Трубчасті БЗП (рис. 5.17).

Попередня орієнтація заготовок проводиться трубкою. Використовується для встановлення елементів типу стрижнів, валиків, у яких $l = 1,2 \div 1,5d$. Існує декілька різновидів таких БЗП:

- відцентрові БЗП або бункери, що обертаються;
- БЗП з трубкою, що обертається;
- з розрізною втулкою.

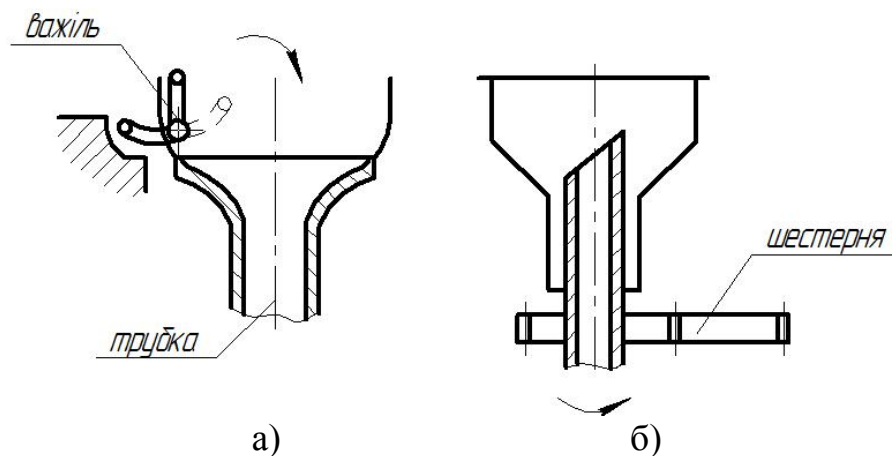


Рисунок 5.17 – Трубчасті БЗП

Трубка слугує для первинної орієнтації деталей.

Часто в БЗП відбувається застрягання деталей в чаші бункера, утворюючи так зване «склепіння». При обертанні бункера важіль руйнує склепіння (рис. 5.17, а), щоб заготовка могла безперешкодно потрапити в трубку. Недоліком є те, що потрібно обертати бункер з заготовками (великі маси), що спричиняє суттєві динамічні навантаження на привод. Потрібний більш жорсткий бункер. При роботі такого бункера, крім того, виникає сильний шум.

На рис. 5.17, б) шестерня крутиться разом з трубкою. Трубка має скіс, який руйнує склепіння і визначає положення заготовок (деталей) відносно трубки.

На рис. 5.18 одна частина розрізної втулки рухається, інша нерухома і захоплює деталі. Склепіння руйнується половинками втулки, що рухаються вгору-вниз. Дно в цьому випадку нахилене крутіше. Щоб полегшити для деталей (заготовок) переміщення кут нахилу дна має бути $40-50^\circ$, а у втулки скіс має становити $30-45^\circ$. Продуктивність в середньому становить 75–150 шт./хв.

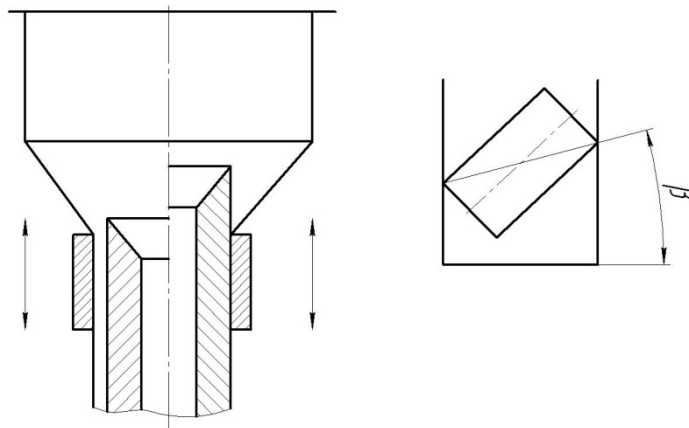


Рисунок 5.18 – Трубчасті БЗП

Недоліком таких БЗП є залишкові деталі (заготовки) в трубці. Чим більший діаметр трубки, тим більша імовірність потрапляння деталі в трубку. Ця імовірність прямо пропорційна площі. Проте чим більша площа трубки, тим вища імовірність неправильної орієнтації заготовки (деталі).

Для того, щоб не було заклинювання, потрібно щоб $\beta \geq \rho$ (кут тертя).

Дискові фрикційні бункери використовуються для завантаження плоских заготовок типу кілець, дисків, фланців (рис. 5.19).

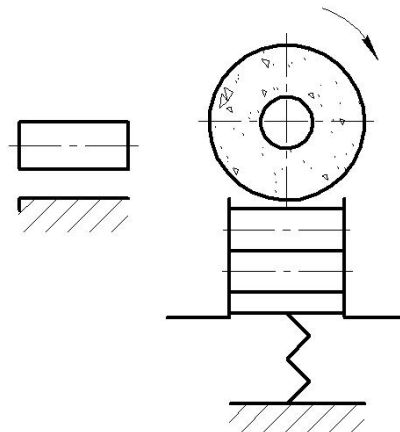


Рисунок 5.19 – Дисковий фрикційний бункер

Обертаючись, фрикційний диск виштовхує заготовки з бункера за допомогою сил тертя і направляє до вихідного лотка.

Вібраційні БЗП являють собою найбільш перспективну основу для автоматизації. Бункер складається з двох основних вузлів: двигуна і бункера з лотками і орієнтувальним пристроєм. Можна орієнтувати і перемішувати заготовки різної форми. Як двигуни використовуються вібратори – електричні, дебалансні, гідравлічні.

Живлення вібратор отримує з мережі змінного струму через випрямник.

На рис. 5.20 показана принципова схема вібробункера. Чаша вібробункера 1 встановлена на трьох плоских пружинах 3, закріплених на основі 6. Всередині чаші розташований гвинтоподібний лоток 2. У бункер засипають оброблювані деталі, які розподіляються ближче до стінок чаші, тому що дно її має форму конуса, зверненого вершиною вгору. Чаша вібробункера приводиться в коливальний рух. Найчастіше для цієї мети використовують електромагніти. При пропусканні струму через обмотку електромагніта 5, він притягує якір 4, прикріплений до дна чаші бункера. В результаті ця чаша трохи опускається вниз, одночасно повертаючись внаслідок прогину плоских пружин в сторону їх нахилу. При припиненні пропускання струму, пружини повертаються в початкове положення, змушуючи чашу бункера піднятися і злегка повернутися в протилежну сторону. Якщо пропускати через електромагніт змінний струм, то чаша буде здійснювати швидкі коливальні рухи, і деталі, що знаходяться всередині бункера, почнуть рухатися вгору по лотку 2.

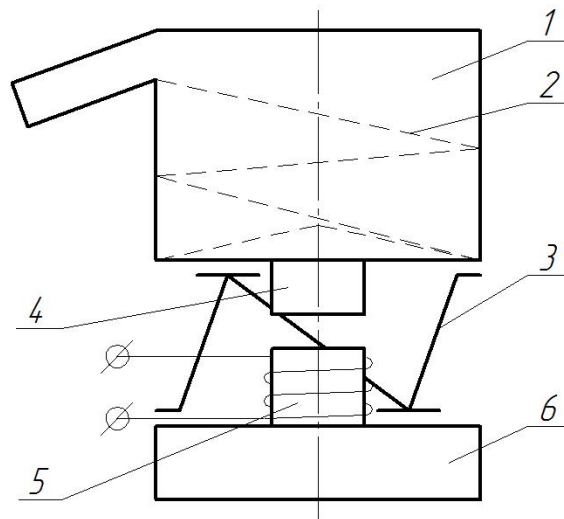


Рисунок 5.20 – Вібраційні БЗП

Чаша бункера виготовляється з силуміну, а якщо бункер має великі розміри, то зварної конструкції. Розміри бункера можуть бути різноманітні. У вібробункерах можна виконувати як первинну, так і вторинну орієнтацію за допомогою спеціальних пристроїв (рис. 5.21).

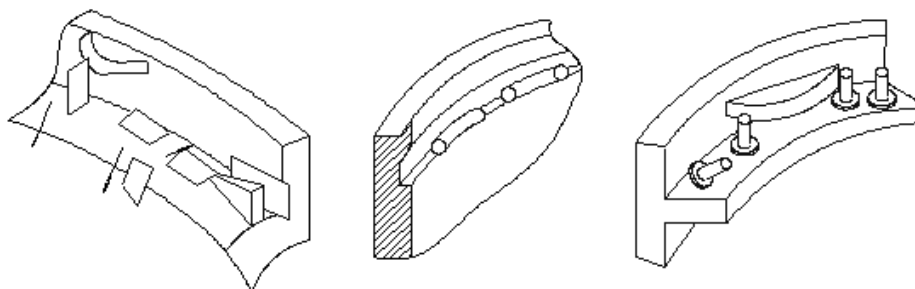


Рисунок 5.21 – Спеціальні пристрої, використовувані у вібробункерах

Перевагою вібробункерів є висока продуктивність, відсутність вузлів, які потребують змащення, рух заготовок (деталей) йде без ушкодження поверхонь, надійність і довговічність, можливість швидкого переналадження бункера на інші деталі. Регулювання продуктивності здійснюється рукояткою реостата.

Різновидом вібробункерів є лотки прямолінійного типу, які дозволяють переміщувати заготовки горизонтально або під певним нахилом.

5.3.2.4 Продуктивність БЗП

Бункери з поштучною подачею заготовок

$$Q_1 = k \cdot z \cdot n \text{ [шт./хв]}, \quad (5.6)$$

де k – коефіцієнт заповнення захоплювальних органів (імовірність захоплення) деталі (заготовки) захоплювальними органами; $k = 0,3-0,5$;

z – кількість захоплювальних органів в одному циклі роботи;

n – кількість циклів роботи.

Бункери з порційною подачею заготовок

$$Q_2 = k \cdot z \cdot n \cdot m \text{ [шт./хв]}, \quad (5.7)$$

де k – коефіцієнт заповнення захоплювальних органів (імовірність захоплення) деталі (заготовки) захоплювальними органами; $k = 0,3-0,5$;

z – кількість захоплювальних органів в одному циклі роботи;

n – кількість циклів роботи;

m – кількість заготовок (деталей), яка може бути захоплена одним захватним органом;

$$m = \frac{L}{l}, \quad (5.8)$$

де l – довжина деталі;

L – довжина захоплювального органу.

Бункери з порційною подачею заготовок

$$Q_3 = k \cdot \frac{\vartheta}{l} \text{ [шт./хв]}, \quad (5.9)$$

де k – коефіцієнт заповнення захоплювальних органів (імовірність захоплення) деталі (заготовки) захоплювальними органами; $k = 0,6-0,8$;

ϑ – середня швидкість руху заготовки;

l – розмір деталі в напрямку руху.

Автоматизацію завантаження потрібно нерозривно розглядати з автоматизацією розвантаження.

5.3.3 Інші механізми завантажувальних пристроїв

До них відносяться – лотки, відсікачі, живильники.

Лотки забезпечують подачу в робочу зону заготовок (деталей). Обладнання завантажувальних пристроїв розташовані поза робочою зоною. Конструкція і розрахунки аналогічні лотковим магазинам.

Відсікачі (рис. 5.22) призначені для відокремлення від маси заготовок однієї або декількох деталей та подачі їх до живильника. Інколи відсікачі відсутні, тому їх функцію може виконувати живильник. Відсікач з живильником працюють синхронно, вони разом працюють від одного привода.

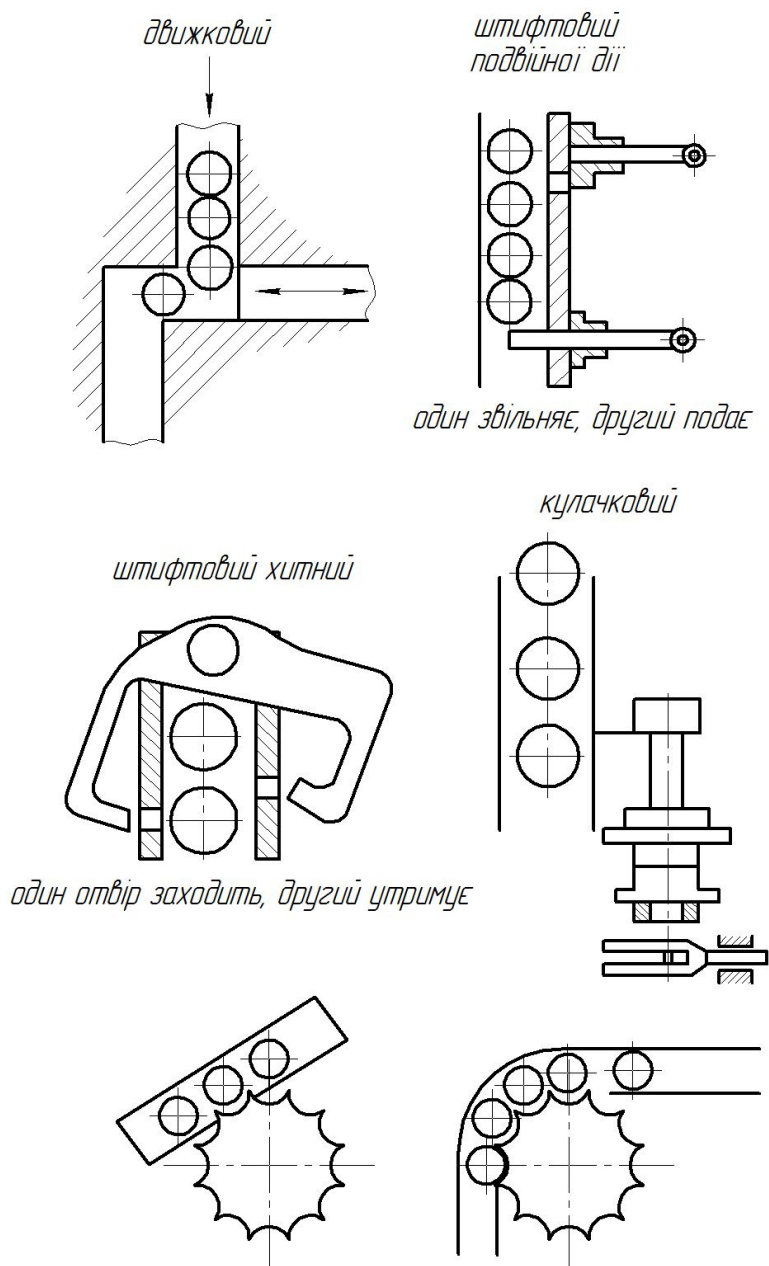


Рисунок 5.22 – Різновиди відсікачів

Живильники (рис. 5.23) призначені для подачі заготовок від накопичувача або бункера до робочої зони. Їх конструкція, розміри, форма і привод залежать від:

- типу верстата;
- розташування лотка відносно верстата;
- відстані, на яку потрібно передати заготовку (деталь);
- розмірів заготовки (деталі).

Рух живильника жорстко «зв'язаний» з рухом робочих органів верстата (з його циклом). За характером руху розрізняють живильники зі зворотно-поступальним, коливальним, обертальним і комбінованим рухом. Привод може бути механічним, гідравлічним і електромеханічним.

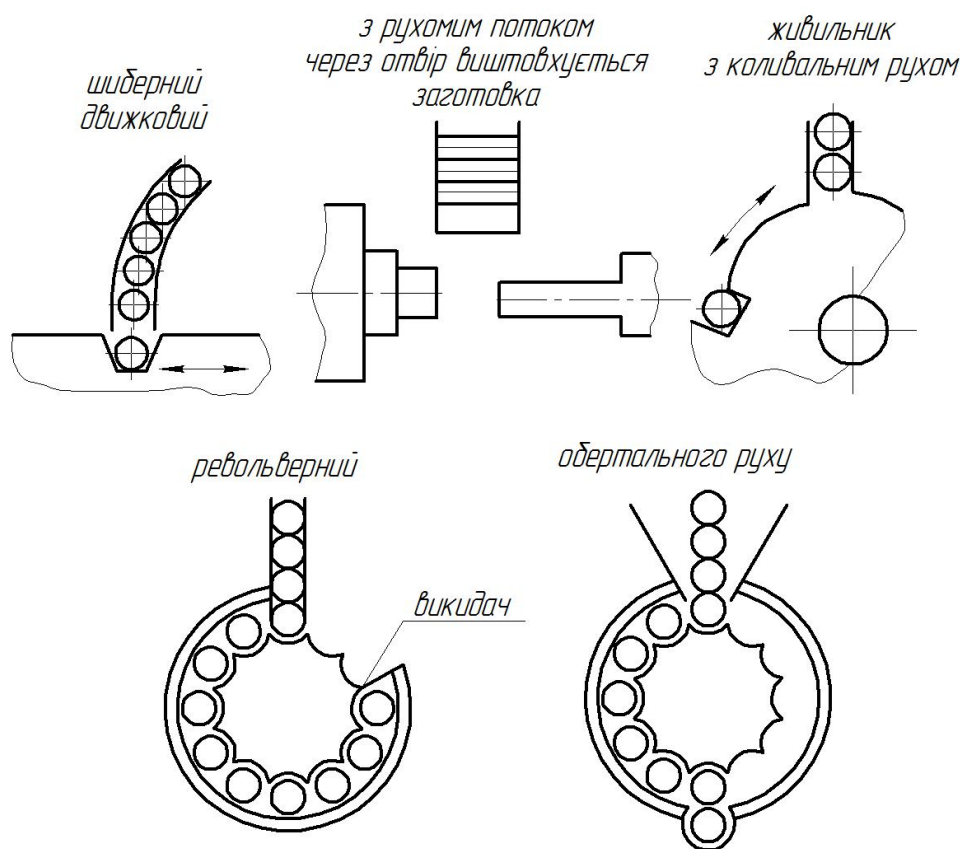


Рисунок 5.23 – Різновиди живильників

5.3.4 Автооператори (маніпулятори)

Використання звичайних живильників для завантаження заготовок буває неможливим в багатьох випадках, оскільки потрібно більше складних рухів, ніж це можуть забезпечити завантажувальні пристрої. В масовому виробництві використовуються автооператори (маніпулятори).

Маніпулятор – захватний пристрій, який призначений для переміщення в просторі об'єктів, які утримуються захватною і діючою автоматичною або керівною операцією. Маніпулятори використовуються як для завантаження окремих верстатів, так і для групи верстатів та

завантаження початкових позицій автоматичної лінії. Існують автооператори двох типів:

- вбудовані у верстат;
- розташовані окремо від верстата.

В другому випадку автооператори виконують порталного типу (у вигляді букви «П»). Точність позиціонування $\pm 0,25$ мм. Бувають автооператори різної конструкції, з асиметричним і симетричним розташуванням порталу. Кількість захватних органів може бути 2, 3, 4.

Переваги:

- універсальність, яка полягає в тому, що автооператори можна використовувати на різноманітних операціях (зварювання, фарбування);
- звільнення людини від роботи в шкідливих умовах (гальванодільниця, термічна обробка).

Недолік:

- маніпулятори дають економію тільки фонду заробітної плати, а програємо у величині робочого циклу, оскільки більшість автооператорів завантажують–розвантажують вантажі вагою 3–10 кг за 25–40 с (дворуки), одноруки – 40–50 с, а робітник – за 10–15 с.

5.3.5 Використання промислових роботів для завантаження-розвантаження

Промисловий робот – автоматична машина, яка здатна виконувати аналогічні людині рухові дії для переміщення предметів праці або технологічної оснастки і складається з виконавчого механізму (маніпулятора) та системи керування. Промислові роботи порівняно зі звичайними пристроями мають такі переваги як гнучкість і жорсткість.

Промислові роботи використовуються в заготівельному виробництві для обслуговування машин для лиття під тиском, ковальсько-пресового обладнання, на дільницях термічної обробки, завантаження–розвантаження печей, на операціях контролю – контроль твердості, на операціях складування, клеймування, для обслуговування металорізальних верстатів та складальних машин. Використовуються підвісні (рис. 5.24) та наземні промислові роботи.

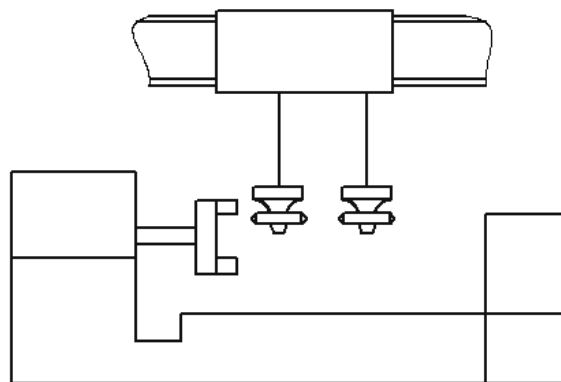


Рисунок 5.24 – Підвісний промисловий робот

5.3.6 Автоматичний затиск заготовок

Механізм затиску має фіксувати заготовку в робочій позиції таким чином, щоб вона під час виконання робочого циклу не змінювала свого положення відносно установочних елементів пристрою. В неавтоматичному машинобудуванні робітник вручну здійснює затиск заготовки за допомогою певних елементів чи механізмів затиску. В напівавтоматичному виробництві робітник подає команду на затиск, а сам процес затискання відбувається автоматично. В автоматичних механізмах затискання виключається втручання в процес затискання ззовні.

Автоматизовані затискні пристрої складаються з механізмів, що здійснюють затискання і механізмів, які орієнтують затискний пристрій.

Механізм, що здійснює затискання – це патрони, оправки, прихвати. Механізм може бути пневматичним, гідромеханічним, механічним чи комбінованим. Особливістю автоматичних механізмів є те, що рух який необхідний для затискання заготовки має бути елементарним (прямим) в одному напрямку.

5.3.7 Вимоги до точності робіт завантажувально-орієнтувальних пристроїв

При завантаженні заготовки чи деталі пристрої мають забезпечувати точне встановлення заготовки, тобто похибка встановлення

$$\omega_y \leq [\omega_y] = 1,2\sqrt{\omega_1^2 + \omega_2^2 + \omega_3^2 + \omega_4^2}, \quad (5.10)$$

де ω_1 – похибка позиціонування рухомих вузлів завантажувального пристрою (рис. 5.25);

ω_2 – похибка положення заготовки в захватному пристрої;

ω_3 – похибка положення заготовки на проміжних позиціях;

ω_4 – неконцентричність приєднаних поверхонь заготовки відносно поверхні захвату.

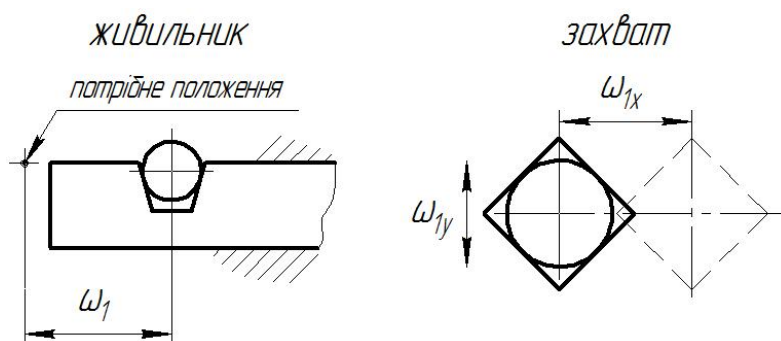


Рисунок 5.25 – Похибка позиціонування рухомих вузлів завантажувального пристрою

На рис. 5.25 потрібне положення завантажувального пристрою показане штриховою лінією. Похибка позиціонування рухомих вузлів завантажувального пристрою

$$\omega_1 = \sqrt{\omega_{1x}^2 + \omega_{1y}^2}. \quad (5.11)$$

Похибка положення заготовки в захватному пристрої (рис. 5.26).

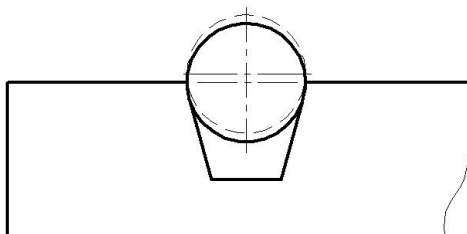


Рисунок 5.26 – Похибка положення заготовки в захватному пристрої

У робота в захваті $\omega_2 = 0$, але це у захватів, які мають індивідуальний привод. Але кожен захват працює за рахунок пружних елементів (суми пружин), тоді можлива похибка положення заготовки в захваті буде (рис. 5.27). Заготовка буде зміщуватись відносно корпусу фіксатора.

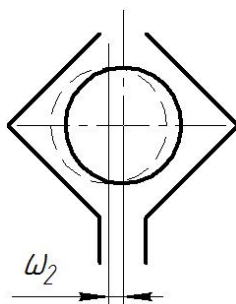


Рисунок 5.27 – Похибка положення заготовки в захватному пристрої

Похибка положення заготовки на проміжних позиціях (рис. 5.28) виникає на тактових столах або в пристрої, касеті і за рахунок зазорів може змінюватись.

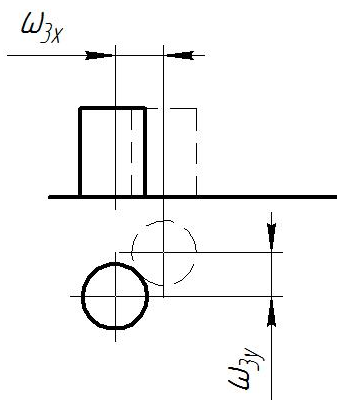


Рисунок 5.28 – Похибка положення заготовки на проміжних позиціях

Якщо лоток самоплинний або напівавтоматичний і рухома поверхня оброблена, положення буде стабілізуватись і похибка прямуватиме до нуля. Якщо поверхня частково оброблена або взагалі необроблена, то внаслідок зміни форми, внаслідок тертя, перекочування заготовки буде виникати похибка. Тому для позбавлення цього потрібні додаткові заходи.

Для зменшення похибки неконцентричності приєднувальних поверхонь заготовки відносно поверхонь захвату потрібне суміщення баз, тоді похибка розташування не впливає на положення заготовки.

Для забезпечення допустимого значення сумарної похибки необхідно:

- використовувати більш точний робот або більш точний захват (похибка центрування), використовувати попередньо оброблені заготовки (похибка неконцентричності);

- більш точно «зв'язувати» робот з верстатом (робот і верстат розміщувати на одній рамі);

- обмежити діапазон перепаду температур при роботі;

- розширити допуски замикальної ланки, знизивши жорсткість затиску заготовки в захваті робота, тобто все не точне (допуск замикальної ланки) пояснюється тим, що заготовка в захваті може переміщуватись. Однак внаслідок інерційних сил вона може так стати в інерційному захваті, що вони не зможуть компенсувати розбіжність;

- можна використовувати робот з автоматичною показниковою системою керування. Це робот з технічним зором і інтелектом.

Вимоги до точності робіт при складанні аналогічні як і при роботі завантажувально-орієнтувальних пристроїв.

Питання для самоконтролю

1. Назвіть основні етапи процесу завантаження металорізального обладнання штучними заготовками.

2. Що називається автоматизацією орієнтування? Які умови висуваються при цьому?

3. Що розуміється під розпізнаним та нерозпізнаним положенням заготовки? Наведіть приклади.

4. Які різновиди орієнтування існують? Дайте визначення кожного.

5. Способи здійснення вторинного орієнтування.

6. З яких вузлів і механізмів складається завантажувальний пристрій? Призначення кожного.

7. Призначення магазинних завантажувальних пристроїв. Їх різновиди.

8. Склад магазинних завантажувальних пристроїв.

9. Як розрізняються магазини лоткового типу?

10. Як визначаються геометричні параметри лотка?

11. Як розрізняються за конструктивною ознакою магазинні завантажувальні пристрої? Їх характеристика.

12. Що являє собою бункерний завантажувальний пристрій?
13. Як визначити об'єм бункера?
14. Як розрізняються бункерні завантажувальні пристрої залежно від форми подачі заготовок?
15. Як розрізняються бункерні завантажувальні пристрої за органами захвату?
16. Які види бункерних завантажувальних пристроїв з поштучною видачею заготовок Ви знаєте? Характеристика кожного виду. Методика їх розрахунку.
17. Методика розрахунку продуктивності бункерного завантажувального пристрою.
18. Які додаткові механізми застосовуються у бункерних завантажувальних пристроях для забезпечення їх функціонального призначення? Їх характеристика.
19. Які вимоги висуваються до точності робіт завантажувально-орієнтувальних пристроїв?

ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизація виробництва в машинобудуванні : практикум / [Муляр Ю. І., Пурдик В. П., Репінський С. В. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 133 с.
2. Автоматизация процессов в машиностроении / [Белоусов А. П., Дашенко А. И., Полянский П. М., Шулешкин А. В.]. – М. : Высшая школа, 1973. – 456 с.
3. Буренніков Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навчальний посібник / Буренніков Ю. А., Немировський І. А., Козлов Л. Г. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 273 с.
4. Волосов С. С. Приборы для автоматического контроля в машиностроении / С. С. Волосов, Е. И. Педь. – М. : Издательство стандартов, 1975. – 336 с.
5. Владзиевский А. П. Основы автоматизации производства в машиностроении / А. П. Владзиевский, А. П. Белоусов. – М. : Высшая школа, 1974. – 352 с.
6. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник для машиностроительных вузов / [Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б. и др.]. – [2-е изд., перераб.]. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.
7. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи, гідропневмоавтоматика : лабораторний практикум / [Буренніков Ю. А., Дерібо О. В., Козлов Л. Г., Пурдик В. П. та ін.]. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.
8. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи. Курсове проектування для студентів напрямів підготовки 6.050502 – «Інженерна механіка», 6.050503 – «Машинобудування» : [навчальний посібник] / Ю. А. Буренніков, Л. Г. Козлов, В. П. Пурдик, С. В. Репінський. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 238 с.
9. Головка Д. Б. Автоматика і автоматизація технологічних процесів : підручник / Головка Д. Б., Рего К. Г., Скрипник Ю. О. – К. : Либідь, 1997. – 232 с.
10. Гжиров Р. И. Программирование обработки на станках с ЧПУ : справочник. / Р. И. Гжиров, П. П. Серебrenицкий. – Л. : Машиностроение, 1990. – 588 с.
11. Двойных Н. А. Роторно-конвейерные автоматические линии в гибких автоматизированных производствах / Двойных Н. А. – К. : Техніка, 1987. – 112 с.
12. Дерябин А. Л. Технология изготовления деталей на станках с ЧПУ и в ГПС / А. Л. Дерябин, М. А. Эстерзон. – М. : Машиностроение, 1989. – 288 с.
13. Доля В. М. Програмування, введення та відпрацювання управляючих програм для верстатів з ЧПУ та РТК / Доля В. М. – Харків : НТУ «ХПЗ», 2004. – 169 с.

14. Кузнецов М. М. Автоматизация производственных процессов / Кузнецов М. М., Волчкевич Л. И., Замчалов Ю. П.; под общ. ред. Г. А. Шаумяна. – М. : Высшая школа, 1978. – 431 с.
15. Лебедевский М. С. Автоматизация сборочных работ / М. С. Лебедевский, А. И. Федотов. – Л. : Лениздат, 1970. – 448 с.
16. Либерман Б. С. Автоматизация технологических процессов механической обработки / Либерман Б. С., Терган В. С., Андреев И. Б. – М. : Машиностроение, 1969. – 251 с.
17. Малов А. Н. Основы автоматики и автоматизация производственных процессов / А. Н. Малов, Ю. В. Иванов. – М. : Машиностроение, 1974. – 368 с.
18. Многоцелевые системы ЧПУ гибкой механообработкой / [Алексеев В. Н., Воржев В. Г., Гырдымов Г. П. и др.] ; под общ ред. В. Г. Колосова. – Л. : Машиностроение, 1984. – 224 с.
19. Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки : справочник. / [Сафраган Р. Э., Кривов Г. А., Титаренко В. Н. и др.]. – К. : Техника, 1989. – 175 с.
20. Пашков Є. В. Електропневмоавтоматика у виробничих процесах : навч. посібник / Пашков Є. В., Осинський Ю. О., Четв'юркін О. О.; під ред. Є. В. Пашкова. – [2-е вид., перероб. і доп.]. – Севастополь : Вид-во СевНТУ, 2003. – 496 с.
21. Пашков Є. В. Промислові мехатронні системи на основі пневмоприводу : навч. посібник / Є. В. Пашков, Ю. О. Осинський. – Севастополь : Вид-во СевНТУ, 2007. – 388 с.
22. Пуховский Е. С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства / Пуховский Е. С. – К. : Вища школа, 1989. – 240 с.
23. Пуховский Е. С. Технология гибкого автоматизированного производства / Е. С. Пуховский, Н. Н. Мясников. – К. : Техника, 1989. – 207 с.
24. Робототехника и гибкие автоматизированные производства : в 9-ти кн. : Кн. 7. Гибкие автоматизированные производства в отраслях промышленности / [Макаров И. М., Белянин П. Н., Лобиков Л. В. и др.]. – М. : Высшая школа, 1986. – 176 с.
25. Трифонов Л. М. Процессы и оборудование гибкого автоматического производства обработки металлов резанием / Трифонов Л. М. – М. : Министерство радиопромышленности СССР, институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов, 1985. – 101 с.

Навчальне видання

**Муляр Юрій Іванович
Репінський Сергій Володимирович**

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА
В МАШИНОБУДУВАННІ**

Частина I

Навчальний посібник

Рукопис оформив *С. Репінський*

Редактор *Т. Старічек*

Оригінал-макет підготував *О. Ткачук*

Підписано до друку 18.11.2019.
Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 5,94.
Наклад 50 (1-й запуск 1–21) пр. Зам. № 2019-156.

Видавець та виготовлювач
Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Хмельницьке шосе, 95,
м. Вінниця, 21021.
Тел. (0432) 65-18-06.
press.vntu.edu.ua;
E-mail: kivc.vntu@gmail.com
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.