

Міністерство освіти і науки України  
Луцький національний технічний університет



## **АВТОМАТИЗАЦІЯ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ**

Конспект лекцій  
для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі  
знань G Інженерія, виробництво та будівництво  
освітньої програми «Прикладна механіка»,  
спеціальності G9 Прикладна механіка  
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

УДК 621.0 (007)

A18

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки \_\_\_\_\_ Н.ПОЛІЩУК

Рекомендовано до видання вченою радою факультету транспорту та механічної інженерії ЛНТУ, протокол № \_\_\_\_ від « » \_\_\_\_\_ 2026 року.

Голова вченої ради ФТМІ \_\_\_\_\_ І. МУРОВАНІЙ

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ, протокол № \_\_\_\_ від « 13 » січня 2026 року.

Завідувач кафедри ПМіМ \_\_\_\_\_ Р. РЕДЬКО

Укладач: \_\_\_\_\_ Б. ВАЛЕЦЬКИЙ, кандидат технічних наук, доцент кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ.

Рецензент: \_\_\_\_\_ О. РЕШЕТИЛО, кандидат технічних наук, доцент, кафедри автоматизації і комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ.

Відповідальний

за випуск: \_\_\_\_\_ Р.РЕДЬКО, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ.

A18

Автоматизація виробничих процесів. Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво ОП «Прикладна механіка», спеціальності G9 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Б.П. Валецький. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 74с.

Призначене для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої ОП «Прикладна механіка» галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво спеціальності G9 Прикладна механіка усіх форм навчання. Чітка структурованість лекцій допоможе студентові швидше і легше оволодіти пропонуваним матеріалом та застосовувати набуті уміння при розв'язанні реальних науково-технічних задач різного ступеня складності

© Валецький Б.П., 2026

## ЗМІСТ

Змістовий модуль 1. Основні поняття та терміни в автоматизації .....	5
Лекція 1. Роль автоматизації виробництва в технічному прогресі.....	5
Лекція 2. Структура автоматизованого технологічного та виробничих процесів .....	10
Лекція 3. Виробничий процес і його елементи .....	14
Лекція 4. Послідовність автоматизації виробничого процесу .....	17
Лекція 5,6. Виробнича система.....	21
Лекція 7. Шляхи та засоби розвитку автоматизації.....	30
Лекція 8. Технологічність конструкцій.....	33
Змістовий модуль 2. Технологічний процес – основа автоматизації.....	38
Лекція 9. Диференціація та концентрація операцій.....	38
Лекція 10. Класифікація рівнів автоматизації виробництва .....	43
Лекція 11,12. Автоматизація контролю розмірів в приладобудуванні .....	46
Лекція 13, 14. Автоматизація транспортування та руйнування стружки .....	56
Лекція 15. Основні етапи побудови системи контролю та керування технологічним процесом.....	69
Список рекомендованої літератури.....	74

## ВСТУП

Автоматизація виробничих процесів – це комплекс заходів з розробки нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин і систем машин. Головний напрямок автоматизації – створення високопродуктивних технологічних процесів.

На сьогодні можна з упевненістю стверджувати, що напрямок переобладнання виробництва на основі гнучких автоматизацій усіх його процесів набув визнання в машинобудуванні. Комплексно автоматизоване машинобудівне виробництво створює умови для одночасного досягнення високої продуктивності й технологічної гнучкості, яка раніше забезпечувалась лише безпосередньою участю людини у виробничому процесі.

Актуальною є проблема зі створення інтегрованих виробничих систем. Для цього необхідне вирішення ряду важливих наукових та інженерних завдань створення технічних і програмних засобів управління, вимірювання, контролю за ходом виробництва, діагностики, маніпулювання оброблюваними деталями, конструювання інструменту, вибір технологічної стратегії.

# ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ТЕРМІНИ В АВТОМАТИЗАЦІЇ

## ЛЕКЦІЯ 1. РОЛЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА В ТЕХНІЧНОМУ ПРОГРЕСІ

**Мета лекції:** визначити елементи автоматизації та її вплив на технічний прогрес.

Автоматизація виробничих процесів – це комплекс заходів з розробки нових, прогресивних технологічних процесів і створення на їх основі нових високопродуктивних машин і систем машин. Головний напрямок автоматизації – створення високопродуктивних технологічних процесів.

На сьогодні можна з упевненістю стверджувати, що напрямок переобладнання виробництва на основі гнучких автоматизацій усіх його процесів набув визнання в машинобудуванні. Комплексно автоматизоване машинобудівне виробництво створює умови для одночасного досягнення високої продуктивності й технологічної гнучкості, яка раніше забезпечувалась лише безпосередньою участю людини у виробничому процесі.

Актуальною є проблема зі створення інтегрованих виробничих систем. Для цього необхідне вирішення ряду важливих наукових та інженерних завдань створення технічних і програмних засобів керування, вимірювання, контролю за ходом виробництва, діагностики, маніпулювання оброблюваними деталями, конструювання інструменту, вибір технологічної стратегії.

Причин, які б дозволяли в найкоротші терміни розробити принципи створення й упровадження гнучких автоматизованих виробництв – декілька.

Перша полягає в тому, що гнучке автоматизоване виробництво дозволяє автоматизувати одиничне і дрібносерійне виробництво, яке складає на сьогодні понад 80% загального об'єму промислового виробництва. Другою причиною є стрімкий розвиток сучасних засобів обчислювальної техніки, які відрізняються простотою керування й програмування та забезпечують автоматизацію практично всіх ступенів реалізації технологічного задуму – від розробки і конструювання до керування технологічними процесами і плануванням.

Третя, найактуальніша глибока причина полягає в тому, що гнучке автоматизоване виробництво за своєю суттю – новий напрямок виробничих сил.

Базовою складовою гнучких виробничих систем є гнучкі виробничі модулі й роботизовані технологічні комплекси на базі основного технологічного обладнання (ливарного, ковальсько-пресового, механообробного, складального), робототехнічні засоби обслуговування даного обладнання (завантаження – розвантаження, зміна інструменту, пристрої), засобів складування заготовок, деталей, інструментів і технологічної оснастки, транспортно-накопичувальні пристрої, пристрої видалення відходів виробництва.

Отже, гнучкі виробничі модулі й роботизовані технологічні комплекси спільно з іншими автоматизованими засобами забезпечення функціонування є основними виконавчими структурними одиницями сучасного гнучкого автоматизованого виробництва.

Під виробничим процесом сучасного виробництва розуміють такий комплекс заходів, за допомогою яких здійснюється виробництво тих або інших машин, вузлів, апаратів та інших виробів.

Основним завданням промисловості є освоєння нових конструкцій машин, обладнання, засобів механізації й автоматизації, нових технологій. Для кожного напрямку різних галузей народного господарства характерна своя специфіка, яка залежить від типу виробництва, призначення, розмірів і точності машин, рівня виробництва і технічної оснащеності.

У загальному плані автоматизація виробництва – це етап машинного виробництва, що характеризується звільненням людини від безпосереднього виконання функцій керування виробничими процесами та передаванням цих функцій технічним засобам – автоматичним пристроям і системам.

Керування – це цілеспрямована дія на об'єкт, яка забезпечує оптимальний чи заданий режим його роботи.

Незалежно від мети, призначення, структури об'єкта процес керування передбачає виконання таких операцій:

- отримання та попереднє опрацювання інформації про фактичний стан об'єкта, системи і навколишнього середовища;
- аналіз отриманої інформації, порівняння існуючої виробничої ситуації з даною;
- прийняття рішення про дію на об'єкт у певному напрямку та оцінювання можливості реалізації такої дії;
- реалізація керування, тобто формування дії за допомогою відповідних технічних засобів.

При здійсненні процесу керування часто доводиться спочатку віднайти потрібний режим роботи, а потім його підтримувати. В окремих випадках для простих об'єктів значення технологічних параметрів задають наперед, тоді системи називають системами автоматичного регулювання. Сучасні автоматичні та автоматизовані системи є за своєю структурою розподіленими і базуються на мережевих технологіях із використанням мікропроцесорних засобів.

Сучасні системи автоматизації об'єднуються у складні комп'ютерно-інтегровані системи. Розглядаючи їх, слід передусім наголосити на тому, що сукупність взаємопов'язаних і взаємодіючих елементів у них призначена для досягнення певних цілей, сукупність елементів системи та характери зв'язків між

ними визначаються структурою останньої. При створенні й аналізі систем автоматизації виділяють структури:

- функціональну – сукупність частин для виконання окремих функцій: отримання інформації, її опрацювання, передавання та інші;
- алгоритмічну – сукупність частин для виконання певних алгоритмів опрацювання інформації;
- технічну – сукупність необхідних технічних засобів як відображення функціональної та алгоритмічної структур.

Основні переваги автоматизації полягають у можливостях забезпечити:

- зростання продуктивності та поліпшення умов праці;
- виконання робіт у важкодоступних та взагалі недоступних для людини сферах (радіоактивні зони, космос, окремі види металургійного та інших виробництв);
- підвищення точності, якості технологічних процесів і відповідних виробів;
- зростання надійності, техніко-економічних показників, загальної культури виробництва та кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Автоматизація виробництва проводиться за допомогою автоматичних пристроїв, які можна класифікувати за різними ознаками. Однією з найпоширеніших є класифікація за функціональним призначенням пристроїв:

- автоматичного контролю та сигналізації;
- автоматичного захисту;
- обчислювання;
- автоматичного керування.

Пристрої автоматичного контролю та сигналізації забезпечують контроль за перебігом технологічних процесів, станом приміщень та відповідно сигналізацією. За нормальних умов процесів використовується оптична сигналізація, а при появі відхилень від цих умов – оптична та акустична.

Пристрої автоматичного захисту забезпечують захист об'єктів при появі загрози для обладнання, продукції або обслуговуючого персоналу.

Блокуючі пристрої мають призначення не допускати виконання хибних команд.

Обчислювальні пристрої самостійно виконують складні розрахунки найвигідніших технологічних режимів роботи, експрес-аналізу і т. д.

Вирішення проблем автоматизації потребує принципово нових технологічних підходів до обладнання, уніфікованих технологічних процесів, вибору систем керування. А також потребує розв'язання таких проблем, як максимальна концентрація операцій, упровадження багатоопераційних, багатоінструментальних машин, верстатів, застосування складальних і

контрольних автоматів, автооператорів, завантажувальних пристроїв, ПР, створення автоматичних ліній та гнучких систем та ін.

Набули поширення автоматичні лінії з верстатів-автоматів із числовим програмним керуванням. Це устаткування легко під'єднати до керуючих і обчислювальних електронних машин, що заздалегідь складеними програмами забезпечують роботу всієї лінії.

При автоматизації велику роль відіграє процес створення роторних автоматичних ліній. Їхнє застосування дозволить на одній лінії конструктивно подібних машин проводити різнохарактерні операції: штампування і різання, нанесення покриття і контроль, маркування і пакування.

Автоматизація – вища, нова форма виробництва. Це – складний процес, який охоплює багато співвідношень: технічних, наукових, економічних. Сюди входить також автоматика, яка здійснює керування, контроль, переробку інформації та ін. Вона вивчає умови функціонування і алгоритми керування для різних технологічних процесів з метою розробки систем автоматичного керування.

Перехід від ручної або механізованої праці до автоматизованого виробництва можна здійснити тільки після спеціальної підготовки, в якій основними положеннями переходу представлені певні умови.

Першою умовою автоматизованого виробництва на сьогодні є покращення його організації. Покращення організації виробництва – це продукт високоякісної організації потокового виробництва, яке характеризується розміщенням обладнання за технологічним процесом. Зайвим тут є міжопераційні склади, багатократне завантаження, розвантаження, транспортування. Використовуються спеціалізовані або спеціальні верстати, автоматичні лінії. Разом з тим, при впровадженні поточкових методів виробництва рекомендується звертати увагу на вдосконалення організації робочих місць, створення нових інструментів і пристроїв, нових методів контролю, транспортування деталей, орієнтації.

Наступною умовою переходу є модернізація існуючої й упровадження нової техніки через заміну автоматизованого обладнання, яка підвищує техніко-економічні показники. Напрямами модернізації є:

- підвищення потужності і швидкохідності процесу обробки;
- підвищення жорсткості і вібростійкості обладнання в цілому за
- рахунок окремих деталей і вузлів;
- скорочення допоміжного часу за рахунок автоматизації кріплення деталей, заміни інструменту, вимірювання в процесі обробки, автоматизації керування;
- розширення технологічних можливостей і концентрація операцій;
- багатойнструментальна обробка;

- зміна основного технологічного призначення обладнання;
- покращення умов експлуатації.

Важливою умовою рентабельності сучасного виробництва є автоматизація транспортних робіт. Основними етапами вирішення проблеми транспортування деталей при автоматизованому виробництві є:

- суміщення кількох операцій з метою скорочення транспортних шляхів;
- організація найкоротших прямолінійних технологічних ліній;
- забезпечення підйому всього вантажопотоку на рівень, який максимально наближений до висоти установчих баз систем, з метою зменшення вертикальних переміщень деталей;
- оснащення верстата або автоматизованого комплексу передавальними і піднімальними пристроями, механізмами повороту стрілок, склизів, жолобів та ін.

Найраціональнішим технологічним транспортом можна вважати різні типи технологічних конвеєрів з переважними і розподільними автоматичними пристроями, з міжопераційним запасом і різними пристосуваннями для обробки різноманітних за формою деталей.

Найважливішим напрямком автоматизації є розробка нових технологічних процесів та впровадження прогресивної технології на основі останніх досягнень науки і техніки.

До основних умов впровадження автоматизації відносяться:

Організаційні умови впровадження автоматизації у виробництво:

1. Розміщення обладнання за технологічним процесом.
2. Організація робочих місць, дільниць, цехів, створення нових інструментів та пристроїв, нових методів контролю, транспортування деталей.
3. Ліквідація міжопераційних складів, багатократне завантаження, розвантаження, транспортування. Технічні умови:

1. Використання високоточного обладнання, оброблювальних центрів, верстатів з ЧПК, багатопозиційна обробка.
2. Підвищення потужності обладнання.
3. Підвищення жорсткості та вібростійкості.
4. Впровадження автоматизованих систем діагностики обладнання і контролю технологічного процесу, автоматизованих систем керування технологічним процесом (контроль зносу, датчики поломки, системи аварійної зупинки, сигналізації, автоматизація закріплення та зняття деталей).

5. Впровадження робіт – автоматизовані пристрої, передавальні і піднімальні пристрої, механізми повороту, жолобів, склизів, технологічні конвеєри.

Гнучкі виробничі системи, що забезпечують швидке переналадження, для виробництва деталей широкої номенклатури. Технологічні умови:

1. Концентрація операцій (суміщення кількох операцій).
2. Організація найкоротших прямолінійних технологічних ліній.
3. Скорочення допоміжного часу.
4. Багатоінструментальна обробка.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Яке основне завдання промисловості?
2. Які операції передбачає процес керування?
3. Назвіть переваги автоматизації.
4. Назвіть класифікацію пристроїв за функціональним призначенням.
5. Які умови необхідні для впровадження автоматизації виробництва?

## ЛЕКЦІЯ 2. СТРУКТУРА АВТОМАТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

**Мета лекції:** визначити структуру технологічного та виробничих процесів в умовах автоматизації.

Найбільш довгим варіантом перетворення вхідного матеріалу в готову деталь буде такий порядок поступового переходу від первісних розмірів отриманого матеріалу до заданих розмірів та формі деталі, коли технологічним процесом передбачається всі чотири стадії наближення:

1. Заготовча стадія.
2. Чорнова обробка.
3. Чистова обробка.
4. Оздоблювальна обробка.

На технологічний маршрут виробництва деталі впливає заготовка та спосіб її отримання.

Вибір способу отримання заготовки впливає на число та трудомісткість операцій наступної механічної обробки та загальну собівартість всього технологічного процесу.

При заготовках, що виготовляються з високою точністю, число операцій механічної обробки (різання) буде невеликим.

При грубо виготовлених заготовках великі припуски подовжують механічну обробку. Вартість механічної обробки різко збільшується, хоча процес отримання заготовки спрощується та здешевлюється.

Таким чином при розробці технологічного процесу деталі що виготовляється можливі два принципово протилежних напрямки:

1. Отримання заготовки, яка максимально наближається по формі та розмірам до готової деталі. При цьому на заготівельні цехи припадає більша частина трудомісткості виготовлення деталей та менша доля припадає на механічні.

2. Отримання грубої заготовки з великим припуском, коли на механічні цехи припадає основна доля трудомісткості.

Друге направлення – одиничне та малосерійне виробництво, коли використання коштовного обладнання в заготівельних цехах зовсім не економічно.

Вибір методу отримання заготовки в значній мірі визначається фізикохімічними властивостями матеріалу, з якого повинна бути виготовлена деталь.

У приладобудуванні для отримання заготовок та наступного виготовлення деталей використовуються різноманітні методи обробки: лиття, гаряча та холодна штамповка, спеціальні види обробки тиском, електрофізичні та електрохімічні методи обробки, обробка різанням і т. д.

Основним елементом автоматизованих виробничих процесів є верстати з числовим програмним керуванням. Такі верстати мають ряд суттєвих переваг, у порівнянні з універсальними:

1. Верстати з числовим програмним керуванням можуть працювати практично автономно, день за днем випускаючи продукцію стабільно високої якості.

2. Один оператор може обслуговувати декілька верстатів, оскільки його участь у виготовленні деталі мінімальна і зводиться до запуску програми та реалізації допоміжних операцій - установка заготовки і зняття готової деталі, налагодження інструментів і таке інше, що забезпечує високий рівень автоматизації виробництва.

3. Виробничу гнучкість. Для обробки різних деталей необхідно лише замінити програму, а вже перевірена і відпрацьована програма може бути використана в любий момент і необмежену кількість разів.

4. Висока точність та повторюваність обробки. Використовуючи одну і ту ж програму можна виготовити тисячі практично ідентичних деталей

5. Числове програмне керування дозволяє оброблювати такі деталі, які неможливо виготовляти на звичайному обладнанні. Це деталі складної просторової форми, наприклад, штампи і прес-форми, лопатки газотурбінних двигунів і таке інше.

6. Сама методика роботи за програмою дозволяє достатньо точно визначати час обробки конкретної партії деталей і, відповідно, більш повно завантажувати обладнання

Автоматизація виробничих процесів на основі впровадження роботизованих технологічних комплексів і гнучких виробничих модулів, допоміжного обладнання, транспортно-накопичувальних і контрольно-вимірювальних пристроїв, об'єднаних у гнучкі виробничі системи, що керуються від ЕОМ, є однією зі стратегій прискорення науково-технічного прогресу.

Гнучка виробнича система являє собою сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання і систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, яка характеризується властивістю автоматизованого переналагодження при виробництві виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик.

Узгоджена робота всіх елементів гнучкої виробничої системи повинна базуватися на організації просторового і часового зв'язку всіх елементів, який дозволить синхронізувати роботу всієї системи в умовах змінної структури і тривалості технологічних процесів. Для виконання цієї умови потрібен аналіз технічного завдання, який вимагає:

1. Зміст технічного завдання на проект (креслення конструктивів та задані умови виробництва, задана програма випуску по виробках).
2. Аналіз конструктивів, деталювання, визначення класифікаційних кодів деталей, визначення основних технологічних операцій необхідних для повного виготовлення конструктивів та їх групування за типами.
3. Попередній вибір заготовчого процесу, обґрунтування вибору-технологічне, економічне, організаційне.
4. Аналіз програми випуску за заданими умовами та визначення типу виробництва по кожному з конструктивів.
5. Попередній аналіз умов та організації виробництва для проектування гнучкої виробничої системи (можливості одночасного багатомономенклатурного виробництва, чергове виробництво з переналагоджуванням тощо).

Згідно з отриманим технічним завданням на проектування гнучкої виробничої роботизованої системи на основі агрегатно-модульної побудови можна одночасно використовувати багатомономенклатурне виробництво.

Паралельна структура даного виробництва можлива при наборі в групі більшої кількості конструктивів із сумарним випуском, що забезпечує економічно необхідну продуктивність складної лінії.

Проектування гнучких виробничих систем неможливе без якісної технологічної підготовки виробництва, яка містить:

1. Розробки структурних варіантів виробничих процесів для виготовлення заданих конструктивів згідно з вибраною організаційною структурою та умовами виробництва.

2. Калькуляцію часу основних технологічних операцій та кінцевий вибір структури за основними технологічними операціями.

3. Попередня розробка варіантів структури транспортних і завантажувальних операцій.

4. Вибір типів контролю та їхнього місця в загальній структурі основного обладнання, попередня калькуляція часу операцій контролю.

Технічна підготовка виробництва на базі гнучких виробничих систем характеризується вибором певних організаційних параметрів у встановлених межах значень їх характеристик:

1. Вибір основного та допоміжного технологічного обладнання для виконання основних, допоміжних, транспортних технологічних операцій – згідно з вибраною компоувальною структурою гнучких виробничих систем.

2. Вибір переналагоджуваних засобів (стандартного типу) та інструментів:

- Силкові механізми. Захоплювальні пристрої роботів-маніпуляторів.
- Транспортні засоби.
- Інструменти.

3. Групування обладнання за гнучкими виробничими модулями згідно його функціональним призначенням та спроектованою структурою виробничого процесу.

4. Розрахунок організаційних параметрів гнучких виробничих систем.

5. Розрахунок розмірів партій міжопераційного накопичення оброблювальних елементів.

6. Розрахунок незавершеного виробництва необхідного для безперебійного функціонування гнучкої виробничої системи в заданих організаційних умовах.

7. Визначення необхідної кількості основного та допоміжного персоналу для створеної гнучкої виробничої системи.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Основні стадії виготовлення деталей.
2. Напрямки технологічного процесу деталі, що виготовляється.
3. Назвіть переваги верстатів з ЧПК.
4. Що таке гнучка виробнича система? Опишіть її характеристики.
5. Що входить до технологічної підготовки виробництва?

### ЛЕКЦІЯ 3. ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС І ЙОГО ЕЛЕМЕНТИ

**Мета лекції:** сформувати визначення виробничого та технологічного процесів, та як вони реалізуються в умовах автоматизації.

*Виробничий процес* – підготовка засобів виробництва та організація обслуговування робочих місць; одержання та зберігання матеріалів і напівфабрикатів; складання виробів у процесі виробництва та доставка на склад готової продукції; технічний контроль на всіх стадіях виробництва, включаючи випробування готових виробів тощо. Виробничий процес містить ряд операцій, які поділяють на *основні* та *допоміжні*.

До основних належать процеси виготовлення деталей і складання з них приладів, а до допоміжних – виготовлення та заточування інструменту, ремонт та обслуговування обладнання, внутрішньозаводське транспортування та зберігання тощо.

Основою виробничого процесу є *технологічний процес* виготовлення деталей та виконання дій, направлених на зміну і наступне визначення стану предмета виробництва. Технологічні процеси механічної обробки супроводжуються зміною форми заготовки, а термічної – фізичних і механічних властивостей матеріалу. Виділення технологічного процесу із загального виробничого процесу має деяку умовність. Наприклад, від вимірювання деталі форма її не змінюється, але ця операція належить до технологічного процесу. Установка та зняття деталі з верстата – це частини технологічного процесу, але транспортування деталі вздовж цеху в технологічний процес не входить, хоча і є частиною виробничого процесу.

Виробничий процес складається з окремих процесів, які забезпечують виготовлення виробу (рис.3.1).

На кожному етапі виробничого процесу, по окремих операціях технологічного процесу, здійснюється контроль за виготовленням деталей відповідно до технічних умов, які пред'явлені до деталі забезпечення належної якості готового виробу.

Відповідно до ДСТУ 2391:2010 технологічний процес може бути: проектним, тимчасовим, робочим, перспективним, одиночним, маршрутним, типовим, операційним, стандартним, маршрутно-операційним.

Проектування машини або лінії починається з детальної розробки технологічного процесу. При цьому необхідно вирішити цілу низку задач, які визначають якісну і кількісну характеристики технологічних процесів.

Якісна сторона:

- вибір методів обробки;
- вибір послідовності обробки;

- вибір різального і вимірювального інструментів;
- вибір технологічних баз. Кількісна сторона технологічних процесів:
- вибір оптимального ступеня диференціації та концентрації операцій;
- вибір режимів обробки;
- вибір оптимальної структури автоматичних систем машин.
- вибір оптимальної структури автоматичних систем машин.

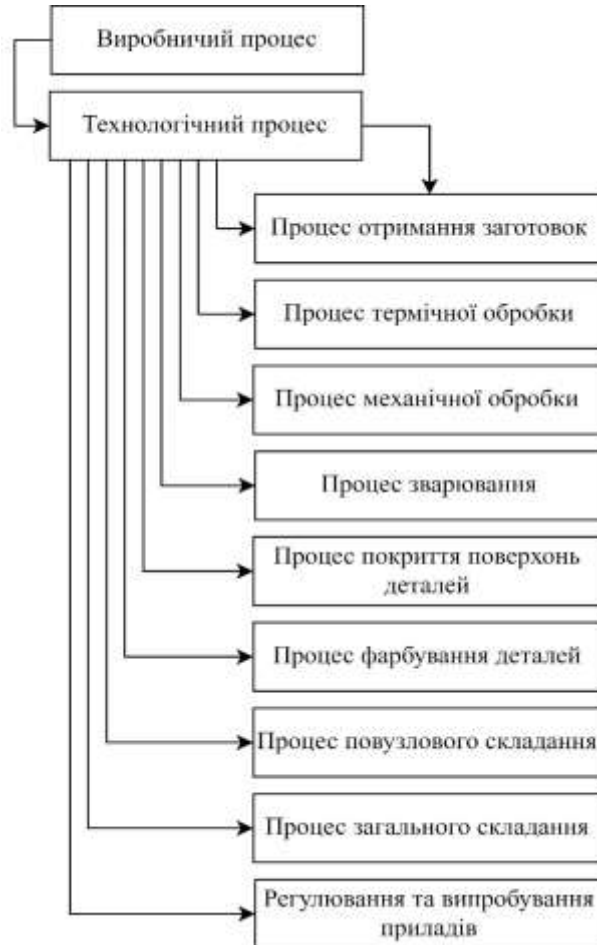


Рис. 3.1. Структура виробничого процесу

Коло операцій – визначає цільове призначення автомата або лінії, у відповідності з чим і їх певна назва (автомат, автоматична лінія).

Технологічний процес вибирають так, щоб забезпечити виготовлення деталей необхідної якості з найменшими затратами часу і праці за умови невисокої собівартості продукції.

Технологічний процес складається з технологічних операцій, а операції – з установів і позицій, технологічних елементарних і допоміжних переходів, робочих і допоміжних ходів та прийомів.

Для налагодження обладнання складають технологічну карту обробки, ескізи, дані про режими, характеристики обладнання, тобто існують кількісна і якісна задачі. Перехід до комплексної автоматизації, до створення автоматичних цехів і заводів характерні тим, що технологічний процес містить у собі не тільки різноманітні операції, але і інші технологічні процеси – литво, термообробка, складання, контроль, пакування та ін.

*Технологічною операцією* називають закінчену частину процесу, що виконується на одному робочому місці. Так, процес виготовлення валу із шпонковою канавкою складається з двох операцій: *токарної* (обточування валу) і *фрезерної* (фрезерування шпонкової канавки). У процесі обробки заготовки можлива зміна її положення.

Частина операції, що виконується при незмінному, закріпленні заготовки, яка обробляється, називається *установом*. Він складається з позицій.

*Позицією* називають фіксоване положення, яке займає закріплена заготовка разом з пристроєм відносно інструмента під час виконання певної частини операції.

Закінчену частину операції, що характеризується постійністю інструмента та оснащення за однакових режимів різання та установки заготовки, називають *технологічним переходом*.

*Елементарним переходом* називають частину переходу, яка виконується без зміни режиму одним інструментом і на одній поверхні, що обробляється за один робочий хід.

Усі дії, що здійснюються за допоміжний хід, називають *допоміжним переходом*.

Обточуючи деталь, виконують робочі та допоміжні ходи. Закінчену частину переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, що супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості чи властивості заготовки, називають *робочим ходом*.

Закінчену частину переходу, яка складається з одноразового переміщення інструмента відносно заготовки, що не супроводжується зміною форми, розмірів, шорсткості чи властивості заготовки, але необхідну для виконання робочого ходу, називають *допоміжним ходом*.

Для здійснення процесу виконується ряд дій, наприклад закріплюється заготовку в патроні токарного верстата або різець у різцетримачі. Таку певну закінчену дію, спрямовану на виконання елементів технологічного процесу, називають *прийомом*.

Отже, елементами технологічного процесу є технологічна операція, установча позиція, переходи робочі та допоміжні. Виготовлення деталей складається з різних елементів процесу. Залежно від матеріалу та форми заготовок, наявного обладнання та інструментів, виду виробництва, технічні вимоги, що ставляться до деталі (точність, шорсткість поверхні), розробляють елементи процесу обробки різанням, які оформляються у вигляді технологічних карт.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Що таке виробничий процес?
2. Що таке технологічний процес?
3. Назвіть основні складові виробничого та технологічного процесів?
4. Назвіть відмінності між технологічним та елементарним переходами.

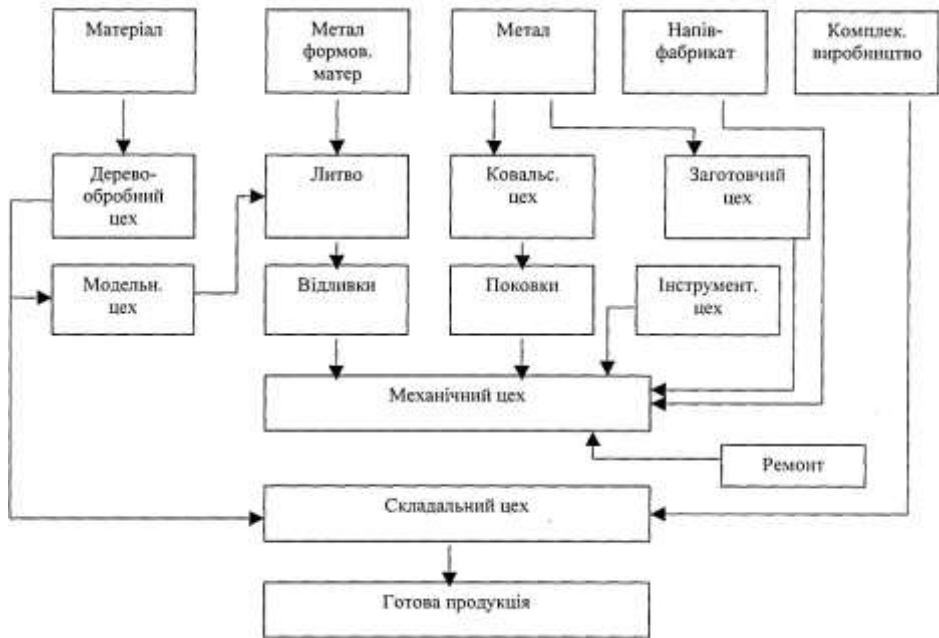
#### **ЛЕКЦІЯ 4. ПОСЛІДОВНІСТЬ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ**

**Мета лекції:** надати визначення про виробничий процес, автоматизацію виробничих процесів, етапи автоматизації для різних типів виробництв.

Автоматизація виробничих процесів – це сукупність заходів із розробки технологічних процесів, створення та впровадження високопродуктивних автоматично діючих засобів виробництва, які забезпечують безперервне зростання продуктивності праці.

Виробничий процес у приладобудуванні складається з трьох основних фаз: заготівельна, оброблювальна і складальна.

Аналіз гнучкого виробництва свідчить, що сучасний завод має розвинену систему вантажних потоків, які зв'язують не тільки внутрішні робочі місця, але й цехи, дільниці (рис 4.1).



*Рис. 4.1. Структурна система транспортування*

Великі перспективи автоматизація має в заготівельних цехах, де зменшення величини припуску на механічну обробку дає великий економічний ефект, особливо:

1. У виробництві заготовок:

- литво по моделях під тиском; у кокіль, відцентрове литво;
- точне штампування на механічних пресах, відтискування, віброштампування, висаджування на електровисадних машинах, чеканка, калібрування, холодна висадка, об'ємне штампування;
- виробництво зварних конструкцій; - виготовлення деталей із пластмас.

2. У виробництві деталей:

- - виготовлення деталей із сучасних матеріалів, нові технології: електроіскрова, імпульсна, лазерна обробка та інше, що знижує розхід металу, скорочує затрати, розширює можливості автоматизації.

3. У слюсарно-складальному виробництві:

- механізовані пневматичні й електричні інструменти, дрібні настільні, переносні, вмонтовані в конвеєри свердлильні верстати, зварювальні апарати та ін.

4. Використання гальванотехнології, лакових та емальних покриттів з метою підвищення антикорозійної стійкості.

Аналізуючи історію і тенденцію розвитку автоматизації виробничих процесів, можна виділити три етапи:

- автоматизація робочого циклу, створення напівавтоматів і машинавтоматів;
- автоматизація системи машин, створення автоматичних ліній;
- комплексна автоматизація виробничих процесів, створення автоматичних цехів і заводів.

Перший етап автоматизації – теоретичне вирішення поставлених завдань із використанням задач фізики, математики, математичного моделювання та залученням обчислювальних машин. Результат вирішення цього завдання - автоматична модель майбутнього об'єкта, наприклад, токарного верстата-автомата.

Після розробки моделі визначають техніко-економічні показники й оцінюють їх ефективність у порівнянні з існуючими моделями верстатів. Мета оцінювання: визначення здатності моделі виконувати задані функції; досягнення максимальної продуктивності праці; високої якості продукції, що випускається, максимального використання палива, устаткування і сировини, максимального обсягу реалізації продукції.

Після економічного оцінювання за допомогою інженерного методу оптимізують здійснення розробленого рішення. Під оптимізацією в даному випадку розуміють простий, надійний і ефективний метод перетворення в дійсність поставленого завдання і розробки конкретної конструкції.

Залежно від призначення вузли системи розбивають на групи за функціональними ознаками, наприклад, транспортні й завантажувальні пристрої, виконавчі й регулюючі пристрої автоматики. Усі засоби групують за близькими ознаками в уніфіковані блоки, із яких складають комплекси засобів автоматизації.

Сукупність блоків можна розділити, у свою чергу, на ряд цільових механізмів, кожен із яких виконує визначену операцію робочого циклу. Кількість і призначення цільових механізмів визначені технологічним призначенням і схемою роботи комплексу в цілому.

Таким чином, на першому етапі автоматизують технологічний процес, автоматизація охоплює, як правило, лише окремі операції обробки.

Якісне і кількісне оцінювання стану технологічного процесу виконують за трьома видами показників: виду, ступеня та категорії.

За видом розрізняють одиничну і комплексну автоматизацію. Установлено десять ступенів використання автоматизації виробничих процесів (від одиничних операцій до організації технології на рівні всієї промисловості).

Прийнято умовне позначення ступенів автоматизації:

1 – одинична технологічна операція;

2 – закінчений технологічний процес;

3 – система технологічних процесів, виконуваних на виробничій дільниці;

4 – система технологічних процесів у межах цеху;

5 – система технологічних процесів у межах технологічно однорідних цехів;

6 – система технологічних процесів у межах підприємств;

7 – система технологічних процесів у межах виробничих фірм при науково-виробничих об'єднаннях;

8 – у межах окремих об'єднань;

9 – у межах однієї галузі промисловості;

10 – система технологічних процесів, які виконуються на рівні ряду галузей промисловості країни.

Залежно від рівня і впливу виду автоматизації технологічного процесу встановлено вісім категорій автоматизації: нульова, нижча, мала, середня, велика, підвищена, висока і з кількісною оцінкою від 0 до 1.

Припустимо, у цеху взагалі немає засобів механізації й автоматизації— цех із нульовою категорією.

Другий етап автоматизації – автоматизація системи машин, створення автоматичних ліній, що поєднують у собі виконання різноманітних операцій обробки, контролю, складання й пакування.

Автоматична лінія – система машин, розташованих у технологічній послідовності, об'єднаних засобами транспортування, керування, що автоматично виконують комплекс операцій, крім налагодження.

Процес обробки синхронізується з роботою інших механізмів (поворотних столів, механізмів видалення стружки і т. п.). Вища форма автоматизації на другому етапі – комплексні потокові лінії з напівавтоматів і автоматів.

Третій етап автоматизації – комплексна автоматизація виробничих процесів, створення автоматичних цехів і заводів.

Автоматичний цех або завод – це підприємство, в якому основні виробничі процеси здійснюються на автоматичних лініях із використанням автоматичних систем керування, обчислювальної техніки, системи керування якістю і т. п.

Сучасний автоматичний завод являє собою складний багатоланковий об'єкт керування, всі елементи якого в постійній динамічній взаємодії один з одним. Встановлення оптимальних взаємозв'язків між елементами об'єкта керування для досягнення найкращих економічних показників роботи

автоматизованого підприємства визначає виконання функцій автоматичних систем. Використання ЕОМ дозволяє вирішувати не тільки завдання керування виробництвом, але й гнучкого керування технологічними процесами і технологічним комплексом устаткування.

Аналіз розвитку гнучких автоматизованих виробничих систем і гнучких автоматизованих технологічних комплексів показує, що «виробнича гнучкість» виявляється за будь-якого рівня виробництва.

Крок у забезпеченні «виробничої гнучкості» — автоматичний пошук і заміна інструменту або пристосувань; автоматизація завантаження заготовок і розвантаження готових деталей, їхнього транспортування; автоматизація обліку; автоматизація допоміжних операцій.

Технічні засоби для такої автоматизації — центри обробки, промислові роботи, автоматичні транспортні засоби, автоматизовані склади. До гнучких виробничих систем входить і система керування з використанням обчислювальної техніки.

Гнучку автоматизовану виробничу систему узагальнено можна представити як сукупність технологічного устаткування, здатного автоматично перебудуватися на випуск нового виробу.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Що таке автоматизація виробничих процесів?
2. Назвіть фази виробничого процесу у приладобудуванні.
3. Опишіть структуру системи транспортування.
4. Назвіть типи автоматизації виробничих процесів.
5. Що таке автоматичний цех?

## **ЛЕКЦІЯ 5, 6 ВИРОБНИЧА СИСТЕМА**

**Мета лекцій:** сформувати визначення виробничої системи, її принципи та функції. Також про технологічне середовище, його типи, та про взаємодію об'єкту керування із системою керування

### **Лекція 5**

Розвиток автоматизації процесів виробництва пов'язаний зі створенням виробничих систем.

Система може бути визначена як сукупність елементів, настільки тісно пов'язаних між собою, що вона виступає відносно інших систем і навколишнього середовища як дещо єдине. Зв'язок між елементами системи повинен бути міцніший, ніж зв'язок кожного з цих елементів з частинами інших систем.

Виробнича система – складна багаторівнева ієрархічна система, що перетворює вихідні напівфабрикати сировини або матеріалів у кінцевий продукт, що відповідає суспільному замовленню.

Ефективність використання виробничих систем визначає низка факторів:

- раціональність розробленого технологічного процесу;
- структурно-компонувальна схема модулів і виробничих систем у цілому, їх надійність, точність, вартість;
- можливості розробленої (обраної) системи керування, що забезпечує раціональну експлуатацію автоматизованого обладнання, задану програму випуску і якість продукції.

Основою будь-якого виробництва є технологічний процес – певна взаємодія знарядь і предметів праці, обслуговуючої і транспортної систем, у результаті чого випускається продукція, що відповідає критерію якості.

Переміщення предметів праці від однієї стадії обробки до іншої можна визначити як матеріальний потік у виробничому просторі. Для забезпечення роботи виробничої системи слід організувати ще інформаційний та енергетичний потоки.

Виробничий процес можна представити як систему, що перетворює потоки енергії, матеріалів та інформації (рис. 5.1).

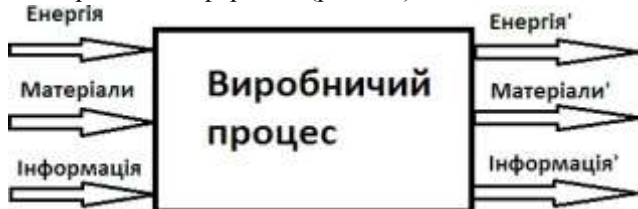


Рис. 5.1. Представлення виробничого процесу

З позиції автоматизації за характером матеріального потоку технологічні процеси можна розділити на два типи – безперервні й дискретні.

У безперервних технологічних процесах матеріальний потік та інформація, що його відображає, безперервні. Матеріальний потік, що проходить через технологічне обладнання і зазнає там у кожен момент часу зміни своїх властивостей, є неперервним.

До безперервних відносять виробництва, у яких вимагається регулювати витрату, тиск, температуру, напругу, переміщення рухомих елементів та інші величини в усьому діапазоні їх змін. Це – різноманітні хімічні реактори, процеси приготування харчових продуктів, металургія, постачання теплом, водою й електроенергією.

У безперервних виробництвах зайнято мало людей, тому за рахунок автоматизації можна знизити витрати матеріалів та енергії або стабілізувати технологічний процес, виключивши його залежність від суб'єктивних чинників. Для керування таким виробництвом вимагається узгодження динамічних характеристик об'єкта керування і системи автоматичного регулювання в усьому інтервалі зміни регульованих величин.

Для дискретних технологічних процесів характерна вихідна продукція у вигляді виробів, що обчислюються в штуках. Початкові компоненти перетворюються циклічно і готова продукція випускається партіями.

До дискретних відносять виробництва з кінцевим числом станів змінних, наприклад із увімкненням і вимкненням клапанів, засувок, пускачів за сигналами двопозиційних датчиків.

Автоматизація дискретного виробництва розвинена менше внаслідок більшої різноманітності виробів і операцій, підвищених вимог до точності операцій. Тут зайнята значна кількість робітників ручної праці. Для дискретного виробництва характерне величезне число варіантів автоматизації, операцій, що відрізняються послідовністю, затратами й ефективністю. Їх зіставлення вимагає формального опису алгоритмів керування устаткуванням і розробки моделей організації виробництва.

У реальних задачах найчастіше спостерігається поєднання обох видів виробництв, що називають безперервно-дискретним виробництвом. Крім того, методи автоматизації дискретного виробництва все частіше застосовують до автоматизації безперервного виробництва.

За принципом керування виробничі системи можна поділити на прості, складні і інтелектуальні. Розрізнити їх можна за видом алгоритму функціонування і принципом прийняття в них рішень. В алгоритмах функціонування простих систем використовуються тільки виконавчі блоки, а в алгоритмах роботи складних систем – також блоки прийняття рішень. Для інтелектуальних систем характерне існування дерева прийняття рішень.

При формуванні конфігурації конкретної виробничої системи слід планувати процес проектування зверху вниз і створювати систему знизу вверху. Основними факторами при проектуванні виробничих систем є матеріальні й інформаційні потоки.

Сукупності функцій в автоматизованих виробничих системах утворюють системні комплекси, у котрих найважливішими є:

- технологічні функції (зміни фізичного стану об'єктів виробництва), носіями котрих є технологічні системи;

- функції маніпуляції і транспортні функції (положення та місцезнаходження об'єктів виробництва й оснастки), носіями котрих є засоби

маніпуляції й транспортні засоби і вони об'єднані в системи матеріальних потоків;

– функції керування, координації та синхронізації роботи елементів і систем, і їх взаємодія на базі розподілу й передавання сигналів команд та інтеграція в інформаційні потоки, носіями котрих є інформаційна техніка і засоби керування.

## Лекція 6

Процес функціонування деякої системи – це послідовна зміна станів системи в часі.

Будь-яке кількісне вивчення процесу можливе лише у випадку, коли визначені його величини, що характеризують процес із кількісної точки зору. У загальному вигляді кожному фіксованому моменту часу відповідає миттєве значення системи, котре можна описати, наприклад, набором чисел:  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , що описують основні властивості системи з потрібною точністю. Якщо розглядати процес як послідовну зміну станів системи у часі, то величини  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  виявляються функціями часу  $a_1(t), a_2(t), a_3(t), \dots, a_n(t)$ . Ці функції називають характеристиками процесу і відносять до сигналів, що перетворюються системою. Конструктивні властивості системи характеризуються її параметрами, а величини, що визначають її початковий стан, називають початковими умовами.

Складність керування виробництвом залежить від повноти підрахунку кількості технологічних ситуацій  $S$ , необхідних і достатніх для вироблення керуючих рішень. Кожну ситуацію задають набором значень ознак, що характеризують зовнішню ситуацію і стан об'єкта керування. Значення ознак можуть бути безперервними або бінарними. У першому випадку для керування важлива, наприклад, величина швидкості руху, в другому – відсутність або наявність факту перевищення заданої швидкості. Для завдань керування часто потрібні тільки факти змін у технологічному середовищі, і так безперервні ознаки зводять до бінарних. Це дозволяє значно скоротити число ситуацій, в яких приймається керуюче рішення. Проте навіть при бінарних ознаках уведення кожної додаткової ознаки збільшує число комбінацій ознак або ситуацій, що описуються ними, у два рази. Для п'яти бінарних ознак середовища число описуваних ситуацій  $S = 2^5 = 32$ , а після введення ще однієї ознаки вимагається описати вже  $S = 2^6 = 64$  ситуації. З іншого боку, деякі ситуації, описані комбінаціями ознак, неможливі за технологічними умовами. Наприклад, неможливі ситуації, в яких однакові значення ознак руху вперед і назад.

Залежно від числа  $n$  датчиків, що сприймають зовнішню обстановку і стан об'єкта, технологічне середовище може бути повністю визначеним, організованим або неорганізованим (рис. 6.1).

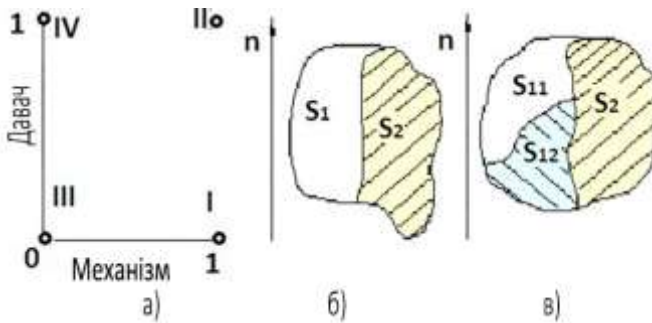


Рис. 6.1. Типи технологічного середовища: а – повністю визначене; б – організоване; в – неорганізоване

У повністю визначеному середовищі керування задане для усіх комбінацій ознак середовища. Наприклад, вмикається і вимикається деякий механізм з датчиком аварії. Стан середовища характеризується наявністю або відсутністю сигналу з датчика аварії, а стан об'єкта – роботою або зупинкою механізму. Для двох бінарних ознак можливі тільки  $2^2 = 4$  ситуації (рис. 6.1а) : I – механізм працює, аварії немає; II – механізм працює, аварія є; III – механізм не працює, аварії немає; IV – механізм не працює, аварія є. У кожній ситуації може бути прийнято одне з трьох рішень: для I і IV – нічого не робити; для II – вимкнути механізм; для III – увімкнути механізм. Керування такого типу реалізоване в програмних роботах і системах захисту механізмів від перевантаження.

В організованому середовищі деякі з ситуацій неможливі за технологічними умовами, тому можна задати керування тільки для підмножини  $S_1$  із  $S$  можливих ситуацій ( $S_1 \subseteq S$ ) вважаючи, що інші ситуації ніколи не виникнуть (за винятком відмов датчиків). В цьому випадку множину комбінацій ознак середовища розбивають на підмножини можливих  $S_1$  і неможливих  $S_2=S_1$  ситуацій (рис. 6.1, б). Перерахувати можливі ситуації  $S_1$  і задати для них керування можна, якщо число ознак ситуацій не перевищує 5 – 6. До такого типу відноситься керування стаціонарними установками і адаптивними роботами.

У неорганізованому середовищі через велике число ознак середовища не вдається повністю перерахувати множину можливих ситуацій  $S_1$ . Це називають «прокляттям розмірності», коли введення кожної  $q$  – значної ознаки збільшує число ситуацій в  $q$  разів. Знання про середовище доводиться формувати шляхом навчання розпізнаванню образів. Спостерігаючи деякий час за процесом, складають навчальну вибірку з частини можливих ситуацій  $S_{12} \subseteq S_1$  рис. 6.1, в). Потім відшукують вирішальні функції, що ділять навчальну вибірку  $S_{11}$  на підмножини за числом рішень. Ці функції використовують для розпізнавання нових ситуацій з  $S_{12} \subseteq S_1$  що не зустрічалися в навчальній вибірці  $S_{11}$ .

Звичайно, нова ситуація з  $S_{12}$  розпізнається з деякою вірогідністю помилки, залежної від об'єму навчальної вибірки і правильності побудови вирішальних функцій. Для роботи в таких середовищах потрібне керування з елементами штучного інтелекту. В процесі навчання формують набір ознак середовища, необхідний і достатній для розпізнавання усіх ситуацій з  $S_1$ .

Оцінювання стану кожної ознаки середовища окремим датчиком вимагає великих витрат на створення інформаційної системи. Виникає завдання розпізнавання станів  $n$  ознак середовища  $m < n$  датчиками мінімальної вартості.

Складаються два підходи до його вирішення:

- установка мінімального набору доступних датчиків для частини ознак середовища  $m$  й отримання інших ознак  $(n - m)$  шляхом логічної обробки сигналів датчиків;

- застосування багатофункціонального інформаційного датчика у вигляді телекамери або широкосмугового мікрофона, який сполучений із системою розпізнавання оптичних чи звукових образів.

При першому підході в навчальній вибірці відшуковують стійкі логічні зв'язки ознак і вибирають набори ознак середовища зв чинником вартості. Шляхом логічної обробки аналогового сигналу датчика швидкості колісно-рейкового робота-тягача можна визначити 11 ознак середовища: швидкість, напрям руху, прискорення, уповільнення, перевищення заданої швидкості, стискування і розтягування складу, сходження з рейок, буксування, відмова електродинамічного гальмування, облік спроб рушання з місця. Звичайний контроль ознак вимагав би 11 різних датчиків з відповідним збільшенням вартості системи.

Другий підхід універсальний, але вимагає складних алгоритмів обробки отриманого спостереження образу і порівняння його з еталонем. Для введення зорового, звукового або мультисенсорного образу в ЕОМ вимагається його кодування.

Процес керування об'єктом представимо як взаємодію системи керування (СК) і об'єкту керування (ОК) (рис. 6.2). Система керування відповідно до заданої програми  $X$ , стану  $S$  технологічного середовища та інформації  $Z$  з датчиків на об'єкті формує сигнали  $Y$  керування механізмами об'єкта. При цьому на об'єкті діють випадкові дії  $E$  з боку технологічного середовища, що змінюють стан об'єкта.

Відповідно до поділу об'єктів керування на безперервні і дискретні розділимо систему керування на систему автоматичного регулювання і керуючий логічний пристрій. Система автоматичного регулювання забезпечує стеження вихідної величини за зміною вхідної величини при випадкових діях ( $E$ )

середовища на об'єкт. Керуючий логічний пристрій перемикає виконавчі пристрої об'єкта за заданим алгоритмом та сигналами датчиків.

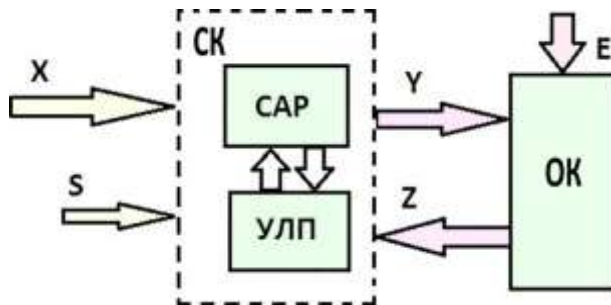


Рис. 6.2. Взаємодія системи керування СК та об'єкта керування ОК

При проектуванні виробничої системи завданням інженера є вибір її структури (певним чином пов'язаної сукупності деталей) і параметрів системи. Крім того, характеристиками системи є ті критерії, якими оцінюється система. Ці критерії (продуктивність, надійність, собівартість і/або критерії якості) не є сигналами, але їх слід знати та уміти визначати для того, щоб віддати перевагу тому чи іншому конструктивному варіанту. Тут слід відзначити два суттєвих моменти. Для того, щоб визначити характеристики, що не впливають прямо з ходу роботи системи, треба будувати систему з аналітично й логічно пов'язаних залежностей, іншими словами, розглядати математичну модель процесу, що об'єднувала б фізичну модель процесу та залежності, пов'язані з визначенням критеріїв якості. Другим суттєвим моментом є те, що виробничий процес слід розглядати як різновид випадкового процесу, бо в результаті впливу багатьох випадкових факторів виробу будуть мати різні характеристики у загальному випадку. Без такого підходу ми не в змозі керувати розсіюванням параметрів виробу, а звідси й забезпечити його якісне виконання.

#### **Рівні комп'ютерно-інтегрованого виробництва.**

Комп'ютерно-інтегроване виробництво містить п'ять рівнів автоматизації (рис. 6.3).

На рівні зв'язку з устаткуванням I/O (Input/Output – Вхід/Вихід) забезпечується узгодження зовнішніх елементів з пристроєм керування.

На рівні керування Control вбудовані в устаткування пристрої керування за сигналами датчиків стану механізмів виробляють команди керування виконавчими пристроями – приводами, клапанами, світловими і звуковими сигналами.



*Рис. 6.3. Рівні автоматизації комп'ютерно-інтегрованого виробництва*

Одночасно з керуванням інформація про роботу устаткування в реальному часі передається на рівень узагальненого контролю і збору даних SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). На рівні SCADA ведуть сортування, перетворення і зберігання поточних даних, а також їх відображення на мнемосхемі процесу. Для диспетчера відображається поведінка усіх одиниць устаткування: поточний стан і показники роботи машин, рух матеріальних потоків, узагальнена інформація. Системи SCADA дозволяють спостерігати процес у цілому, відстежувати аварійну інформацію, часові тенденції і статистичні характеристики процесу. За необхідності диспетчер передає узагальнені команди керування устаткуванням.

Рівень планування ресурсів MRP (Manufacturing Resources Planning) іноді неправильно ототожнюють з інформаційною технологією виробництва. Це відомий варіант автоматизації офісної діяльності з метою ведення бухгалтерського обліку, керування фінансами і матеріально-технічним постачанням, організації документообігу. На цьому рівні керівники виробництва аналізують кон'юнктуру стратегію: динаміку ринкових цін на продукцію, що випускається, рівень прибутку за різними видами продукції, прогнозований попит.

Донедавна рівні керування об'єктом виробництва I/O, PLS, SCADA і рівень планування ресурсів MRP розвивалися незалежно. Використовуючи відірвані від поточного виробництва офісні програми, менеджери не могли виявляти резерви підвищення продуктивності і зниження собівартості, змінювати номенклатуру продукції, що випускається. При формуванні найприбутковішої стратегії виробництва їм потрібно було знати структуру собівартості кожного з сотень видів продукції, час виконання замовлення, що надійшло, необхідні для виконання замовлення ресурси, доцільність оновлення устаткування. Для вироблення рішень вимагалася поточна інформація про стан кожної одиниці

устаткування. Ця інформація могла бути отримана на рівні SCADA, де збиралися усі дані про роботу устаткування. Необхідність виживання підприємства в ринковому середовищі призвела до появи між рівнями диспетчеризації SCADA і планування ресурсів MRP додаткового рівня виконання завдань MES (Manufacturing Execution System), що пов'язує менеджерів верхнього рівня з поточним виробництвом. Тут інформація від SCADA перетворюється в інформацію для MRP, проводиться оновлення бази даних, контролюється послідовність операцій, формується розклад перевірки і ремонту устаткування залежно від тривалості фактичної експлуатації. Після аналізу цієї інформації з позиції виробничої і кон'юнктурної політики підприємства стратегічні рішення менеджера виконуються на нижчих рівнях. У 90-х роках минулого століття стали з'являтися програмні комплекси, за допомогою яких будь-який співробітник міг спостерігати за роботою будь-якої одиниці устаткування. До них відносяться комплекси Factory Suite (Промисловий набір) фірми «Wonderware» (США) і Genesis (Відродження) фірми «Iconics» (США). Набір Factory Suite об'єднує рівні MES, SCADA і Control.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Визначення виробничої системи.
2. В чому полягає ефективність використання виробничих систем?
3. Що таке безперервні виробництва? Назвіть приклади.
4. Опишіть дискретний технологічний процес.
5. Назвіть класифікацію виробничих систем за типом керування.
6. Назвіть функції системного комплексу.
7. Які функції називають характеристиками процесу?
8. Що таке значення ознак? Які типи ознак існують?
9. Назвіть типи технологічного середовища.
10. В чому полягає завдання розпізнавання станів  $n$  ознак середовища  $m < n$  датчиками мінімальної вартості? Які є підходи до вирішення цього завдання?
11. Назвіть рівні автоматизації комп'ютерно інтегрованого виробництва.

## ЛЕКЦІЯ 7. ШЛЯХИ ТА ЗАСОБИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

**Мета лекції:** визначити шляхи та засоби автоматизації, а саме про основні види автоматичної подачі та види автоматичних ліній.

Важливими шляхами й засобами розвитку автоматизації на виробництві є:

- автоматизація універсальних металорізальних верстатів;
- виробництво автоматичних ліній на базі діючого технологічного обладнання;
- виробництво нових спеціальних і спеціалізованих автоматичних ліній;
- застосування роторних автоматичних ліній;
- створення автоматичних заводів-автоматів.

### **1. Автоматизація універсальних металорізальних верстатів.**

Поточні верстатні лінії створювали з універсальних верстатів. Перетворення універсальних і півавтоматичних верстатів в автомати або лінії проводять шляхом комплексної модернізації з оснащенням їх автооператорами, автоматичними подачами, маніпуляторами, магазинними та іншими пристроями. Автооператори застосовуються переважно для верстатів, не потребують корінного переобладнання.

Важливу роль в автоматизації відіграє автоматичний завантажувальний пристрій.

Магазинний автоматичний завантажувальний пристрій – це механізм подавання заготовок, в який завантаження заготовок з визначеною орієнтацією здійснюють вручну, а подачу з магазину на робочу позицію – автоматично.

Найпоширенішими способами подавання заготовок є:

1. Подавання власною вагою – найбільш поширений простий спосіб. Заготовки можуть бути різної форми, але вага повинна забезпечити подавання заготовок у живильник і далі на робочу позицію.

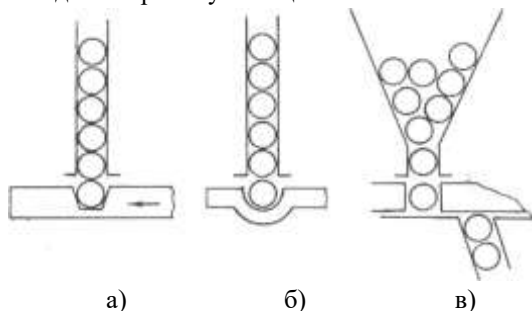


Рис. 7.1 Способи подачі заготовок: а) – прямолінійний. б) – криволінійний. в) – бункерний.

2. Для заготовок з малою вагою застосовують магазинні пристрої з примусовим подаванням. У якості підсилюючого пристрою використовують вантаж або пружину.

3. Магазинні пристрої здійснюють примусове подавання заготовок силами тертя за рахунок руху привода.

4. Ланцюгові магазинні пристрої застосовуються для довгих циліндричних валиків, втулок. Можна також заготовки подавати дисками, які розміщуються вертикально або горизонтально.

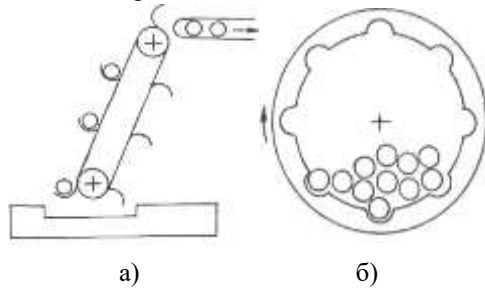


Рис. 7.2. Ланцюгові магазини: а) – ланцюговий. б) – дисковий.

5. Найтипівішими є живильники із зворотно-поступальним рухом (рис.7.3), які не займають відносно багато робочого простору, забезпечують високу точність.

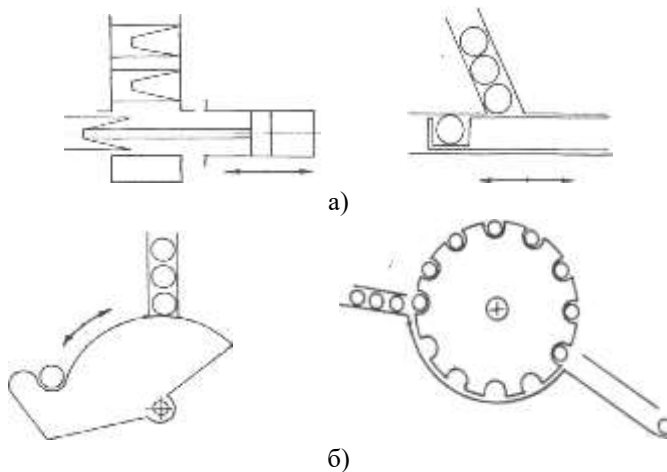


Рис. 7.3: а) живильники з зворотно-поступальним рухом і магазинним пристроєм, обертовим рухом; б) живильники з комбінованим рухом

2. Виробництво автоматичних верстатних ліній на базі діючого технологічного обладнання.

Визначена група верстатів автоматично виконує в суворій послідовності весь цикл операцій обробки деталі. Далі, також автоматично, з готових складаються вузли, агрегати, модулі, з яких і утворюється лінія.

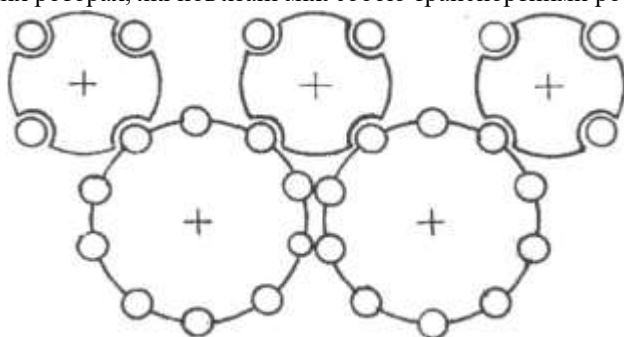
*3. Виробництво автоматичних верстатних ліній спеціального і спеціалізованого призначення.*

Кількість агрегатів в автоматичній лінії визначаються технологічним процесом обробки і законами агрегування. Для нормальної роботи:

- заготовки повинні бути стійкими для транспортування в якомусь певному положенні, повинні мати бази для вивірки цього положення;
- синхронізувати час на виконання операцій, тобто час на кожну операцію повинен дорівнювати або бути кратним найменшому часу для виконання однієї з операцій;
- цикл операції налагоджувати без складного або комбінованого інструменту;
- використовувати спеціальні транспортні засоби, пристрої фіксації та кріплення;
- лінія готова обробляти хоча би кілька деталей з незначним підналагодженням.

*4. Роторні автоматичні лінії.*

Роторні лінії (рис. 7.4) забезпечують обробку заготовок у процесі їх транспортування разом з інструментом. Можна також виконувати декілька операцій на різних роторах, які пов'язані між собою транспортними роторами.



*Рис. 7.4. Роторні автоматичні лінії*

Роторна лінія складається із роторів, кількість яких дорівнює кількості операцій і відрізняється від автоматичних ліній тим, що її продуктивність не обмежена швидкістю переміщення інструмента відносно заготовки оброблюваного елемента, довжиною операції і часом транспортування. Для

збільшення продуктивності праці необхідно збільшувати число інструментів на роторі.

#### 5. Створення автоматичних ділянок, цехів, заводів.

Підготовка до проектування комплексно-автоматизованих виробництв складається із декількох етапів:

- виявлення об'єктів (одного або багатьох), які переривають технологічний процес і передавання їх на безперервне функціонування;
- підбір необхідного обладнання, пристроїв, систем керування і
- визначення техніко-економічної ефективності;
- забезпечення повної автоматизації технологічних процесів;
- забезпечення науково-дослідних робіт на розробку обладнання, апаратури та ін.;
- проведення техніко - економічного обстеження.

Бурхливе упродовження – це великі масштаби виробництва і швидка змінність, що потребують від виробництва високої продуктивності, мобільності, гнучкості. Особливе це протиріччя виникає на виробництві, коли кількість деталей мала і досить часто змінюється, в такому виробництві набули визнання верстати з програмним керуванням і лінії, що з них укомплектовані.

Переваги: мобільність при підготовці виробництва, підготовка програм за межами виробництва.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Опишіть шляхи та засоби автоматизації виробництва.
2. Опишіть способи автоматизованого подавання заготовок.
3. Що таке роторні автоматичні лінії?
4. Назвіть етапи проектування комплексно-автоматизованих виробництв.

## ЛЕКЦІЯ 8. ТЕХНОЛОГІЧНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ

**Мета лекції:** надати визначення технологічності конструкцій деталей.

Технологічність конструкцій виробу – це сукупність властивостей, що проявляється в можливості досягнення оптимальних затрат праці, засобів, матеріалів і часу, при технічній підготовці виробництва, виготовленні, експлуатації та ремонті порівняно з відповідними показниками однотипних конструкцій виробів того ж призначення при забезпеченні, стандартах значень показників якості та прийнятих умов виготовлення, експлуатації, ремонту.

До умов виготовлення відносять: тип, спеціалізацію програми, організацію виробництва, а також технологічні процеси.

Якісними характеристиками є:

1. Взаємозамінність – це властивість конструкції замінити іншу без додаткової обробки з збереженням якості виробу.

2. Регульованість – забезпечує можливість і зручність регулювання при складанні, технічному обслуговуванні та ремонті для досягнення працездатності.

3. Контролепридатність – забезпечує можливість, зручність і надійність контролю при виготовленні, обслуговуванні та ремонті.

4. Інструментальна доступність – забезпечує вільний доступ інструменту до поверхонь конструкції при виготовленні, контролі, випробуванні, обслуговуванні та ремонті.

Кількісна характеристика (основний показник технологічності конструкції):

1. Базовий показник - це показник прийнятий за вихідний при порівняльному оцінюванні. Регламентуються директивними документами.

2. Рівень технологічності конструкції – це показник, який визначається стосовно значення відповідного базового показника.

3. Показник конструкції, що проектується, – це досягнуті показники на певній стадії розробки.

4. Технологічною конструкція машини комплексу лінії вважається такою, значення показників технологічності якої відповідають базовим показникам.

5. Технологічний контроль конструкторської документації з метою забезпечення виробничої технологічності розроблюваної конструкції виробу.

6. Відпрацювання конструкції виробу на технологічність – це комплекс заходів для забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції виробу за встановленими показниками.

Технологічність конструкцій поділяють на 11 видів:

1. Виробнича технологічність – стосовно її виготовлення.

2. Експлуатаційна – стосовно виконання технічного обслуговування та ремонту.

3. Ремонтна – експлуатаційна технологічність, що визначається стосовно ремонту.

4. Технологічність обслуговування – це технологічність, що визначається стосовно підготовки й обслуговування транспортування, зберігання та ін.

5. Технологічність конструкції деталі – це сукупність властивостей, що проявляються в можливості оптимальних затрат праці, засобів, матеріалу і часу при технологічній підготовці її виробництва, виготовлення, експлуатації та ремонту, забезпеченні технологічності складальної одиниці.

6. Технологічність конструкції заготовки – це сукупність властивостей, що проявляються в можливості оптимальних затрат, засобів праці, матеріалу і

часу при її виготовленні в прийнятих умовах виробництва, а також забезпеченні технологічності деталі, що з неї виготовляється, і вузла в цілому.

7. Технологічність конструкції складальної одиниці - така ж сукупність властивостей, яка забезпечує технологічність машини.

8. Технологічність конструкції за розмірами – це технологічність, яка визначається вибором розмірів і їх відхилень.

9. Технологічність конструкції в процесі виготовлення визначається стосовно одного процесу з урахуванням можливості отримання технологічності конструкції на наступних операціях.

10. Технологічність за формою поверхні визначається вибором форми, розмірів, відхилень і якості поверхонь.

11. Технологічність за матеріалами характеризується властивостями та вартістю матеріалу.

При відпрацюванні конструкції машини на технологічність остання повинна забезпечити:

1. Зниження трудомісткості й собівартості виготовлення деталі.
2. Підвищення серійності при виготовленні шляхом стандартизації, уніфікації та групування деталей і їх елементів за конструктивними признаками.
3. Обмеження номенклатури конструкцій та матеріалів.
4. Використання освоєних у виробництві конструктивних рішень, які відповідають сучасним вимогам.
5. Зниження маси виробу.
6. Застосування високопродуктивних типових технологічних процесів і засобів технологічного оснащення.

Аналіз технологічності рекомендується робити в такій послідовності:

- 1) на підставі вивчення робочого креслення деталі, умов її роботи і заданого масштабу виробництва визначити тип заготовки, та спосіб її отримання;
- 2) визначити поверхні, що можуть бути використані при базуванні деталі;
- 3) установити можливість застосування високопродуктивних методів обробки;
- 4) з метою одержання високого ступеню точності і необхідної шорсткості поверхонь визначити необхідність додаткових операцій;
- 5) зробити прив'язку розмірів, які обумовлюються допусками, жорсткістю обробки, відхиленнями за формою і взаємним розташуванням поверхонь;
- 6) визначити можливість безпосереднього контролю розмірів, заданих у кресленні.

Для корпусних деталей визначають наступне:

- чи допускає дана конструкція деталі обробку площини на прохід і що заважає такому виду обробки;

- чи дозволяє форма отворів вести обробку на прохід;
- чи мається вільний доступ інструмента до оброблюваних поверхонь;
- чи є глухі отвори і чи можна їх замінити наскрізними.

Числові значення відносних показників технологічності приймають у межах  $0 < K_i < 1$ . Коефіцієнт технологічності повинен наближатися до одиниці.

Розробка технологічного процесу виконується тільки для тих деталей, конструкція яких відпрацьована на технологічність.

Технологічною вважають таку деталь, яка повністю відповідає вимогам, що пред'явлені до неї, а також може бути вона виготовлена з використанням найбільш економічних технологічних процесів.

Розглянемо деякі з коефіцієнтів технологічності:

1. Коефіцієнт використання матеріалу (8.1):

$$K_{BM} = \frac{m_d}{m_3}, \quad (8.1)$$

де  $m_d$  – маса деталі;  $m_3$  – маса заготовки.

2. Коефіцієнт необробленої поверхні (8.2):

$$K_{HP} = \frac{P_{HP}}{P_{\Sigma}}, \quad (8.2)$$

де  $P_{HP}$  – величина площі поверхні, яка не оброблюється;  $P_{\Sigma}$  – сумарна площа поверхні

3. Коефіцієнт складності конструкції (8.3):

$$\mu = \frac{2m_3(R + L)}{\rho SLR}, \quad (8.3)$$

де  $\rho$  – густина матеріалу;  $R$  – радіус заготовки,  $L$  – довжина заготовки,  $S$  – площа заготовки.

4. Коефіцієнт габаритності заготовки (8.4):

$$K_V = 1 - \frac{V_3}{m_3}, \quad (8.4)$$

де  $V_3$  – об'єм заготовки.

5. Коефіцієнт шорсткості поверхонь, які оброблюються (8.5):

$$K_{SH} = 1 - \frac{1}{B_{CP}}, \quad (8.5)$$

де  $B_{CP}$  – середній параметр шорсткості по всій поверхні.

6. Розрахунок коефіцієнту точності (8.6):

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{CP}}, \quad (8.6)$$

де  $A_{CP}$  – середній клас шорсткості.

7. Комплексний коефіцієнт (8.7):

$$K_K = \frac{\sum K_i \cdot K_{ie}}{\sum K_{ie}} \quad (8.7)$$

де  $K_i$  – поточні показники технологічності;  $K_{ic}$  – вага кожного показника технологічності в загальному значенні технологічності. При розрахунку комплексного коефіцієнта враховуються тільки ті коефіцієнти, які не дорівнюють нулю. На кожний з них розподіляються рівний відсоток впливу.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Що таке технологічність конструкцій виробу?
2. Назвіть якісні та кількісні характеристики конструкції виробу? Дайте визначення кожному визначенню.
3. Назвіть види технологічності конструкцій.
4. Що повинна забезпечити конструкція машини чи приладу?
5. Як визначити технологічність корпусної деталі?
6. Назвіть основні показники технологічності.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС –  
ОСНОВА АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ЛЕКЦІЯ 9. ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ТА КОНЦЕНТРАЦІЯ ОПЕРАЦІЙ

**Мета лекції:** надати визначення про диференціацію та концентрацію операцій, та роль цих процесів в автоматизованому виробництві.

При проектуванні технологічного процесу автоматизованого виробництва вирішують питання вибору методу обробки і обсягу роботи, який необхідно виконати на автоматичній лінії.

Створюючи агрегатні лінії, необхідно уявити шляхи підвищення продуктивності праці, що неможливо без знань законів агрегування, аналізу впливових факторів – втрат часу на обслуговування, ремонт та ін. При аналізі роботи багатопозиційних верстатів виходять із порівняння групи самостійно працюючого обладнання з багатопозиційним, які пов'язані позиціями.

Звідси випливає:

- при однаковому ступені диференціації кількість позицій в лінії дорівнює числу верстатів поточної лінії;
- усі верстати поточної лінії мають операційний запас деталей і працюють окремо.

В багатопозиційній лінії вихід із ладу однієї позиції викликає простій всієї лінії;

- диференціація технологічного процесу здійснюється рівномірно на операції, або кратна за часом;
- технологічний процес диференційовано на « $K$ » елементарних операцій;
- виконується робота 1 інструмента за 1 прохід за час її обробки

Тоді верстатомісткість повної обробки при  $K$  проходів.

$$T_g = t'_1 + t'_2 + K + t'_k = \sum_{i=1}^K t_i = k \cdot t_{cp}, \quad (9.1)$$

де  $t_2, t_3 \dots t_k$  – тривалості проходів другого, третього і т. д.

$t_{cp}$  – середня тривалість операції.

Можна виконати операцію кількома інструментами одночасно (набором інструментів), багатошпиндельною головкою і т. д.

Кожна група інструментів буде виконувати  $n$  операцій (переходів), що відповідає одній великій операції.

Час виконання цієї операції – також  $t_{cp}$ . Але кількість операцій (переходів) зменшиться в « $m$ » разів, тобто  $t \rightarrow k/m$

Верстатомісткість обробки деталі скоротиться дорівнюватиме

$$T_n = t'_1 + t'_2 + t'_3 + K + t'_k = \sum_{i=1}^K t_i = L \cdot t_{cp} = \frac{k}{m} t_{cp}, \quad (9.2)$$

де  $t_{cp}$  – час або верстатомісткість складних

Це є концентрація операцій першого ступеня. Середня кількість елементарних операцій  $n$  в новій складеній операції буде характеризувати ступінь концентрації операцій.  $m = \kappa/l$ .

Із рівнянь (9.1) і (9.2) бачимо, що верстатомісткість обробки після первинної концентрації  $T_n$  зменшиться в  $T_g = m T_n$ , об'єднуючи інструментальні блоки, агрегатні головки та інші.

Припустимо, що нам вдалося  $L$  великих операцій розмістити в «С» багатопозиційних верстатах. Тоді кожен верстат буде вміщувати  $n = l/c$  об'єднаних операцій. У цьому випадку кількість верстатних операцій визначимо за формулою  $C = l/n$ .

Середнє значення  $n$  характеризує ступінь концентрації другого порядку. Верстатомісткість обробки деталей після другої концентрації скоротиться в  $n$  раз і дорівнюватиме:

$$T_a = t_{01} + t_{02} + K + t_{0c} = \sum_{i=1}^c t_{0i} = ct_0 = \frac{\kappa}{m_0} t_0, \quad (9.3)$$

де  $t_{01} t_{02}$  – верстатомісткість пов'язаних операцій на багатопозиційному верстаті;  $t_0$  – середня верстатомісткість одної зведеної операції, яка дорівнює

$$t_0 = t_{mo} + t_{до}, \quad (9.4)$$

де  $t_{mo}$  – машинний час;  $t_{до}$  – допоміжний час на тій же операції.

Перша і друга концентрації операцій скорочують загальну верстатомісткість обробки  $T_b$  в  $mn\tau$  разів, що доводить рівняння

$$\frac{T_g}{t_b} = \frac{\kappa t_{cp}}{\frac{\kappa}{mn} t_0} = mn \frac{t_{cp}}{t_0} mn\tau, \quad (9.5)$$

де  $\tau = t_{cp}/t_0$  при  $t_0 = t_{cp}$   $T_g \rightarrow mn\tau T_b$  тобто час скорочується в  $mn$  раз; при  $t_{cp} > t_0$  скорочення буде більшим. Можливий і третій ступінь концентрації – об'єднання багатопозиційних верстатів в автоматичній лінії при  $\kappa = mn\kappa$

$$T_r = \frac{T_1}{C} = \frac{\kappa}{mn\kappa} t_0 \quad (9.6)$$

При максимальній концентрації верстатомісткість обробки дорівнює машинному часу елементарної операції, якщо на кожній позиції закріплена одна деталь, та плюс до цього час на заміну і регулювання інструменту.

Послідовне агрегування (рис 9.1) застосовується для складних робіт, які вимагають послідовної обробки різними інструментами. Всю обробку диференціюють на окремі операції. Обробку можна проводити послідовно або одночасно на всіх позиціях різними інструментами так, що в обробці число позицій тоді дорівнює числу деталей.

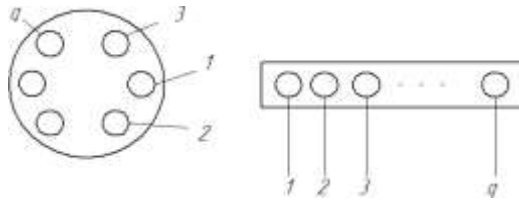


Рис. 9.1. Послідовне агрегування: 1,2,3 – номери позицій

Продуктивність груп незалежно від працюючих машин технологічного потоку

$$Q_{gr} = \frac{1}{t_c + t_p + t_n} \quad (9.7)$$

де  $t_x$  – час холостого ходу робочого циклу, верстата;

$t_x = t_e + \Sigma c_n$  – нециклові втрати одного верстата;

$t_c$  – втрати однієї позиції;  $t_p$  – час робочого ходу верстата;

$\Sigma c_n$  – втрати по інструменту однієї позиції.

$$t_p = \frac{t_{\text{об}}}{q} = \frac{1}{k_0 \cdot q} \quad ; \quad t_c = \frac{1}{k} \quad (9.8)$$

де  $k$  – технологічна продуктивність циклу (позиції);

$k_0$  – відношення технічної продуктивності всього процесу до диференціального;

$q$  – кількість послідовного розміщених верстатів, які здійснюють технологічний процес. Сумарні нециклові втрати верстатів технологічного потоку складуть

$$t_n = t_e + \frac{\Sigma C_i}{q} \quad (9.9)$$

Для пов'язаних в лінію верстатів, коли втрати однієї позиції впливають на втрати інших, можна записати

$$t_n = \left( t_e + \frac{\Sigma C_i}{q} \right) \cdot q = t_e q + \Sigma C_i \quad (9.10)$$

Продуктивність багатопозиційної машини

$$Q_x = \frac{1}{t_p + t_x + g t_n} \quad (9.11)$$

Підставляючи у формулу значення  $t_p$  і  $t_n$  отримаємо:

$$Q_{gr} = \frac{q \cdot k_0}{1 + g k_0 (t_x + t_e) + k_0 \cdot \Sigma C_i} \quad (9.12)$$

Паралельне агрегування застосовуються для простих операцій, коли диференціація останніх не практична. Одна операція повторюється на кількох позиціях. Схема паралельного агрегування зображена на рис.9.2.

Якщо в послідовному агрегуванні завантаження суміщають із робочим циклом, то в даному випадку час завантаження складає або входить в робочий цикл обробки. Очевидно, що в машині паралельно дії за один робочий цикл видається  $P$  готових виробів

$$(9.13)$$

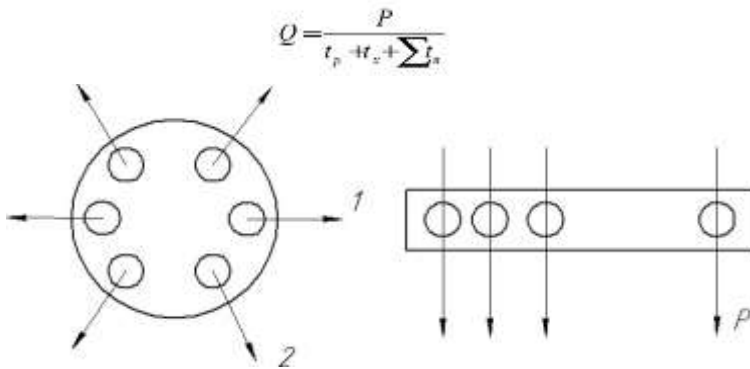


Рис. 9.2. Паралельне агрегування: 1,2,3...  $P$  – число паралельних позицій

При цьому час обробки деталі на одній позиції не змінюється, а тому  $k=k_0$   $t_p=t_{p0}$ . Сумарні нециклові втрати виростають в « $P$ » разів, бо маємо не  $P$  позицій, а  $P$  комплектів інструментів. Тому продуктивність машини паралельного агрегування буде

$$Q_p = \frac{P}{t_{p0} + t_z + p(t_e + \sum c_i)} = \frac{Pk_0}{1 + t_{0k} + pk_0(t_e + \sum c_i)} \quad (9.14)$$

Змішане агрегування паралельного і послідовного методу, в яких машина складається із « $P$ » паралельних потоків та  $g$  робочих позицій. Недоліки схеми – необхідність дублювання всіх механізмів і видачі продукції одночасно в різних позиціях. Технологічна продуктивність машини  $k=k_{og}$ .

Сумарні нециклові втрати

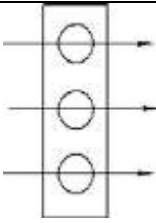
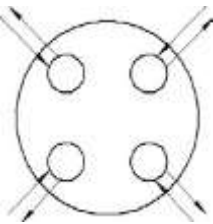
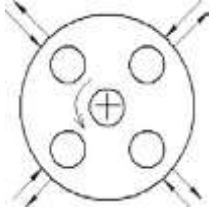
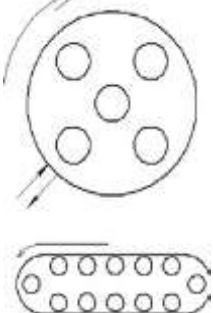
$$\sum t_n = P(\sum C_i + g t_e) = P \sum C_i + P g t_e \quad (9.15)$$

На відміну від багатьох машин, автоматичні лінії послідовно-паралельної дії мають незалежні потоки, кількість яких не впливає на величину нециклових втрат. Тому втрати визначають тільки втратами одного послідовного потоку

$$t_n = \sum C_i + g t_e \quad (9.16)$$

Приклади компоновання схем паралельної дії наведено в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1. Компоновальні схеми паралельної дії

	<p>Група однопозиційних машин, скомпонованих на одній станині. Неполадки в одному агрегаті викликають простій в інших і продуктивність падає</p>
	<p>Розміщення агрегатів по колу, де завантаження всіх позицій є одночасним. При завантаженні вручну час <math>t_0</math> збільшується</p>
	<p>Машина з центральним розподільним валом, при нерухомому блоці шпинделів. Тут зміщений по фазі цикл роботи</p>
	<p>Конвеєрна схема компоновки – це роторні машини. Продуктивність – майже постійна, але менша ніж в окремих незалежно працюючих машинах</p>

Продуктивність автоматичної лінії послідовно-паралельного агрегування визначають

$$Q_{pg} = \frac{Pgk_0}{1 + gk_0t_x + Pgk_0(\sum C_i + gt_c)} \quad (9.17)$$

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Що таке диференціація технологічних процесів? Назвіть приклади.
2. Що таке концентрація технологічних процесів? Назвіть приклади.
3. Що таке послідовне та паралельне агрегування?

## ЛЕКЦІЯ 10. КЛАСИФІКАЦІЯ РІВНІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА

**Мета лекції:** надати визначення рівнів автоматизації, ступені неперервності та про принцип агрегування.

При аналізі виробництва буває недостатнім знати стадію автоматизації технологічних процесів. Ступінь автоматизації визначаються рівнями, оцінювання яких здійснюють трьома основними показниками:

- ступінь охоплення автоматизованою працею;
- рівень автоматизації в загальних працезатратах;
- рівень автоматизації виробничих процесів.

Рівень автоматизації виробничих процесів відображає якісний бік

$$Y_n = \frac{\sum P_a knm}{\sum P_a knm + P(1 - Y_{MT} / 100)} \cdot 100 \quad (10.1)$$

де  $n$  – коефіцієнт продуктивності обладнання, який показує відношення трудомісткості виготовлення деталей на універсальному обладнанні до трудомісткості діючого;

$m$  – коефіцієнт обслуговування, який залежить від кількості обладнання.

Ця система дозволяє оцінити стан автоматизації, порівняти рівні різних галузей, визначити напрямки робіт, планування рівнів.

З точки зору придатності технологічних процесів до автоматизації та складності її здійснення всі процеси можна поділити на:

I. Основний клас – вимагається орієнтація заготовок і характеризується інструментом для обробки. Це – обробка різанням, тиском, складання, контроль.

II. Другий основний клас – не вимагається орієнтування і використовується середовище. Це термічна обробка, промивання, сушка і тому подібне.

III. Перший перехідний клас – вимагається орієнтація, але відсутній інструмент. Це – нанесення покриттів, контроль твердості.

IV. Другий перехідний клас – деталі не вимагають орієнтації, але застосовується різальний інструмент. Це – виробництво деталей з прес-порошків, метало- і мінералокераміка.

Робочі машини автоматизованого виробництва за ступенями неперервності можна розбити на:

1. Машини дискретної дії – потребують установки заготовки на робочій позиції в період виконання операції (свердління).

Продуктивність цих машин

$$Q = \frac{1}{T_y} = \frac{1}{t_M + t_x + t_z + t_{розт} + T_{TP}}, \tag{10.2}$$

де  $t_M$  – час машинний;  $t_x$  – холостого ходу;  $t_z$  – час затиску;  $t_{розт}$  – час розтискання;  $t_{mp}$  – час транспортування;  $t_y$  – час повного циклу.

2. Машини безперервної дії – характеризуються нерухомим інструментом і рухом деталі в процесі обробки. Продуктивність:

$$Q = \frac{V_T}{h} = \frac{V_T}{l_T + a}, \tag{10.3}$$

$V_T$  – швидкість руху;  $l_T$  – розмір заготовки;  $a$  – розмір між заготовками.

3. Машини квазібезперервної дії – характеризуються тим, що деталь та інструмент рухаються безперервно. Продуктивність

$$Q = \frac{V_{TP}}{1+a}, \tag{10.4}$$

де  $V_{TP}$  – швидкість транспортного руху.

За ступенем участі людини автоматичні робочі машини діляться:

1. Циклічні автоматичні машини і системи машин, в яких здійснюється жорстко задана програма без контролю в процесі виконання. Періодично здійснюють контроль, підналагодження, програмування;

2. Рефлекторні автоматичні машини і система машин, керування і контроль здійснює постійна програма, контроль і керування здійснює автоматично;

3. Автоматичні машини, які налаштовуються самі, і системи машин із застосуванням мікропроцесорної техніки, ЕОМ, пристроїв керування і контролю.

Створення матеріально-технічної бази проектування й виготовлення напівавтоматів, автоматів, автоматизованих ліній на основі принципу агрегування їх з уніфікованих вузлів потребує:

1. Розробка типової технології складання на основі уніфікованих і спеціальних елементів.
2. Розробка механізованого інструменту.
3. Здійснення наукових досліджень.

Для сучасного розвитку автоматизації процесу складання характерні тенденції:

1. Використання методу концентрації технологічних операцій для створення автоматизованого обладнання.

2. Використання методу агрегування при складанні.

3. Застосування мікропроцесорної техніки та мікрокомп'ютерів.

В складальному виробництві для проектування технологічних процесів вирішують завдання:

1. Розробка методу синтезу структурних схем і компоновок агрегатного складального обладнання.

2. Розробка методу розрахунку параметричних рядів уніфікованих вузлів і елементів складального обладнання.

3. Розробка нових методів експлуатації складального обладнання.

Основними напрямками реалізації методу концентрації в складальному виробництві є:

– суміщення на окремих позиціях машин паралельного або паралельно-послідовного виконання однотипних з'єднань;

– застосування багатошпindelних пристроїв зтяжки кількох різьбових з'єднань;

– суміщення в багатопозиційних складальних машинах операцій загального та вузлового процесу складання і контролю, а також деяких операцій виготовлення деталей;

– організація паралельного складання однотипних вузлів на складальних машинах із використанням супутникових складальних ліній синхронного і несинхронного типів, на яких можуть виконуватися операції складання, регулювання, настроювання, контролю, фарбування та пакування.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Наведіть класифікацію придатності технологічних процесів до автоматизації.

2. Назвіть ступені неперервності робочих машин.

3. Класифікуйте робочі машини за ступенем участі людини.

4. В чому полягає суть концентрації в складальному виробництві.

## ЛЕКЦІЯ 11,12. АВТОМАТИЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ РОЗМІРІВ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

**Мета лекції:** дати визначення основних методів автоматизованого контролю розмірів деталей приладів.

### **Лекція 11**

Автоматичний пристрій для контролю розмірів повинен виконувати всю сукупність операцій, необхідних для порівняння дійсних розмірів кожного виробу з заданими, залежно від результатів цього порівняння пристрій, повинен сортувати вироби на кілька груп або змінювати режим роботи основного технологічного обладнання.

Автоматизація технічного контролю є суттєвим етапом автоматизації промисловості, бо питома вага технічного контролю в сучасних виробництвах значна. Автоматичні контрольні пристрої поділяють на кілька основних груп:

1. Контрольні сортувальні пристрої, які сортують готові вироби на придатні й браковані, а часто ще й придатні вироби на ряд вимірних груп для селективного складання (пасивні методи контролю).

2. При контролі в процесі оброблення автоматичний пристрій може давати команди виконавчим пристроям і припиняти обробку при досяганні потрібного розміру (активні методи контролю).

Автоматичні пристрої для контролю і сортування виробів дуже різноманітні. Проте всі вони включають повністю або частково (головні) пристрої: завантажування, транспортування, вимірювання, пристрої пам'яті і сортування.

Основну функцію виконує вимірювальний пристрій. Він визначає належність даного виробу до тієї чи іншої групи і дає команду сортувальним пристроям. Пристрій пам'яті або, як його називають інакше, пристрій запасу імпульсу, запасає імпульс на час, який відповідає проміжку між моментом контролю і моментом сортування виробів.

Сортувальний виріб направляє пристрій у відповідний канал залежно від належності його до тієї чи іншої групи.

Вимірювальні пристрої контрольних автоматів поділяють на дві групи:

- безпосередньої дії;
- перетворення імпульсу.

У вимірювальних пристроях безпосередньої дії контролюючий виріб під тиском або під дією власної ваги проштовхується через калібр і залежно від проходження чи непроходження через нього попадає в ту чи іншу групу.

Калібр виконує функції вимірювального і сортувального приладу.

На рис. 11.1 зображено клиновий калібр для конічних роликів із обов'язковим переміщенням виробів. Нерухомі ролики (валики) 1 і 3 з

непаралельними осями утворюють клиновий калібр. Навколо валика 3 обертається шнек 4, який переміщує виріб 2 уздовж щілини клинового калібру.

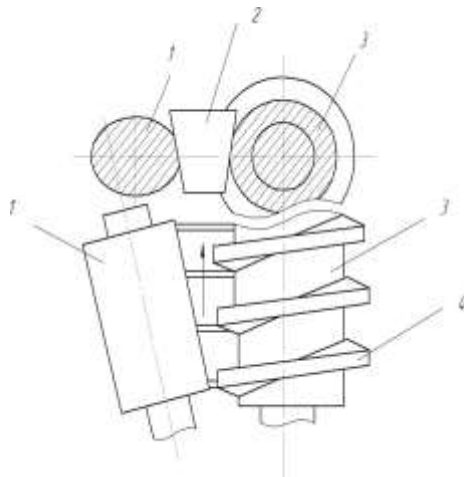


Рисунок 11.1. Клиновий калібр для конічних роликів

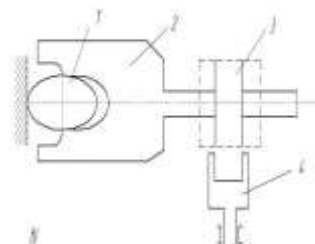
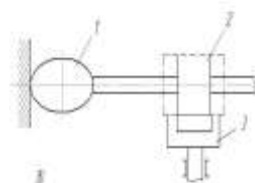
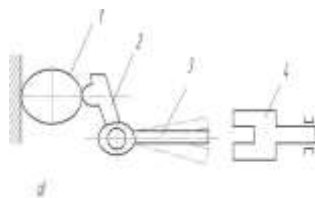


Рисунок 11.2. Схеми контролю перетворення імпульсу

При контролі лінійних розмірів виробів доводиться мати справу з малими відхиленнями від їх номінального значення. Значення цих відхилень у більшості випадків доводиться збільшувати, а потім перетворювати. В цих випадках можна використовувати механічні вимірювальні пристрої з перетворенням імпульсу. За механічним способом перетворення імпульсу переміщення штока, який торкається з виробом, масштабується за допомогою системи важелів. Схеми такого контролю зображено на рис. 11.2.

### Електроконтактні вимірювальні пристрої

Суть електроконтактного методу полягає в тому, що переміщення вимірювального щупа викликає замикання чи розмикання електричних контактів при відхиленнях розміру чи геометричної форми виробу, які виходять за границю допустимих.

Залежно від призначення електроконтактні пристрої виконують одномежевими, двомежевими, і багатомежевими.

Одномежеві пристрої розбивають вироби на групи з розміром, відмінним від встановленого.

Двомежеві пристрої поділяють деталі на три групи: з розмірами, які знаходяться у встановленому полі допуску і виходять з поля допуску. Такі пристрої набули найбільшого поширення.

Багатомежеві пристрої використовують для сортування деталей на певне число груп. Контактні вимірювачі розбивають на дві групи:

- з переміщенням контактів, що дорівнюють переміщенню вимірювального елемента – безважільні.
- з переміщенням контактів на більшу відстань у порівнянні з переміщенням вимірювального елемента – важільні.

Схеми контактних вимірювальних пристроїв зображено на рис. 11. 3.

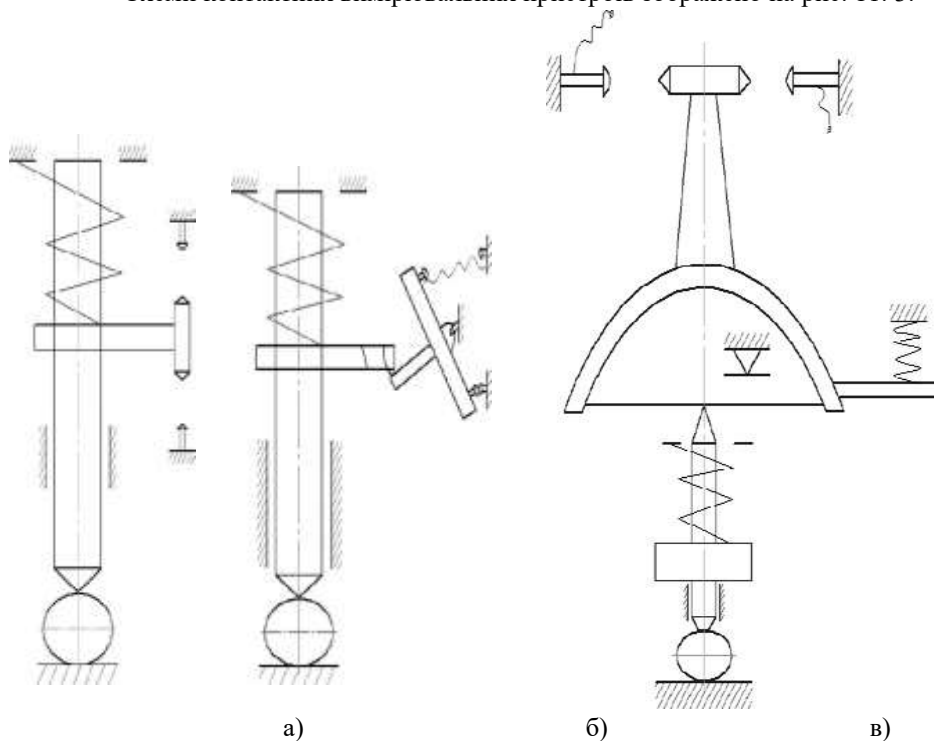


Рисунок 11.3. Схеми контактних вимірювальних пристроїв

### Віброконтактні вимірювальні пристрої

Контактні методи вимірювання мають недолік, тому що наконечник при тривалому контакті з оброблюваною поверхнею дуже зношується і втрачається точність вимірювання. Перервний контакт вимірювального пристрою може бути здійснений в вигляді вібруючого щупа. Такий щуп при кожному коливанні торкається контролюючої поверхні на дуже короткий час (порядку мікросекунди). У зв'язку з цим практично відсутнє ковзання наконечника по поверхні деталі (рис. 11.4).

При коливаннях різнойменними полюсами постійних магнітів якір перемагнічується і в котушці генератора генерується струм, пропорційний швидкості зміни магнітного потоку в якорі. Ця швидкість при постійній частоті коливань визначається розмахом коливань вібруючого щупа. Точність вимірювання – до 1 мкм.

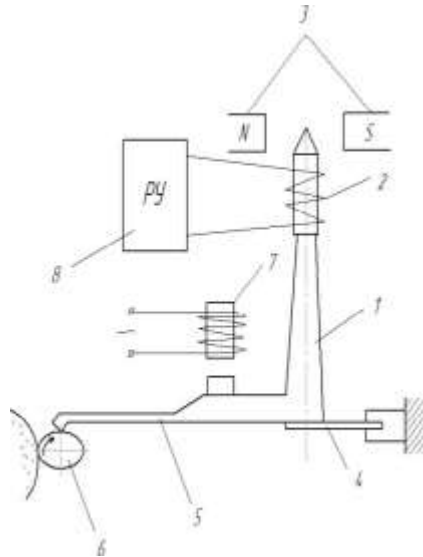


Рис. 11.4. Віброконтактні вимірювальні пристрої: 1) наконечник з якорем; 2) щуп; 3) котушка генератора; 4) постійний магніт; 5) пружина; 6) контрольна деталь; 7) вібратор; 8) пристрій для реєстрації

### Електроіндуктивні та ємнісні вимірювальні пристрої

В основі електроіндуктивного методу вимірювання лежить процес, коли зазор між якорем і магнітопроводом однієї з котушок збільшується, а другої – зменшується, що проявляється при зміні розмірів оброблюваної поверхні. Внаслідок цього індуктивність першої котушки падає, а другої – зростає.

Фіксуючи (реєструючи) цю зміну можна робити висновки про розміри деталі (рис 11.5).

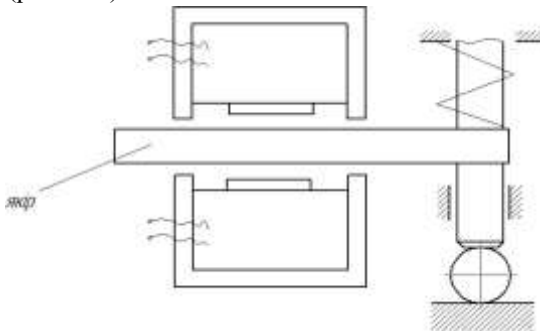


Рисунок 11.5. Електроіндуктивні вимірювальні пристрої

На рис. 11.6 представлений ємнісний вимірювальний пристрій. Вимірювальний стержень 2 підвішений на гнучких мембранах 3 і несе систему рухомих пластин 5, які розташовані між двома системами нерухомих пластин 4 і 6 і утворюють два конденсатори, ємність яких визначається розміром виробу.

Контроль виробу зводиться до вимірювання відхилень ємності від заданої величини при зміні параметрів оброблюваних поверхонь.

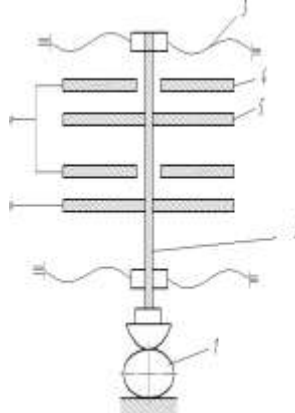


Рис. 11.6. Ємнісний вимірювальний пристрій

## Лекція 12

### Фотоелектричні та пневматичні вимірювальні пристрої

На рис. 12.1 зображена схема фотоелектричного вимірювального пристрою на фотоопорах.

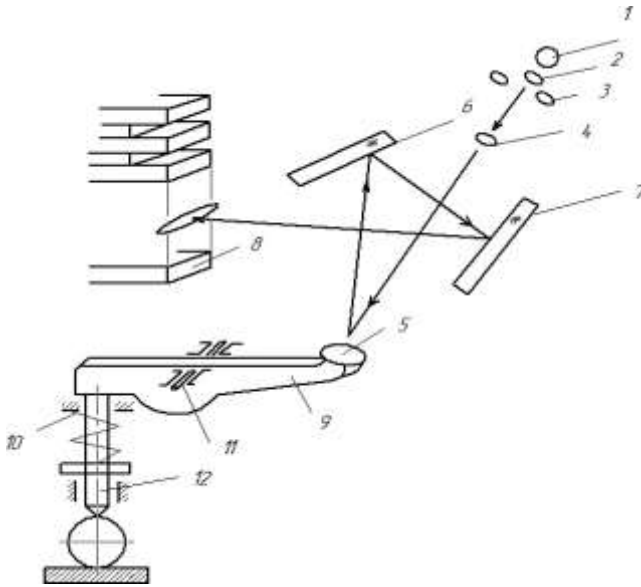


Рис. 12.1. Фотоелектричний вимірювальний пристрій

Світло від лампи 1 через конденсатор 2, діафрагму 3 і об'єктив 4 подає на рухоме дзеркало 5 і, відбившись від нього, а потім від нерухомих дзеркал 6 і 7, попадає на блок фотоопорів 8. Дзеркало 5 встановлено на довгому плечі важеля 9, який може обертатися навколо осі II. Коротке плече важеля 9 пов'язане з вимірювальним штоком 12.

Залежно від розміру виробу дзеркало 5 займає у просторі визначене положення і промінь світла попадає на той чи інший фотоопір, різко зменшуючи його омичний опір. Струм, що протікає через фотоопір, різко зростає і досягає значення, яке призводить до спрацювання високоомного реле, що увімкнене послідовно з фотоопором. Такий пристрій дозволяє сортувати деталі на 50 – 100 груп через 1 мкм.

В основі пневматичного методу лежить залежність між витратами повітря, яке витікає через малий отвір, чи тиску перед отвором і його величиною.

Якщо через камеру з двома розташованими один за другим отворами 1 і 2 (рис. 12.2) протікає повітря при постійному тиску  $P_1$  перед камерою, то тиск  $P_2$  в камері між отворами буде залежати від відношення перерізів отворів.

Прикриваючи отвір 2 (вимірювальне сопло) площиною і змінюючи цим величину кільцевого зазору, через який повітря виходить в атмосферу, за величиною тиску  $P_2$  можна сказати про відстань між краями отвору і площиною. При контролі виріб переміщується між вимірювальною базою і соплом 2.

Відстань між краями сопла і поверхнею виробу, а, отже, і переріз кільцевої щілини між ними залежать від розміру виробу.

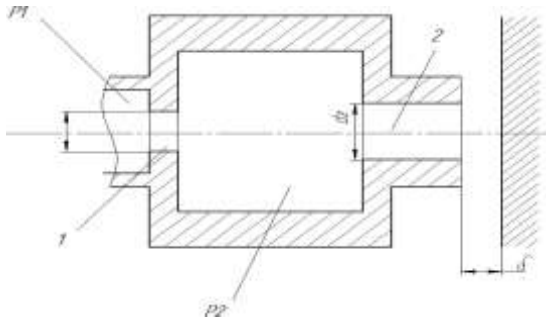


Рис. 12.2. Пневматичні вимірювальні пристрої

Пневматичні контрольні прилади поділяють на три типи:

1. Низького тиску з водяним манометром, які працюють при тиску повітря в межах 500 – 1200 мм вод. ст. (рис.12.3). Прилад складається з посудини 1 з зануреною в неї трубкою 2, яка служить для підтримання постійності тиску повітря, вимірювальної камери 4, з жиклером 3, манометром 5, вимірювальним пристроєм 6.

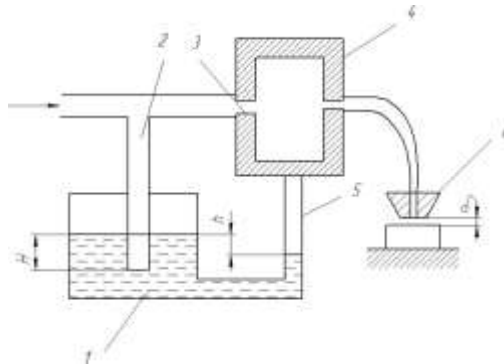


Рис. 12.3. Пневматичні прилади низького тиску

Тиск повітря  $H$ , яке надходить у камеру, залежить від занурення трубки 2. При підвищенні тиску надлишок повітря виділяється у вигляді бульбашок і тиск зберігається незмінним. Різниця рівнів у посудині 1 і манометрі 5 залежить від величини зазору між датчиком 5 і виробом. Манометрична трубка 5 градуйована в мікронах.

Основні параметри таких приладів пов'язані і до них відносять:

- надлишковий тиск у вимірювальній камері;

- надлишковий тиск повітря, що надходить;
- перерізи вхідного і вихідного отворів;
- відношення коефіцієнтів витрати через вихідний і вхідний отвори.

2. Прилади високого тиску (рис 12.4). Зі стабілізатора 1 стиснене повітря через вхідне сопло 2 надходить до вимірювального пристрою 4. Зміну тиску між соплами реєструється манометром 3. Продуктивність цих приладів майже в два рази вища, ніж приладів низького тиску.

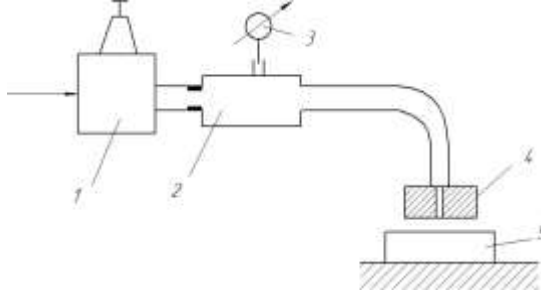


Рис. 12.4. Пневматичні прилади високого тиску

3. Пневматичні вимірювальні пристрої з ротаметром (рис 12.5). В таких пристроях вимірюється витрата повітря, яке виходить через вимірювальне сопло. Ротаметр являє собою конічну скляну трубку 2, всередині якої знаходиться поплавков 1. Струмін повітря, який проходить знизу вверх, підтримує поплавков у зрівноваженому стані. Поплавков піднімається в конічній трубці тим вище, чим більша витрата повітря. Динамічна рівновага настає, коли між поплавком і стінками конічної трубки утворюється кільцева щілина, витрата повітря через дорівнює витраті повітря через вимірювальний пристрій. Положення поплавка є мірою розходу повітря.

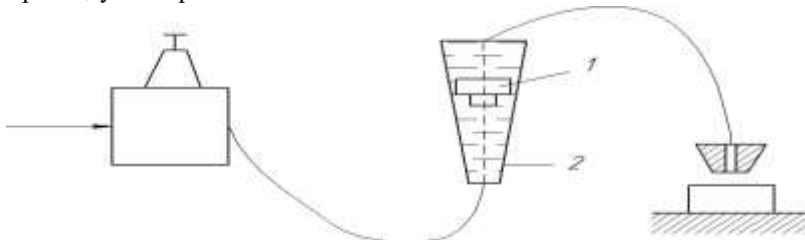


Рис. 12.5. Пневматичні вимірювальні пристрої з ротаметрами

Переваги пневматичних методів контролю можна констатувати за такими параметрами:

1. Висока чутливість і можливість отримати точність вимірювань порядку частин мікрметра при простій апаратурі.

2. Контроль розмірів виробів без торкання з ними вимірювального елемента.

3. Можливість контролю розмірів виробів складної форми і внутрішніх розмірів виробів, а саме, виробів малого діаметра.

Схеми вимірювальних пристроїв зображено на рис. 12.6.

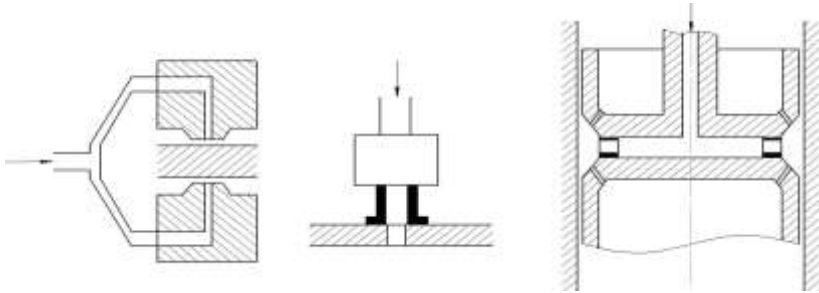


Рис. 12.6. Схеми вимірювальних пристроїв

### Вимірювальні системи з радіоактивними ізотопами та сортувальні механізми

На рис. 12.7 зображена вимірювальна система з радіоактивними ізотопами. Пристрій складається з випромінювача 1, приймача 2, підсилювача 3 і високоомного реле 4.

Джерелом випромінювання є контейнер із радіоактивним ізотопом, що дає м'яке гамма-випромінювання. Жорстке гамма - випромінювання неприємне, бо воно легко проходить через стінку діафрагми, а також через край деталі. Бета-випромінювання непридатне, бо воно значною мірою поглинається охолоджуючою речовиною. Приймачем служить лічильник частинок.

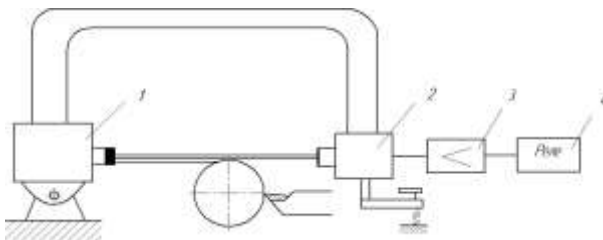


Рис. 12.7. Вимірювальна система з радіоактивними ізотопами

Точність вимірювань дорівнює 0,3-0,5 мкм.

Найбільшого поширення набув метод для контролю розмірів нагрітих і розжарених деталей і напівфабрикатів.

Призначення: примусовий розподіл контролюючих деталей по відповідних приймачах.

Для прикладу, на рис. 12.8 зображено дві схеми сортувальних механізмів із заслінкою.

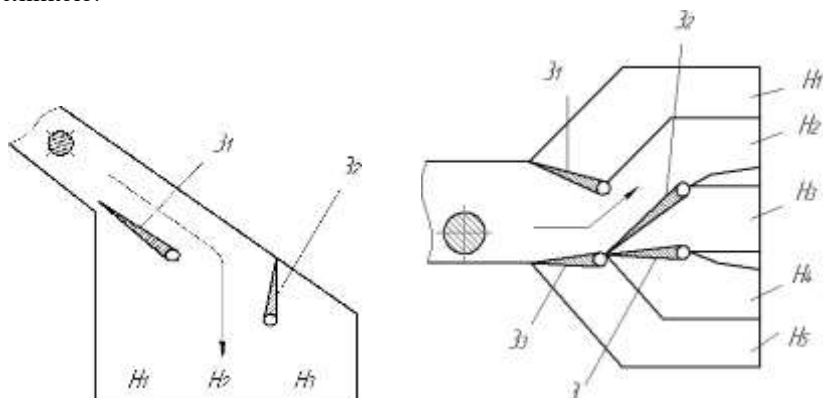


Рис. 12.8. Сортувальні механізми з заслінкою

Сортувальні механізми складаються з направляючих жолобів і заслінок, пов'язаних з електромагнітними середовищами засобами керування. При спрацюванні електромагніту відповідна заслінка повертається і подає проконтрольований виріб у направляючий жолоб, як показано стрілкою. При вимкнених електромагнітах усі заслінки відтягнуті пружинами і виріб надходить у жолоб  $H_3$ .

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Що таке автоматичний пристрій для контролю розмірів?
2. Основні групи автоматичних контрольних пристроїв.
3. Які є групи вимірювальних пристроїв контрольних автоматів? Опишіть кожен групу.
4. Опишіть електроконтактні вимірювальні пристрої.
5. Опишіть віброконтактні вимірювальні пристрої.
6. Опишіть принцип вимірювання електроіндуктивних та ємнісних вимірювальних пристроїв.
7. Які ще вимірювальні пристрої ви знаєте?

## ЛЕКЦІЯ 13, 14 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ СТРУЖКИ

**Мета лекції:** сформувати відомості про автоматизовані руйнування, видалення та транспортування стружки в автоматизованому виробництві.

### Лекція 13

Залежно від оброблюваного металу та умов різання утворюється стружка різних видів (рис. 13.1): східчаста, сколювання, зливна, спіральна, зливна, плутана, надлому (сипка). Стружка надлому характерна для обробки чавуну та бронзи.

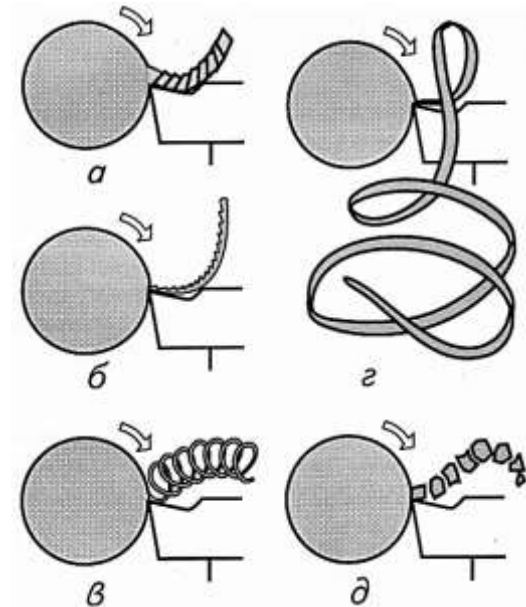


Рис. 13.1. Види стружки: а - східчаста; б - скалювальна; в - зливна спіральна; г - зливна закручена; д - надлому (сипка)

Незважаючи на те що зливна стружка характеризує раціональні умови різання металу, вона водночас становить велику небезпеку для виконавчих механізмів верстату. Іноді вона згортається в клубок, обмотує заготовку, різцетримач, рукоятки керування супортом, тим самим вносячи похибки в процес обробки, збільшує кількість бракованих деталей, призводить до затуплення або поломки різального інструменту. Крім того, зливна стружка незручна для транспортування.

Для створення нормальних умов роботи на заводах проводяться заходи щодо боротьби зі стрічкоподібною стружкою шляхом завивання і дроблення її.

Ламати і завивати зливну стружку можна за рахунок особливого заточування передньої поверхні різця або за допомогою накладних стружколамів,

У першому випадку використовуються різці з негативним кутом  $\gamma$  і позитивним кутом  $X$  на різці, у яких на передній поверхні утворюються канавки різної форми.

Під час роботи прохідним різцем з переднім кутом  $\gamma = (-5) - 10^\circ$  і кутом нахилу  $K = +10^\circ$  стружка, впираючись у передню поверхню, сильно згинається і ламається на дрібні півкільця. Цей спосіб найбільш надійний під час обдирного точіння з подачею понад 0,5 мм/об. Однак під час роботи такими різцями виникає велика сила опору різанню, що прагне прогнути деталь, а також збільшується потужність різання. Різці з негативними передніми кутами можна застосовувати тільки на жорстких верстатах за високої жорсткості оброблюваної деталі.

Для зрушення і ламання зливної стружки широко використовуються різці з канавками і поріжками на передній поверхні. Стружка, що ковзає передньою поверхнею такого різця, потрапляючи в канавку або впираючись в уступ поріжка, згинається і завивається в кільце. Зустрівши перешкоду, вона ламається на окремі частини. Якщо завиток не зустрічає перешкоди, стружка завивається в безперервну спіраль.

Криволінійна лунка з негативною фаскою під час обробки конструкційних сталей добре завиває, а іноді й ламає стружку в широкому діапазоні подач.

Для операційних робіт часто користуються різцями з поріжком. Стружка, впираючись в уступ останнього, ламається на короткі півкільця. Такі різці забезпечують хороші результати під час обдирного точіння. Однак поріжок збільшує витрату потужності на різання і не має універсальності. При зміні режиму різання порушується руйнування стружки.

Канавки і поріжки не є універсальним засобом ламання стружки. Крім того, вони збільшують витрату твердого сплаву і складні у виготовленні. Ці недоліки відсутні у накладних регульованих стружколамів.

Стружколам закріплюється одночасно з різцем у різцетримач. Перевага його полягає в простоті пристрою і універсальності.

Стружка, що сходить, впираючись у робочу поверхню стружколому, обтікає її, сповільнює швидкість свого руху (внаслідок тертя) і, згинаючись, ламається на невеликі шматочки. Положення стружколому можна регулювати, що забезпечує надійне ламання стружки в широких межах режимів різання напівчистового і чорнового обточування.

Системи руйнування стружки на верстатах ЧПК є важливими елементами, що забезпечують безпеку роботи та якість обробки деталей. Основна мета цих систем - уникнути накопичення стружки на різучих інструментах та у верстаті, що може призвести до зниження точності обробки, зносу інструментів, а також створення пожежної небезпеки.

Для руйнування стружки на верстатах ЧПК використовуються різноманітні системи. Однією з найпоширеніших є система повітряного руйнування стружки. Ця система передбачає використання струменя повітря, який направляє на зону обробки, що дозволяє відокремлювати стружку від заготовки та інструменту.

Іншим типом системи є система охолодження ріжучого інструменту з видаленням стружки. Ця система передбачає використання охолоджувальної рідини, яка забезпечує охолодження ріжучого інструменту та відводить стружку від зони обробки.

Також можуть використовуватися системи з вібрацією, які допомагають руйнувати стружку за рахунок вібрації ріжучого інструменту.

У будь-якому випадку, вибір системи руйнування стружки залежить від конкретного верстата та умов обробки, а також від потреб безпеки та якості обробки.

В сучасній промисловості на верстатах з ЧПК широко використовують такі методи руйнування стружки:

- Пневматичне пристосування для руйнування стружки - це пристрій, що використовує повітряний потік для розривання довгих стружок на менші шматочки, забезпечуючи ефективне видалення стружки з різальної зони під час обробки металів або інших матеріалів.

- Система з відсмоктуванням стружки: ця система використовує вакуумний насос, щоб відсмоктувати стружку з зони обробки.

- Система змивання стружки: ця система використовує струмінь рідини (наприклад, охолоджуючої рідини) для змивання стружки з різального інструменту та робочої зони.

- Система газового руйнування стружки: ця система використовує газовий струмінь (наприклад, повітря або азот) для руйнування стружки від ріжучого інструменту та робочої зони.

- Система електростатичного руйнування стружки: ця система використовує електростатичний заряд, щоб відокремити стружку від ріжучого інструменту та робочої зони.

При проектуванні автоматичних ліній одним із основних елементів є механізми для видалення стружки. Видалення стружки є одним із найскладніших і часто питань, що важко вирішити, при проектуванні автоматичних ліній. Перш за все необхідно домагатися зменшення кількості стружки, що виникає при обробці, до отримання подрібненої стружки. Весь комплекс цих питань можна поділити на три групи:

1. Відведення стружки з робочої зони верстата, видалення її з базових поверхонь і затискних елементів, не пошкоджуючи при цьому їх, а також поверхонь деталей.

2. Транспортування стружки в забірники цехового транспорту.

3. Очищення охолоджувальної речовини, масла від дрібної стружки і шламу.

На сьогодні видалення стружки з робочої зони здійснюють простими методами, без застосування особливих механізмів:

1) з допомогою щитків, скребків, щіток, грабель – так званим механічним способом;

2) гравітаційним, тобто стружка падає під дією власної ваги в стружкозабірники;

3) змиванням струменем емульсії;

4) здуванням або всмоктуванням;

5) за допомогою електромагніта.

Для видалення стружки з робочої зони можна використовувати різні транспортні механізми.

Розгляд конструкцій автоматичних ліній показує, що залежно від конкретних умов, визначених їх компонуванням і організацією праці на них, знаходять застосування три наступні системи транспортування стружки з лінії в загальноцехову транспортну систему:

1. Транспортування стружки в контейнерах, коли з окремих верстатів через вікна в станині стружка викидається у відповідну ємність (ящик, візок).

2. Транспортування стружки транспортерами, які проходять поза лінією і мають підвідні контейнери того або іншого типу. Подібну систему транспортування стружки застосовують на тих лініях, де вдається використовувати цехові підземні пристрої, які раніше з'явилися, і залишається тільки передбачити видалення стружки із приймальників ліній.

3. Транспортування стружки транспортерами, вбудованими безпосередньо в лінію або проходячи під нею в спеціальній ямі, рови, тунелі. Використання такої системи транспортування виключає необхідність мати на кожному із робочих агрегатів лінії пристрої для видалення стружки з окремих агрегатів лінії на загальний транспортер, бо останній розташований безпосередньо під зонами обробки на цих самих агрегатах. Вибір тієї чи іншої конструкції подібного вбудованого транспортера, а також його розміщення (крізь верстатні лінії або в канаві під верстатами) залежить від конкретних умов роботи лінії і її компонування.

У двох останніх системах в якості транспортних засобів використовують конвеєри різних типів – стрічкові, скребкові, шнекові, вібраційні.

В автоматичних лініях для прибирання стружки застосовують стрічкові транспортери (рис. 13.2, а), у яких стрічка бавовняна прогумована, сталевий пруток або стальна холодно тягнута. Стрічкові конвеєри мають високу продуктивність, дозволяють транспортувати стружку на великі відстані, їх відмінність в економічності, плавності й безшумності при простоті конструкції. Недоліками стрічкових конвеєрів є висока вартість і швидке зношування.

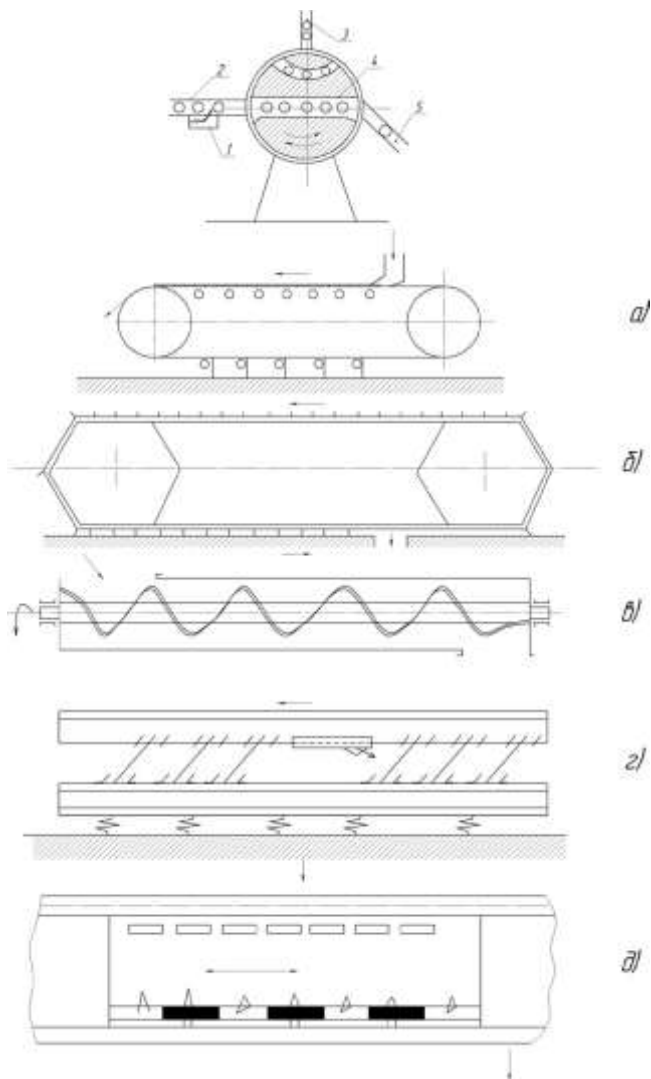


Рис. 13.2. Схеми стрічкових транспортерів

Для транспортування дрібної металевої стружки широко застосовують скребкові транспортери (рис. 13.2, б). Перевагами їх є можливість транспортування під значним кутом нахилу та довговічність скребків. До недоліків їх відносяться: низька продуктивність, велика питома витрата енергії, невелика довжина переміщення. В автоматичних лініях скребкові транспортери працюють на невеликій відстані і тому досить ефективні.

В автоматичних лініях все частіше застосовують шнекові транспортери (рис. 13.2, в), які складаються з гвинта з приводом і жолоба, який охоплює гвинт. При обертанні гвинта, розміщеного по осі жолоба, гвинт проштовхує по цьому жолобу стружку, яка насипається через завантажувальні патрубки. Особливістю шнекових транспортерів для видалення стружки є те, що вони працюють безвідмовно й у випадку відсутності опор на вихідному кінці.

Шнекові транспортери використовуються з одним і кількома гвинтами. Залежно від числа гвинтів транспортери називають одношнековими, двошнековими і т. д.

За останній час з'явилися нові конструкції вібраційних транспортерів для транспортування стружки в автоматичних лініях (рис. 13.2, г), які являють собою вібраційний жолоб на пружних опорах.

Найбільшу трудність для видалення й транспортування являє собою вито або зливна стружка.

Розроблено конструкції спеціальних транспортерів, призначених для транспортування зливної стружки. Їх називають йоршово-штанговими (рис. 13.2, д). Транспортер являє собою металевий жолоб із привареними шипами, в середині якого виконує зворотно-поступовий рух бортова штанга.

Виконуючи робочий хід, штанга йоржами забирає стружку, що знаходиться в жолобі, і штовхає її вперед. На зворотному шляху штанга проковзує по стружці, яка утримується йоржами жолоба. Таким чином, у результаті зворотно-поступального руху йоржової штанги стружка переміщується по жолобу в одному напрямі. Рух робочому пристрою (штанзі) передається від гідравлічного, пневматичного або механічного привода.

В автоматизованому виробництві впроваджують пневмотранспортні установки, котрі дозволяють відводити стружку із зони різання та виключають попадання її на базові поверхні заготовок, пристрої керування і контролю, зменшуючи при цьому травматизм при обслуговуванні автоматичних ліній. У порівнянні з механічними способами видалення стружки, пневматичний має такі переваги:

– відокремлення стружки від навколишнього середовища, відсутність втрат матеріалу при транспортуванні, в результаті чого не забруднюються виробничі приміщення;

- велика гнучкість траси видалення стружки, що дозволяє здійснювати її транспортування на невеликих площах;
- простота конструкції та керування, монтажу і заміни частин установок;
- відсутність рухомих механізмів по трасі переміщення стружки;
- вища надійність механічного обладнання, контрольно-вимірювальних приладів, гідро- і електроапаратури;
- зменшення кількості обслуговуючого персоналу і можливість повної автоматизації транспортних робіт;
- можливість передавання стружки по розгалуженому трубопроводу з кількох точок до однієї і навпаки, розміщених на різних відстанях і в різних напрямках;
- менші капітальні затрати та вартість експлуатації пневмотransпортних установок, особливо на значну відстань транспортування;
- підвищення загальної культури виробництва.

До недоліків пневматичного транспорту відносять високу питому витрату електроенергії на одиницю маси транспортованої стружки та посилене зношення трубопроводів (особливо в місцях повороту) й інших частин, котрі контактують із транспортованою струшкою.

Залежно від способу утворення повітряного потоку розрізняють наступні системи пневмотransпортних установок:

- всмоктувальні;
- нагнітальні;
- змішані, котрі складаються зі всмоктувальної та нагнітальної систем, що працюють від одного джерела стисненого повітря;
- аераційні транспортери (гравітаційний транспорт, повітрям часток матеріалів).

Принцип дії всмоктувальної установки (рис. 13.3) такий: вакуум-насос всмоктує повітря у систему трубопроводів, завдяки чому зовнішнє повітря, надходячи через приймальну всмоктувальну лійку, захоплює частки матеріалу і несе їх у циклон, де вони відокремлюються від повітря і надходять до розвантажувальної лійки. За необхідності матеріал виводиться з циклона через шлюзовий затвор. Повітря ж із циклона проходить крізь фільтр, у якому очищається від дрібних частинок, потім вакуум-насосом по трубопроводу виводиться в атмосферу.

Нагнітальна установка (рис.13.4) діє за принципом: вентилятор (або компресор) нагнітає повітря у трубопровід, куди надходить матеріал через інжекторний живильник, кількість якого регулюється завантажувальним пристроєм. Повітря разом з матеріалом по трубопроводу надходить до розвантажувального циклона. Тут матеріал, унаслідок різкого зменшення

швидкості повітря, відокремлюється від повітря й опускається в нижню частину циклона, а повітря через його верхній отвір виводиться в атмосферу.

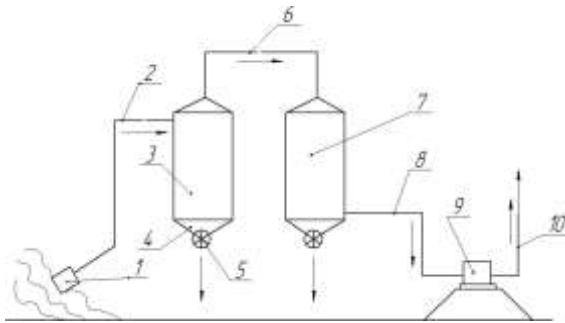


Рис. 13.3. Схема всмоктувального пневмотранспортного устаткування: 1 – приймальна всмоктувальна лійка; 2,6,8,10 – трубопроводи; 3 – повітророзподільник-циклон; 4 – розвантажувальна лійка; 5 – шлюзовий затвор; 7 – фільтр; 8 – вакуум-насос

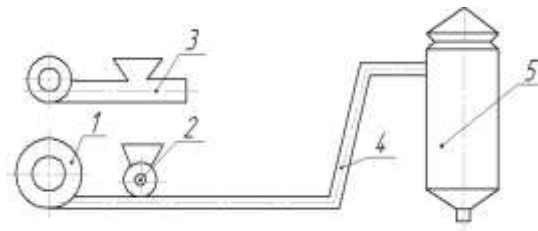


Рис. 13.4. Схема нагнітальної пневмотранспортної установки: 1 – вентилятор; 2 – шлюзовий живильник; 3 – інжекторний живильник; 4 – трубопровід; 5 – розвантажувачциклон

В нагнітальній установці завантажувальний пристрій складніший за розвантажувальний, тому що стиснене повітря в трубопроводі утруднює введення матеріалу.

В цій установці для завантаження матеріалу в трубопровід застосовуються шлюзові (рис. 13.3), гвинтові або камерні живильники (насоси). В установках низького тиску іноді використовують інжекторні (рис. 13.4) завантажувальні лійки.

## Лекція 14

В автоматизованому виробництві поширена змішана система пневматичного транспорту (рис. 14.1). В ній зовнішнє повітря, виходячи через приймальні лійки, виносить із собою частки матеріалу по магістралі до циклона, в якому матеріал відокремлюється від повітря і падає вниз, а повітря із циклона виходить в атмосферу. В окремих випадках виникає необхідність у очищенні повітря від пилу у очисних пристроях (фільтрах) перед випуском в атмосферу.

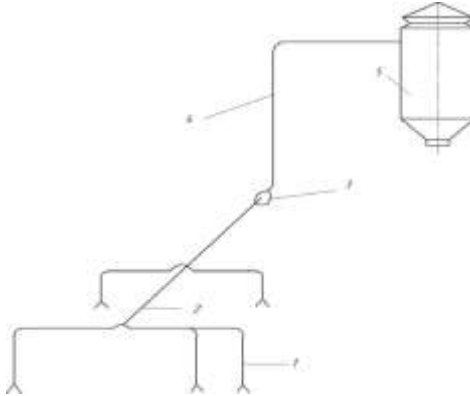


Рис. 14.1. Схема змішаної пневмотранспортної установки:

1 – приймальна лійка відгалуження; 2 – усмоктувальна магістраль;  
3 – відцентровий пиловий вентилятор; 4 – нагнітальна магістраль; 5 – циклон

Розглянуті системи мають свої особливості, які зумовлюють їх застосування. Всмоктувальна установка може транспортувати матеріал з кількох пунктів до одного, нагнітальна – з одного до кількох, змішана – з одного або кількох до одного або кількох.

Принцип дії аераційного транспортера (рис. 14.2), або аерожолоба, полягає в тому, що сипкий матеріал, який потрапляє з завантажувального пристрою на мікропористу поверхню, безперестанно насичується повітрям, через що сипкий матеріал набуває властивості текучості і починає переміщуватися по поверхні, яка має невеликий схил.

Завантажувальні пристрої застосовують для завантаження стружки у повітропроводи, які всмоктують. Завантаження стружки полегшується тим, що статичний тиск у них менший атмосферного. На рис. 14.4 зображена схема завантажувального пристрою. Конструкція його дозволяє завантажувати стружку в організований повітряний потік. Повітря надходить через конфузори і при завантаженні стружки опір тертя на вході різко не змінюється. За відсутності конфузора потік повітря створює місцеве звуження (рис. 14.3, а), що збільшує опір і тиск у приймальній пристрої.

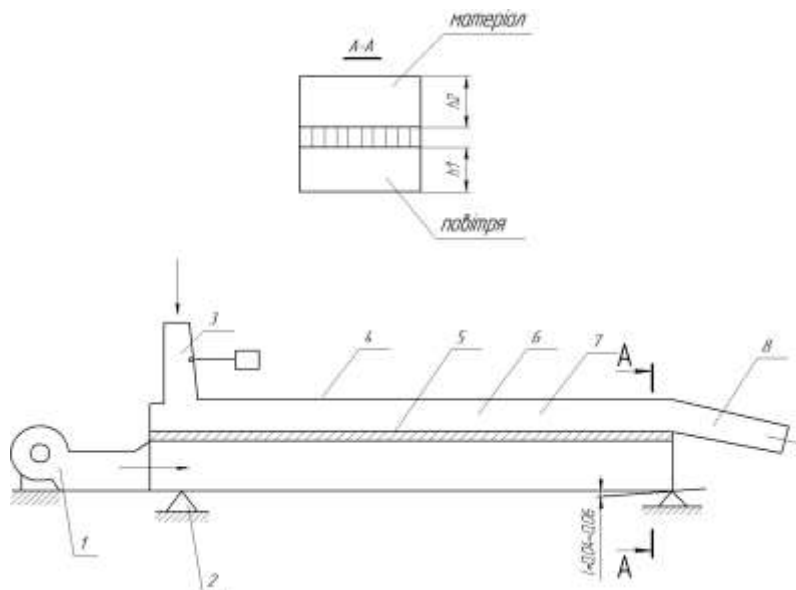


Рис. 14.2. Схема аераційного транспортера: 1 – відцентровий вентилятор; 2 – опори; 3 – завантажувальний пристрій; 4 – металевий жолоб прямокутного перерізу; 5 – мікропориста перегородка; 6 – повітророзподільний канал; 7 – лоток для переміщення матеріалу; 8 – розвантажувальний пристрій

Для підвищення продуктивності роботи системи пневмотранспортера в приймальний пристрій рекомендується вставити металічну пластинку (рис. 14.3, в).

Пластинка не дозволяє стружці повністю перекрити січення повітропроводу при її надлишковому подаванні, повітря, яке надходить у

Повітропровід тільки через нижню частину, збільшить швидкість на вході й створить ефект ежекції в кінчній частині. Стружка почне транспортуватись при підвищених швидкостях повітряного потоку і затор ліквідується. Розміри такої пластини і завантажувального пристрою розраховують за формулами [14.1]:

$$I_1 = D_1 / (2 \operatorname{tg} \alpha) + 50; \quad I_2 = D_2 / \cos \alpha;$$

$$I = 2I_1 + I_2 + 100;$$

$$H = h + D_1 / 2 = 2D_2 \cos \alpha + D_1 / 2; \quad R = 1,5D_2;$$

$$L = 1,5D_2 + I_1 + 50, \quad (14.1)$$

де  $D_1$  – внутрішній діаметр повітропроводу, мм;  $D_2$  – внутрішній діаметр лійки, що всмоктує, мм;  $\alpha$  – кут тертя стружки.

Ежекційні пристрої застосовують для завантаження стружки в нагнітаючі повітропроводи. Принцип дії ежекційного пристрою полягає в тому, що статичний тиск нагнітальних систем пневмотранспорту вищий за атмосферний, у результаті чого через будь-який отвір у повітропроводі повітря буде витравлюватись у атмосферу та перешкоджати завантаженню стружки. Повний тиск повітряного потоку в довільному січенні нагнітального повітропроводу являє собою суму статичного та динамічного тисків. Зменшуючи площу перетину повітропроводу, можна настільки збільшити швидкість повітря, що динамічний тиск буде дорівнювати повному тиску, а статичний тиск – атмосферному. Тоді повітря не буде вибиватись через отвір назовні і з'явиться можливість завантажити стружку. При подальшому підвищенні швидкості повітря статичний тиск стане меншим атмосферного, значить, через отвір буде підсмоктувати атмосферне повітря й умови для завантаження стануть краще.

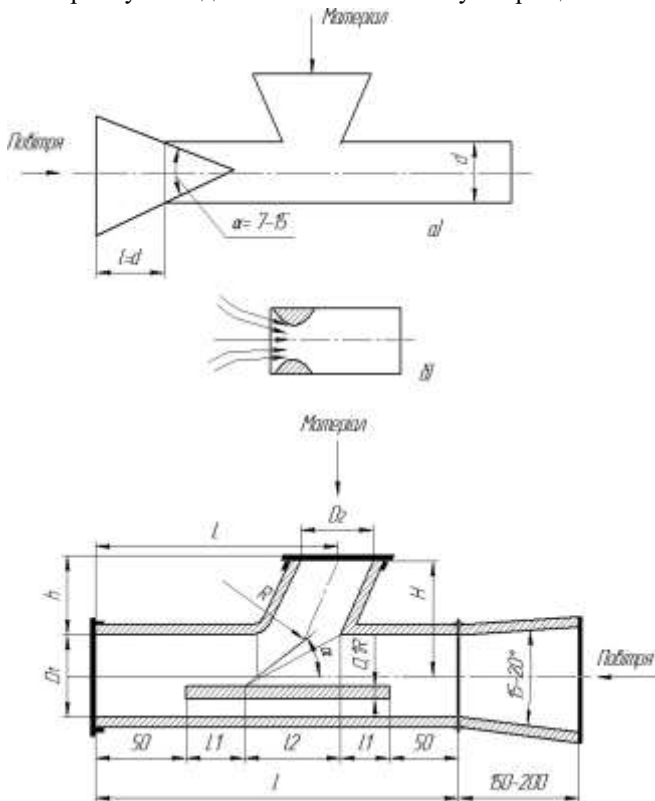


Рис. 14.3. Завантажувальні пристрої: а) – завантажувальний пристрій типу «трійник» з конфуззором; б) – завантажувальний пристрій без конфуззора; в) – завантажувальний пристрій з металевою пластинкою.

Необхідно, щоб підсмоктування повітря прямувало до 0. Висота пристрою  $h_2$  повинна забезпечувати вільне проходження стружки, яка надходить із завантажувальної позиції в повітропровід. Фактично  $h_1$  і  $h_2$  приймають більшими розрахункових на 10 – 20%, а пристрій обладнують клапанами, які дозволяють регулювати ці розміри після монтажу.

Завантажувальний бункер пристрою рекомендується виконувати з можливо меншим, однак достатнім кутом нахилу до напрямку повітряного потоку, щоб стружка не залишалася на похилій поверхні бункера.

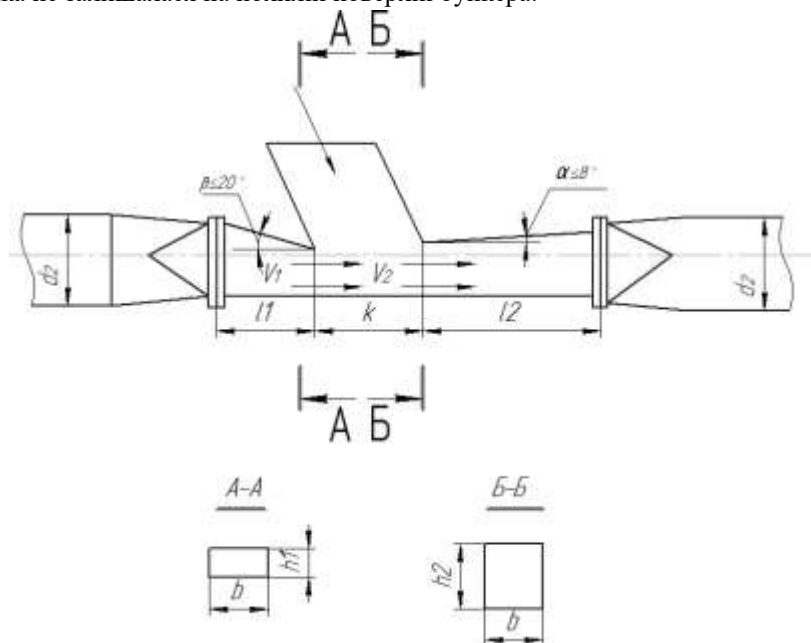
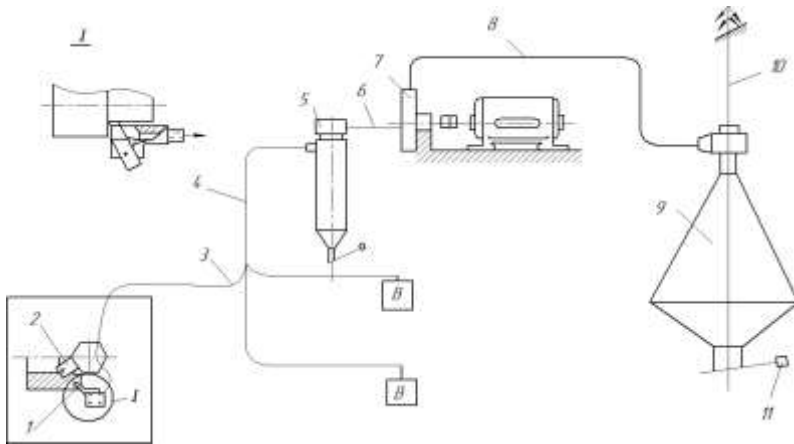


Рис. 14.4. Схема ежекційного пристрою

Вимоги до монтажу потрібно враховувати при конструктивному компонуванні вузлів пневмотранспортних установок, де слід передбачити можливість вільного доступу до них для нормальної й безпечної експлуатації (рис.14.5).

Пуск пневмотранспортної установки після виготовлення або ремонту повинен проводитись тільки після досконалої перевірки. Перевіряються: відсутність сторонніх предметів у трубопроводах, колекторах, циклонах і бункері, чистота внутрішніх поверхонь колекторів та циклонів, відкладення пилу в конусах циклонів і підвісному отворі бункера; надійність роботи пилового затвора й засобів для транспортування стружки і пилу; герметичність зварних швів, люків і фланцевих з'єднань.



*Рис. 14.5. Схема групової пневмотранспортної установки для видалення стружки*

Пневмотранспортні установки, які транспортують матеріали, що легко займаються, та вибухонебезпечні матеріали повинні бути забезпечені давачами. Приймачі пневмотранспортних установок повинні забезпечувати якнайповніше видалення стружки, безпечність роботи, не перешкоджати виконанню виробничих операцій і мати мінімальний аеродинамічний опір.

Повітропроводи пневмотранспортних установок слід прокладати так, щоб початкова прилягаюча до стружкоприймача ділянка розміщувалася вертикально або під кутом вгору.

Підсмоктування або стравлювання повітря з циклонів повинні бути повністю усунені шляхом їх ретельної герметизації. Не допускається підсмоктування повітря через затвори, бо при розрідженні проходить різке зниження ефективності очищення, а при тиску – викид в атмосферу.

Не допускається переповнення бункера, бо при цьому знижується ефективність очищення і може відбутися забруднення циклонів. Шар стружки в бункері при максимальному його заповненні повинен бути нижчим від випускних отворів циклонів не менше, ніж на величину двох діаметрів цих отворів. У конструкціях стружковідокремлювачів доцільно передбачати блокування їх розвантаження з вимкненням пневмотранспортної установки.

Фільтри встановлюють так, щоб при роботі не потрапив пил у чисту частину камери. Слід забезпечити вільний доступ до струшуючих механізмів. Конструкція фільтрів повинна витримувати гідростатичне навантаження, яке викликається внаслідок розрідження в мережі.

Перед встановленням перевіряють відповідність отриманих пневмодувних машин і електродвигунів даним проекту і технічним умовам.

Особливу увагу необхідно звернути на напрям обертання лопатевих коліс, їх збалансування, забезпечення необхідних зазорів, стан підшипників, міцність з'єднань. Пневмодувні машини, як правило, повинні мати еластичні під'єднання до трубопроводів з метою виключення передавання вібрацій.

При з'єднанні робочого валу пневмодувної машини з електродвигуном за допомогою муфти основу під ними роблять загальною. При з'єднанні пневмодувної машини з електродвигуном пасовою передачею його відмежовують і вставляють так, щоб ведучою була нижня частина паса.

Електродвигун встановлюють на направляючих з можливістю зміни міжосьової відстані з метою регулювання натягів пасів.

При обертанні коліс пневмодувної машини може з'явитися вібрація, яка збільшує зношення підшипників, а також є причиною шумів. Вібрації виникають унаслідок нерівноваженості маси колеса відносно осі обертання, в результаті чого виникають сили, які діють на вигин валу.

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Етапи транспортування стружки.
2. Назвіть основні системи транспортування стружки.
3. Назвіть типи конвеєрів. Опишіть кожен з них.
4. Які переваги та недоліки пневматичного методу видалення стружки?
5. Опишіть принцип дії аераційного транспортера.

Лекція 15. Основні етапи побудови системи контролю та керування технологічним процесом

**Мета лекції:** сформулювати основні етапи побудови системи контролю та керування технологічним процесом.

Технічний контроль включає операції вхідного, операційного та приймального контролю. Це частина технологічного процесу виготовлення та випробування виробу.

При побудові системи слід враховувати такі вимоги до контролю:

- здійснювати його з урахуванням умов експлуатації;
- забезпечувати безперервність контролю за ходом технологічного процесу виготовлення і часу виробництва виробів;
- керувати якістю виробів в сторону його покращення;
- виконувати об'єктивними засобами і незалежно від суб'єктивних дій контролера;
- проводити контроль силами відповідальних за якість продукції і виконавців операцій;

- не порушувати технологічний процес і ритм випуску продукції;
- забезпечувати мінімальний рівень витрат на контроль.

Структура системи контролю може бути побудована, якщо є така вихідна інформація:

- конструкторська і технологічна документація;
- програма і терміни виготовлення виробу;
- типові процеси, інструкції та програми контролю;
- каталоги і довідкові дані про засоби контролю;
- стандарти й нормативи по технології контролю.

Система проектується з урахуванням дотримання діючих стандартів за методами виконання контрольних операцій, і оформлення документації. Системи можуть базуватися на трьох основних методах:

- інтуїтивному (евристичному), використовує досвід спеціалістів, які після аналізу виробів проектують технологічний процес контролю;
- аналоговому, при якому застосовуються відомості про контроль подібних виробів, особливо з типових і групових технологічних процесів;
- аналітичному, що базується на економіко-математичних моделях математичної статистики і теорії ймовірності. При достатньо глибокого пророблення така система є оптимальною. Вона відповідає сучасному рівню техніки і добре вписується в автоматизовані системи.

В табл. 15.1 наведені етапи та завдання процесів контролю.

Таблиця 15.1 Етапи та завдання процесів контролю

Етапи розробки процесів контролю	Завдання, що вирішуються на етапі	Основні документи, що забезпечують рішення завдань
Підбір та аналіз вихідних матеріалів для розробки процесу контролю	Ознайомлення з об'єктом контролю та вимог до виготовлення та експлуатації. Аналіз довідкової інформації, необхідної для розробки технологічного процесу	Конструкторська документація на виріб і технологічна документація на виготовлення та випробування виробу. Програма і терміни виготовлення виробу. Нормативні документи на перспективні методи і процеси контролю. Виробничі інструкції на проведення контролю. Опис прогресивних методів контролю. Каталоги, номенклатурні довідники прогресивних засобів контролю. Прогнози науковотехнічного прогресу і плани підвищення технічного рівня виробництва

Продовження таблиці 15.1. Етапи та завдання процесів контролю

Класифікація об'єктів контролю	Створення груп і категорій об'єктів контролю, що володіють ідентичними контрольованими ознаками. Вибір типових представників груп об'єктів контролю	Класифікатор об'єктів контролю
Вибір об'єктів контролю	Визначення номенклатури об'єктів контролю, стан якості яких впливає на якість продукції (та контроль цих об'єктів обов'язковий)	Методика вибору об'єктів контролю
Групування об'єктів контролю по метрологічних ознаках	Формування кодового позначення виробу з класифікатором об'єктів контролю. Віднесення об'єкта контролю до відповідної класифікаційної групи	Класифікатор об'єктів контролю. Методика вибору вимірювальних засобів. Конструкторська документація на виріб
Групування об'єктів контролю	Аналіз діючих одиничних, типових і групових процесів технічного контролю об'єктів. Створення укрупнених груп об'єктів контролю, що володіють ідентичними контрольованими ознаками. Розробка комплексного об'єкта контролю для кожної групи.	Документація одиничних, типових і групових процесів (операцій) контролю, що діють на підприємстві. Класифікатор об'єктів контролю. Керівні технічні, методичні та довідкові матеріали з групування об'єктів контролю
Кількісна оцінка груп виробів (об'єктів контролю)	Визначення типу виробництва для кожного комплексного об'єкта контролю. Визначення трудомісткості контролю кожної групи об'єктів контролю	Планові завдання. Відомості трудомісткості виготовлення виробу
Вибір чинного типового процесу технічного контролю або пошук аналога одиничного процесу технічного контролю	Віднесення об'єкта до чинного типового, групового або одиничного процесу контролю з урахуванням результатів кількісної оцінки груп виробів (за наявності розробленого перспективного процесу технічного контролю на виріб його слід брати за основу при виборі діючого технологічного процесу)	Документація типових, групових і одиничних процесів (операцій) контролю для даної групи виробів. Документація перспективних процесів технічного контролю

Продовження таблиці 15.1. Етапи та завдання процесів контролю

Складання технологічного маршруту процесу технічного контролю	Забезпечення своєчасного виявлення та усунення дефектів. Забезпечення інформації для оперативного регулювання технологічного процесу і зворотного зв'язку з Автоматизованих Систем Управління Технологічним процесом. Визначення місць технологічного процесу виготовлення і ремонту, в яких повинен проводитися технічний контроль	Методика розміщення постів контролю технологічного процесу виготовлення та ремонту виробів
Вибір контрольованих параметрів	Визначення номенклатури контрольованих параметрів, що піддаються контролю	Методика вибору контрольованих параметрів
Розробка технологічних операцій технічного контролю	Раціональне побудова операцій контролю. Встановлення послідовності виконання переходів контролю	Класифікатори технологічних операцій і переходів технічного контролю
Визначення обсягу контролю	Раціональне призначення вибірок в партії об'єктів контролю	Стандарти і методичні матеріали системи керування якістю продукції за статистичним методам контролю
Вибір схем контролю	Визначення контрольних місць об'єкта, де здійснюється збір інформації про контрольовані параметри. Вибір поверхонь базування засобів контролю. Оцінка точності і надійності базування по продуктивності процесу (операції) технічного контролю	Методика вибору схеми контролю
Вибір методу контролю	Визначення оптимального методу контролю на базі встановлених показників контролю	Методика вибору методів контролю
Вибір засобів контролю	За нормативної документації	Нормативна документація
Нормування процесу контролю	Встановлення за номенклатурою вихідних даних норм часу, необхідних для проведення контролю. Обґрунтування професії виконавця контролю залежно від складності та змісту операції контролю	Класифікатор розрядів робіт і професій з технічного контролю. Матеріальні і трудові нормативи на процеси контролю

Продовження таблиці 15.1. Етапи та завдання процесів контролю

Розрахунок точності, продуктивності та економічної ефективності варіантів процесів (операцій) технічного контролю	Вибір оптимального варіанту процесу (операції) технічного контролю	Методи оптимізації процесів технічного контролю
Оформлення документації на процеси (операції) технічного контролю	Облік вимог стандартів та інструкцій	Нормативні документи, інструкції, стандарти, вимоги
Розробка документації результатів контролю	Розробка технологічних паспортів, карт вимірювань, журналів контролю технологічних процесів	Нормативні документи, інструкції, стандарти, вимоги

Основні питання для закріплення матеріалу:

1. Які вимоги відносяться до системи контролю?
2. Яка необхідна документація для побудови систем контролю.
3. Назвіть методи для побудови систем контролю.
4. Опишіть етапи розробки системи контролю.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Проць Я.І. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. /Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Лящук – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – 344 с.
2. Шевченко В.В. Технологія приладобудування. Навчальний посібник / В.В. Шевченко, О.В. Осадчий, М.О. Сімута – Київ, НТУУ «КПІ», 2010 – 128 с.
3. Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням: Навч. посіб. / Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. –[Електронний ресурс] / - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с
4. Abduganiyeva Yulduzoy Shakhabinovna. (2022). AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES. European Journal of Humanities and Educational Advancements, 3(12), 130-131. Retrieved from <https://scholarzest.com/index.php/ejhea/article/view/3077>
5. Davim J. P., Markopoulos A. P., Markopoulos A. Advanced Machining Processes: Innovative Modeling Techniques. Taylor & Francis Group, 2017. 327 с.
6. Проць Я. І. Автоматизація неперервних технологічних процесів / Я. І. Проць, О. А. Данилюк, Т. Б. Лобур. Навчальний посібник (укр. яз.) для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2008. – 239с.
7. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів [Текст]: Підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. – Вид. 2-ге, виправлене – К.: Вид. Ліра-К, 2015. – 378 с.
8. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів [Текст]: Підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, Національний ун-т харч. технологій. – К.: НУХТ, 2013. – 796 с.
9. Валецький Б.П. Застосування мехатронних модулів для автоматизації виробничих процесів // Матеріали та технології в інженерії (МТІ-2024): інженерія, матеріали, технології, транспорт: збірник наукових доповідей міжнародної конференції, Луцьк, Україна, 14-16 травня 2024 р. / – Луцьк : Вежа-Друк, 2024. – с.69-72
10. Валецький Б.П. Аналіз підходів до моделювання матеріальних потоків у гнучких виробничих комплексах / Залета О.М., Валецький Б.П., Залета А.О.// Матеріали та технології в інженерії (МТІ-2024): інженерія, матеріали, технології, транспорт: збірник наукових доповідей міжнародної конференції, Луцьк, Україна, 14-16 травня 2024 р. / – Луцьк : Вежа-Друк, 2024. – с.104-106

A18 Автоматизація виробничих процесів. Конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань G Інженерія, виробництво та будівництво ОП «Прикладна механіка», спеціальності G9 Прикладна механіка денної та заочної форм навчання / уклад. Б.П. Валецький. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 74с.

Комп'ютерний набір та верстка:  
Редактор:

Б.П. Валецький  
Б.П. Валецький

Формат 60×84/16 Папір офс. Гарн. TimesNewRoman.  
Ум. друк. арк. 4,625. Обл.-вид. арк 5,5  
Відділ іміджу та промоції  
Луцького національного технічного університету  
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75