

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 1

## ТЕХНОЛОГІЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ВИРОБНИЦТВА

### КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

#### УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ І СКОРОЧЕННЯ

АРЛ –	автоматична роторна лінія
АРКЛ –	автоматична роторно-конвеєрна лінія
АС ТПВ –	автоматизована система технологічної підготовки виробництва
АСУВ –	автоматизована система управління виробництвом
АСУТП –	автоматизована система управління технологічним процесом
АРМ –	автоматизоване робоче місце
Г АВ –	гнучке автоматизоване виробництво
Г АЗ –	гнучкий автоматизований завод
Г АЛ –	гнучка автоматизована лінія
Г ВЛ –	гнучка виробнича лінія
Г ВМ –	гнучкий виробничий модуль
Г ВС –	гнучка виробнича система
Г АД –	гнучка автоматизована дільниця
Г АЦ –	гнучкий автоматизований цех
ЕОМ –	електронна обчислювальна машина
ЗОР –	змашувально-охолоджувальна рідина
КВМ –	контрольно-вимірювальні машини
КВС –	контрольно-вимірювальна система
ПАЗІ –	пристрій автоматичної заміни інструменту
ППС –	приймально-передавальні столи
ПР –	промисловий робот
РТК –	роботизований технологічний комплекс
САПР –	система автоматизованого проектування
СІЗ –	система інструментального забезпечення
СТЗ –	система технічного зору
СУ ГВС –	система управління гнучкої виробничої системи
СУ ТНС –	система управління транспортно-накопичувальної системи
ТНС –	транспортно-накопичувальна система
ЧПК –	числове програмне керування
$n_{вер}$ –	число верстатів в ГВС, шт.
$t_{об}$ –	середній час обробки 1 деталі, год.
$N$ –	середня місячна програма випуску деталей одного найменування, шт.
$t_3$ –	середній час завантаження деталі в пристосування-супутник, хв.
$t_p$ –	середній час розвантаження деталі з пристосування, хв.
$t_{ki}$ –	середній час вибіркового контролю 1 деталі після $i$ -тої операції, хв.
$t_{kn}$ –	середній час остаточного контролю 1 деталі, хв.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 2

$n_I$	число деталей, через яке деталь виводиться на контроль на вимогу технолога, шт.
$t_{KA}$	час розрахунку і передачі кадру з ЕОМ в локальний пристрій ЧПК, хв.
$l_{cp}$	середня довжина переміщень робота-автооператора вздовж ліній центрального магазину інструментів, м
$V$	швидкість переміщення робота-автооператора, м/хв.
$t_e, t_n$	час роботи робота-автооператора по виконанню операцій «Взяти» і «Покласти», хв.
$t_{нов}$	час на поворот робота-автооператора, хв.
$t_{ін}$	середній час роботи одного інструменту, хв.
$n_{ін}$	число інструментів, які не розміщуються в магазині верстата, шт.
$n_{\partial}$	середнє число дублерів інструменту на одну деталь, шт.
$n_{\partial em}$	число деталей, що одночасно обробляються на верстаті, шт.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8-2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 3

**Тема 1. Терміни і визначення гнучкого автоматизованого виробництва. Рівень автоматизації гнучкого автоматизованого виробництва. Область застосування гнучкого автоматизованого виробництва і його складових частин. Узагальнена структура гнучкого автоматизованого виробництва**

Гнучке автоматизоване виробництво – це виробнича система (лінія, дільниця, цех, завод), в якій робота всіх компонентів (технологічного обладнання, транспортних і складських систем, дільниць комплектування програмами, заготовками і т. п.) синхронізується, як єдине ціле системою управління, яка забезпечує швидко перебудову технології виробництва при зміні об'єктів виробництва.

По своїй організаційній структурі ГАВ поділяють на рівні:

- гнучкий виробничий модуль (ГВМ);
- гнучка автоматизована лінія (ГАЛ);
- гнучка автоматизована дільниця (ГАд);
- гнучкий автоматизований цех (ГАЦ);
- гнучкий автоматизований завод (ГАЗ);

Гнучкість. Під гнучкістю розуміють пристосування виробничої системи до динамічних і стохастичних змін, пов'язаних з виробничою програмою. Система вважається гнучкою, швидконалаштованою без суттєвих затрат, якщо при зміні виробничої програми не змінюється число та вид її елементів, а також вид їх зв'язків.

Виробнича гнучкість технологічної системи визначається технологічною, структурно-організаційною, параметричною гнучкістю та гнучкістю потужності.

Технологічна гнучкість може бути охарактеризована коефіцієнтом запуску нового виробу, який показує в скільки разів затрати на запуск чергового виробу в умовах ГАВ менше, ніж при звичайній технології.

Структурно-організаційна гнучкість може бути охарактеризована тривалістю виробничого циклу. Вона визначається швидкістю переналагодження ГАВ при переході на випуск виробу іншого виду і в найбільшій степені забезпечується автоматизацією процесу отримання керуючої інформації для ГАВ, а саме інтеграцією САПР, АСТПВ, АСУВ.

Параметрична гнучкість ГАВ відображає здатність системи зберігати в заданих межах конкретних параметрів продуктивність, точність, надійність, економічну ефективність при нестационарних умовах роботи.

Динамічна гнучкість, яка характеризується показниками перехідного процесу ГАВ при зміні об'єкта виробництва. До таких показників відносяться: час, швидкість і точність переходу ГАВ в новий стійкий стан.

Гнучкість потужності ГАВ характеризує здатність системи до розширення, компенсаційну і накопичувальну здатність. Здатність до розширення обумовлена резервами потужності системи (по потужності обладнання).

Компенсаційна здатність проявляється у вирівнюванні кількісних зсувів виробничої програми.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 4

Накопичувальна здатність забезпечує вирівнювання кількісних коливань структури замовлень середньодобового часового зсуву початку роботи.

В якості міри гнучкості ГАВ можна прийняти відношення затрат на переналагодження  $C_n$  до амортизаційних відрахувань при роботі до переналагодження  $C_a$ :

$$Г = \frac{1 - C_n}{C_a} \cdot 100\%.$$

$$Г = 100\% \text{ при } C_n = 0.$$

### 1.1. Рівень автоматизації гнучких виробничих систем

При створенні ГАВ сталять мету автоматизувати процес обробки, а саме металооброблювальне обладнання. З цієї точки зору виділяють 4 рівня автоматизації металообробного обладнання, яке використовують в серійному і дрібносерійному виробництві.

I рівень автоматизації обладнання – автоматизація циклу обробки з метою отримання заданих форми, розміру і якості поверхні деталі. Забезпечується верстатами з ЧПК.

II рівень автоматизації обладнання – автоматизація циклу обробки з метою отримання заданих форми, розміру і якості поверхні деталі, завантаження заготовок в робочу зону та зняття деталі. Забезпечується застосуванням ПР або змінних столів-супутників для корпусних деталей.

III рівень автоматизації обладнання – автоматизація циклу обробки з метою отримання заданих форми, розміру і якості поверхні деталі, завантаження заготовок в робочу зону та зняття деталі, контролю за ходом технологічного процесу.

До контролю 1 виду (статичний контроль) за ходом технологічного процесу відносяться:

- перевірка геометричних розмірів заготовок і внесення корективів або видалення негодної заготовки;
- перевірка розмірів інструменту і внесення корективів в програму обробки;
- перевірка відповідальних розмірів деталі і уточнення режимів чистових проходів, оптимізація установки заготовок відносно координатних осей верстата для рівномірного розподілу припуску.

Контроль 2 виду (контроль за режимами різання) за ходом технологічного процесу забезпечує:

- перевірка стану різальних крайок по фактичним навантаженням і порівняння їх з еталонними;
- захист інструменту від перевантажень і поломок;
- оптимізація режиму різання шляхом адаптації його до фактичної

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 5

оброблюваної заготовки.

Введення систем контролю хоча приводить до подорожчання верстата, але дозволяє на протязі 1-2 змін експлуатацію його без втручання людини.

IV рівень автоматизації обладнання – автоматизація циклу обробки з метою отримання заданих форми, розміру і якості поверхні деталі, завантаження заготовок в робочу зону та зняття деталі, контролю за ходом технологічного процесу, переналагодження верстата на обробку деталі іншого найменування.

Верстати IV рівня автоматизації найбільш повно задовільняють ГАВ. Але це часткова автоматизація виробництва, так, як такі верстати можна розглядати як ГВМ.

Комплексна автоматизація виробництва це коли крім ГВМ використовують автоматичні склади заготовок і деталей, автоматизацію заміни інструмента на верстаті, систему транспортування заготовок і деталей, обладнаних єдиною системою керування. тут можна говорити про ГАД і ГАЦ.

Повна автоматизація виробництва включає додатково використання САПР виробів і технологій, АСТПВ, АСУТП і АСУВ. В цьому випадку можна говорити про ГАЗ. Повну автоматизацію гнучкої виробничої системи забезпечують автоматизація циклу обробки деталей, циклу вивантаження заготовок і деталей, автоматизація контролю та завантаження, автоматизація переналагодження верстата.

## **1.2. Область застосування гнучкого автоматизованого виробництва і його складові частини**

ГАВ в залежності від ряду факторів поділяють на три основні групи: гнучкі автоматичні лінії (ГАЛ), гнучкі виробничі системи (ГВС), гнучкі виробничі модулі (ГВМ).

Гнучкі автоматизовані комплекси займають проміжне положення між високопродуктивними, але не гнучкими автоматичними лініями масового виробництва і відносно малопродуктивними верстатами з ЧПК, які мають високу гнучкість технології механічної обробки. Гнучкі виробничі лінії призначені для багатосерійного випуску деталей. Оброблювані деталі подаються в тактовому режимі. На відміну від АЛ на ГВЛ можна виготовляти декілька різних деталей, причому переналагодження обладнання виконується автоматично. ГВС забезпечує універсальну багатоступеневу обробку деталей різного найменування.

До складу гнучкої виробничої системи (ГВС) входять наступні складові частини:

- система обробки заготовок;
- транспортно-накопичувальна система;
- система потоку інформації.

Система обробки включає декілька автоматизованих верстатів, забезпечує автоматичну обробку різних заготовок в будь-якій послідовності, а також автоматичну заміну заготовок і інструмента.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1/6

Транспортно-накопичувальна система (ТНС) включає в себе склад, де виконуються автоматично довільне вибирання заготовок, транспорт, який реалізує нетактовий зв'язок між верстатами і керування, яке реалізує зв'язок між транспортом і верстатами.

Система потоку інформації забезпечує автоматичне керування процесом, а саме системами обробки і ТНС, і автоматичний контроль процесу шляхом збору і обробки експлуатаційних даних.

В ГВС можна одночасно обробляти різні деталі. різниця в часі обробки компенсується наявністю централізованих або децентралізованих накопичувачів.

Найбільшою гнучкістю відрізняються ГВМ, призначені для комплексної обробки деталей на одному верстаті. ГВМ є основою для створення ГВС. В ГПМ входить верстат універсального або спеціального виконання, обладнаний автоматичними системами для заміни оброблюваних деталей і інструментів, вимірною системою і іншими допоміжними системами.

### **1.3. Узагальнена структура гнучкого автоматизованого виробництва**

В структурі гнучкої автоматизованої виробничої системи можна виділити 5 підсистем:

- технологічну;
- міжопераційну;
- керування;
- технологічної підготовки виробництва;
- сервісу.

Таким чином в ГАВ інтегруються: САПР виробів і технологій, АСТПВ, АСУТП, АСУВ. Кожна із систем є людино-машинною, в якій найбільш трудомісткі функції реалізуються ЕОМ, а творчі функції – конструкторами, технологами, і організаторами виробництва, які працюють на автоматизованих робочих місцях (АРМ). В результаті такої інтеграції створюються програми виробництва, які диференційовані до рівня технологічних операцій і черговості запуску партій об'єктів в виготовлення, а також програми, яка керує роботою обладнання.

Матеріалізація програм і є функцією ГВС, яка реалізується автоматично на основі даних, які передаються із систем технологічної підготовки і управління виробництвом.

Технологічна система ГАВ являє собою сукупність основного і допоміжного технологічного обладнання і реалізованого на ньому по спеціальним інструкціям технологічного виробничого процесу, в т.ч. контрольних і транспортних операцій.

Міжопераційна система – сукупність технічних засобів міжопераційного обслуговування заготовок, напівфабрикатів і готової продукції, в т.ч. і міжопераційного транспортування, маніпулювання і проміжного накопичування об'єктів виробництва.

Система управління ГАВ – це сукупність ієрархічно організованих і взаємодіючих між собою комплексів:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 7

– організаційно-технологічної автоматизованої системи управління;  
– автоматизованої системи управління технологічними процесами, які реалізують функції планування, контролю, оперативно-виробничого процесу диспетчерування, локального і групового управління обладнанням.

Система технологічної підготовки виробництва ГАВ – автономна частина загальної системи технологічної підготовки виробництва підприємства, яка включає комплекс автоматизованого проектування і налагодження технологічних процесів і керуючих програм, об'єктів виробництва, пристосувань і інструменту, а також комплекс оперативного їх редагування.

Система сервісу ГАВ комплексно забезпечує високі характеристики ГАВ, виконує функції підтримки надійності роботи всього обладнання і його систем управління, а також швидкого відновлення роботоздатності при можливих відмовах.

Така структура ГАВ є загальною для всіх видів основного і заготівельного виробництва.

## **Тема 2. Технологічна система – основна структурна складова гнучкого автоматизованого виробництва. Вимоги до металообробного обладнання гнучкої виробничої системи. Вимоги до ступеня концентрації операцій**

Технологічна система є основою ГАВ, так як вона перетворює матеріальний потік заготовок і напівфабрикатів у готову продукцію. В залежності від типу виробництва технологічну систему ГВС поділяють на такі види: спеціальні, спеціалізовані, одноцільові і багатоцільові.

Спеціальні технологічні системи застосовують у масовому виробництві. Класичним прикладом може бути автоматична лінія. Але при максимальній продуктивності вона має майже нульову гнучкість.

ГВЛ для масового виробництва призначена для обробки 3-35 найменувань однотипних деталей, комплектуються, як з традиційних АЛ уніфікованих вузлів, так і з створених уніфікованих вузлів і їх комплектів, оснащених пристроями ЧПК.

ГВЛ для масового виробництва забезпечує можливість високопродуктивної обробки декількох однотипних деталей при мінімальних затратах часу на переналагодження обладнання для їх виготовлення.

Спеціалізовані технологічні системи. До таких систем відносяться ГВЛ для групової обробки декількох найменувань деталей. Ці ГВЛ можуть бути застосовані у багатосерійному і серійному виробництвах і виготовляються на замовлення заводів-споживачів. Одночасна або послідовна обробка на ГВЛ групової обробки різних деталей або груп однотипних деталей реалізується з врахуванням наступних вимог: габарити, конфігурація, матеріал і точність оброблюваних деталей, а також технологічні операції і їх послідовність повинні бути ідентичними; сумарна річна потреба у виготовлюваних деталях не повинна перевищувати допустиму річну продуктивність лінії.

При побудові ГВЛ групової обробки використовуються традиційні структури

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 8

і компоновки, характерні АЛ і застосовуються відпрацьовані конструкції вбудованих верстатів, транспортних систем і систем керування на базі програмуємих командоапаратів. В якості обладнання широко застосовуються агрегатні верстати з ЧПК. Застосування звичайних верстатів недоцільно, так як вони широкоуніверсальні і значно мають більшу вартість, ніж спеціалізовані.

Одноцільові технологічні системи застосовують у серійному виробництві.

Основні недоліки традиційних систем організації серійного виробництва, в т. ч. і системи, які використовують верстати з ЧПК, є:

- велика кількість обслуговуючого персоналу;
- великі затрати часу на підготовку обладнання до роботи;
- мала доля машинного часу в загальному календарному часі роботи обладнання;
- великий розрив по часу між моментом запуску у виробництво деталей, необхідних для комплектації кінцевого виробу, і моментом початку складання цього виробу;
- великі заділи заготовок і напівфабрикатів між різними етапами їх обробки;
- складні і довгі по часу маршрути переміщення заготовок і напівфабрикатів в процесі їх обробки на різному обладнанні;
- труднощі в забезпеченні необхідної якості обробки і стабільності його показників.

По даним досліджень традиційне серійне виробництво характеризується наступними показниками використання обладнання при його двозмінній роботі:

$$t_{np} = (0,05 \div 0,1) \cdot T_{\phi};$$

$$t_{m} = (0,3 \div 0,4) \cdot t_{np},$$

де  $t_{np}$  – час перебування деталі на верстаті;

$T_{\phi}$  – річний календарний фонд часу роботи верстата;

$t_{m}$  – машинний час верстата.

Використання ГВС ліквідує перераховані недоліки. Так в ГВС при тризмінній роботі

$$t_{np} = (0,5 \div 0,6) \cdot T_{\phi};$$

$$t_{m} = 0,6 \cdot t_{np}.$$

Основні вимоги, які висуваються до ГВС для серійного виробництва:

- висока продуктивність при забезпеченні необхідної якості обробки і її стабільності;
- мінімальна кількість персоналу обслуговування;
- висока надійність вбудованого в ГВС обладнання;



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 9

– мінімальний час переналагодження обладнання на виготовлення нової модифікації деталі і можливість самонастроювання системи при виникненні відхилень від нормального ходу виробничого процесу;

– можливість перекомпонування системи і повторного використання вбудованого в нього обладнання для обробки нового набору деталей після закінчення робіт з набором деталей, для виготовлення яких вона була створена;

– високий коефіцієнт завантаження вбудованого в ГВС обладнання.

Багатоцільові технологічні системи. Попередні типи технологічних систем ГВЛ, ГВЛ-ГО та ГВС в основному відносяться до механічної обробки. Багатоцільові технологічні системи ГАВ охоплюють всі види виробництва – від заготівельного до кінцевого складання.

Разом з тим тут має місце ряд труднощів, які не вирішені до цих пір. Так в заготівельному виробництві застосування ГВС обмежено через необхідність автоматизації подрібнення і прибирання великої кількості стружки.

Використання чорнових баз вимагає точного вивірення деталі при її встановленні на верстаті, що також з труднощами піддається автоматизації.

Необхідність зняття внутрішніх остаточних напружень і перевірка заготовок на придатність в даний час реалізується оператором і не піддається автоматизації.

Основним шляхом вирішення цих проблем є підвищення точності отримання заготовок. Точність заготовки виключає обдирку і таким образом відпадає ряд проблем, пов'язаних з стружкою і наступним контролем деталей після обдирки і обробки чистових баз.

В багатоцільові технологічні системи входять операції контролю. Для реалізації цих операцій застосовують контрольно-вимірювальні машини (КВМ) з ЧПК. Вони дозволяють з високою точністю вимірювати оброблені деталі і у випадку необхідності коректувати програму обробки деталі на верстаті по результатам вимірювання.

Найбільш високі вимоги висуваються до автоматизації складальних процесів в умовах гнучкого виробництва. Це питання до кінця не вирішено ні в одній країні. Можливість впровадження складальних ГВС залежить від ряду факторів, наприклад серійності випуску, кількості варіантів виконання виробу, його конфігурації, часу окупності витрат та інші.

Аналіз цих факторів показує, що в найближчі 10 років буде реалізація автоматизації складання виробів, до складу яких входить не більше 30 деталей. Це пов'язано з тим, що ПР для складальних ГВС повинні мати швидкозмінні захватні пристрої, які змінюються автоматично, високу точність позиціонування і високу швидкодію.

## **2.1. Вимоги до металорізального обладнання для гнучкої виробничої системи**

Основою ГВС є технологічне обладнання з ЧПУ. Воно вирішує головну задачу будь-якого механооброблювального виробництва і отримання деталі

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 10

необхідної якості. Саме технологічні можливості кожного верстата окремо і їх поєднання визначають верхню межу гнучкості системи.

## 2.2. Вимоги до ступеня концентрації операцій

Висока концентрація операцій в умовах ГВС дозволяє скоротити час виробничого циклу, підвищити долю машинного часу і продуктивність, зменшити інтенсивність.

Існує два способи концентрації операцій: у просторі і в часі.

Концентрація операцій в просторі досягається головним чином шляхом оснащення верстатів інструментальними магазинами з пристроями автоматичної заміни інструмента (ПАЗІ) і можливістю обробки деталей з декількох сторін. Багатоопераційні верстати вважають найбільш пристосованими до умов ГВС. На думку спеціалістів в магазині токарного верстата ГВС повинно бути не менше 8 інструментів. Кількість інструментів в магазині більшості свердлувально-фрезерно-розточувальних металорізальних верстатів для обробки призматичних деталей складає не менше 30. Досвід показує, що наявна кількість позицій магазину в ряді випадків недостатня. Це пояснюється в основному низькою універсальністю інструменту для обробки отворів (один інструмент може оброблювати тільки отвори одного діаметра). До таких інструментів відносяться свердли, зенкери, розгортки, розточувальні борштанги.

Збільшення ємності інструментального магазину верстата має межу приблизно до 150 позицій, обумовлене зростанням маси і габаритів магазину, зниженням продуктивності ПАЗІ.

Проблема забезпечення необхідної кількості інструмента можна вирішити автоматичною заміною його в магазині, використовуючи транспортну касету з інструментом, автоматичною заміною всього магазину. Встановленням поруч з верстатом великого стаціонарного магазину, який автоматично живить малий магазин верстата.

Підвищення ступеня концентрації операцій реалізується на вітчизняних ГВС тільки на металообробних верстатах з горизонтальною віссю шпинделя і поворотним столом. На токарних верстатах ця мета досягається за допомогою декількох супортів (револьверних головок), які переміщуються по напрямних.

Концентрація операцій в часі досягається обробкою деталі одночасно декількома інструментами з однієї або з декількох сторін. Це можливо на верстатах зі змінними або перемикачами багатошпиндельними головками. Це агрегатні багатоопераційні центри, які поєднують в собі продуктивність агрегатних і гнучкість багатоцільових верстатів.

Значні резерви розширення технологічних можливостей вже діючого обладнання є в підвищенні ступеня концентрації операцій на звичайних металорізальних верстатах шляхом оснащення їх комплектом змінних автоматичних агрегатних вузлів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 11

### **Тема 3. Вимоги до компоновання обладнання для гнучкої виробничої системи. Вимоги до гарантованого подрібнення і видалення стружки в обладнанні для гнучкої виробничої системи**

#### **3.1. Вимоги до універсальності і переналадження**

Висока універсальність і переналадження є важливою передумовою успішного використання гнучкості обладнання в ГВС. Шляхами підвищення універсальності є:

- оснащення токарних верстатів керованими від системи ЧПК лонетами і задньою бабкою;
- оснащення металорізальних верстатів розточувальними головками з ЧПК;
- застосування кругового фрезерування замість обробки розточувальними, підрізними і прорізними різцями;
- вихрове нарізування різі планетарною фрезерувальною головкою замість обробки мітчиками і різцевими блоками;
- адаптивне розточування замість внутрішнього шліфування.

#### **3.2. Вимоги до компоновання верстатів**

Компоновання верстата визначає можливість його включення в ГВС. Вона повинна забезпечувати зручно вбудовувати в загальну транспортно-накопичувальну систему, вільний доступ в робочу зону засобів завантаження і безперешкодний схід стружки.

З точки зору доступності до робочої зони компоновання токарного верстата з вертикальною віссю шпинделя є переважною ніж з горизонтальною.

Вимога зручності стикування багатоопераційного верстата з пристроєм зміни супутників і транспортної системи накладають обмеження на рухомість його стола.

В умовах ГВС металорізальні верстати з хрестовим столом є малоприматними. Бажано мати всього одну ступінь волі стола, переважно в напрямку перпендикулярному осі шпинделя. В цьому випадку завантаження реалізується без додаткових пристроїв, використовуються рухи самого верстата. Для цього ПАЗІ автоматично встановлює в шпиндель з інструментального магазину спеціальний шток із замком або крюком на кінці. Запропоновані рухи шпиндельної бабки шток вводиться у відповідне гніздо супутника, який знаходиться на завантажувальній позиції. Зворотним рухом шпиндельної бабки шток зачіплює супутник і по напрямним затягує його на стіл. Зштовхування супутника зі стола після обробки деталі виконується зворотним рухом штока з шпиндельної бабки.

Вимоги безперешкодного сходу і зручності збирання стружки відповідає компонованню токарних верстатів з нахиленою або вертикальною станиною і зі змінним супортом, а металорізальні верстати з горизонтальним шпинделем – вертикальне або «підвішене закріплення деталі».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 12

### 3.3. Вимоги до рівня автоматизації обладнання

ГВС призначені для роботи в автоматичному або (і) автоматизованому режимі. Тому недостатній рівень автоматизації більшості серійних верстатів обумовлює необхідність їх модернізації в створених ГВС. Модернізація обладнання полягає в наступному:

- встановлення автоматичних затискних пристосувань (патронів, лещат, спеціальних пристроїв базування і фіксації супутників і т.п.);
- оснащення верстата автоматичним огородженням робочої зони з блокуванням по відкритому положенню;
- умонтуванням в затискні пристосування датчиків автоматичного визначення правильності закріплення або наявності деталі;
- встановлення спеціальних засобів автоматичного видалення стружки з робочої зони і очищення баз.
- модернізація обладнання буде проводитися і в майбутніх ГВС, так як не всі підприємства мають можливість оновити весь верстатний парк.

### 3.4. Вимоги до гарантованого подрібнення і видалення стружки

В умовах ГВС дуже важливе значення мають подрібнення стружки і видалення її з робочої зони. Невирішеність цієї проблеми і відсутність автоматичного контролю є сьогодні головними факторами, які стримують зниження ступеня необхідної присутності людини в ГВС.

В даний час запропоновано багато способів і пристроїв подрібнення і відводу стружки:

- спеціальна геометрія інструмента;
- накладки;
- подача супорту вібрацій;
- подача ЗОР і подача повітря під великим тиском;
- перервна подача і ряд інших заходів.

Така множина свідчить про відсутність одного надійного і універсального рішення. Спосіб або пристрій роботоздатний в одних умовах різання, виявляється зовсім не ефективним в інших. Тому пошуки рішень продовжуються. Наприклад, замість різців використовують фрезерні головки і подачу води під великим тиском. У вітчизняній практиці ГВС спеціальні засоби подрібнення стружки або не застосовуються, або цю функцію виконувала запрограмована перервна подача супорта.

Недоліком більшості вітчизняних верстатів, які використовуються в ГВС, є відсутність вбудованих транспортерів видалення стружки.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 13

### 3.5. Вимоги до надійності обладнання

Обладнання ГВС характеризується автономністю і взаємозамінністю. Однак воно включено в загальний технологічний процес ТНС. Тому вимоги до його надійності повинні бути більш високими, ніж до верстата з ЧПК, який використовується окремо або в якості модуля.

Практично всі елементи ГВС були відомі задовго до того, як стало можливим об'єднання їх в ефективну систему. Це було пов'язано з низькою їх надійністю і в першу чергу систем керування. з однієї сторони, ускладнення прикладної, електронної частини верстата приводить до спрощення і підвищення надійності механічної частини, з іншої сторони, сама електронна і електрична частина верстата сьогодні менш надійна, ніж механічна. В більшій степені це стосується показників довговічності, в меншій – безвідмовності і ремонтпридатності. Дане протиріччя ліквідується застосуванням систем управління на базі мікропроцесорів.

## Тема 4. Вимоги до системи керування обладнанням гнучкої виробничої системи. Вимоги до різального інструменту для гнучкої виробничої системи

### 4.1. Вимоги до системи керування обладнанням гнучкої виробничої системи

Важливою вимогою до системи керування верстата в ГВС є гнучкість. Перші ГВС в нашій країні компонувалися верстатами з ЧПУ типу NC (жорсткий алгоритм). Досвід експлуатації показав, що можливості ЧПУ такого класу не відповідає умовам ГВС. Погана сумісність з ЕОМ, необхідність розробки пристроїв буферної пам'яті і інші фактори приводили до того, що в ряді випадків так і не вдалося реалізувати надійну системи групового управління (DNC).

Крім того, сучасний рівень виробництва вимагає від системи керування устаткуванням ГВС можливості виконання ряду задач, які не властиві жорстким системам.

До таких задач не відносяться:

- адаптивного керування;
- активного контролю;
- автоматичної діагностики;
- ідентифікація деталей або транспортного оснащення на робочій позиції;
- гнучкого керування допоміжними пристроями верстатного модуля і т.п.

Тому стали широко застосовувати в ГВС верстати з мікроЕОМ (CNC). Це системи типу «Електроніка НЦ-31», «Електроніка НЦ-30-31», «Електроніка-60» та інші.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 14

## 4.2. Конструювання різального інструменту для гнучкого автоматизованого виробництва

До різального інструменту і його експлуатації в умовах ГАВ висуваються певні вимоги. До таких вимог відносяться:

- можливість заміни різних типів інструментів на різному обладнанні з одного накопичувального пристрою;
- забезпечення точного базування і надійного закріплення різального інструменту.
- забезпечення автоматичної заміни інструменту у відповідності з програмою обробки;
- взаємозамінність інструменту, а саме вихід різальних крайок інструменту на задані координати по програмі із заданою точністю при багатократних замінах одного і того інструмента;
- вібростійкість при роботі різними різальними інструментами на раціональних режимах різання.

Великий вплив на конструювання інструменту впливає використання принципу збірності, коли заміні підлягають різальні пластини, різцеві вставки, касети і головки, подовжувальні перехідники і державки з хвостовиками для закріплення на верстаті.

Взаємозамінність вставок, касет і головок для різних типів різальних інструментів (PI) дозволяє створювати їх гами по видах і розмірах і об'єднувати великі групи інструментів в так названі системи.

В сукупності з набором подовжувачів, перехідників і державок такі системи дозволяють краще задовольняти необхідність в спеціалізованому інструменті і зводять до мінімуму частку індивідуальних замовлень, що дає економію по розробці конструкції та виготовлення інструменту.

Для складання різних типів інструментів використовується деяка кількість модулів, які після складання являють собою взаємозв'язаний механізм, який має достатню кінцеву жорсткість і точність. Такий метод дозволяє створювати спеціальний інструмент з найменшими затратами.

Закордонні фірми вказують на наступні переваги модульного інструмента в порівнянні з суцільним:

- можливість створення інструменту, який найбільш підходить для кожної деталі і конкретного верстата за допомогою стандартних елементів, що входять в систему;
- при розробці двох різних типів деталей загальна вартість елементів системи менша тієї, яку складають спеціальні суцільні різальні і допоміжні інструменти. Економічна ефективність системи модулів зростає із збільшенням номенклатури оброблювальних деталей. Найбільший ефект досягається на виробництві, яке використовує верстати з різними системами кріплення інструменту;
- модулі системи можуть бути закодовані, коди введені в пам'ять ЕОМ, за допомогою якої можна вибрати оптимальні комбінації інструментів при

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 15

підготовці виробництва.

На думку ряду фірм, з'єднання модулів типу подовжувачів, перехідників і різцевих головок по торцевим поверхням забезпечує найбільшу жорсткість в порівнянні з іншими способами. Жорсткість верстата при з'єднанні по торцю залишається майже постійною під дією осьових і радіальних сил після тривалого і важкого різання, коли інструмент нагрівається, а також при виникненні вібрацій. Обертаючий інструмент, зібраний з таких модулів, має невелике биття при умові високої точності виготовлення центрувальних поверхонь. Такі конструкції дають можливість підводу охолодження в зону різання по отворах, які проходять в корпусах елементів інструменту.

### 4.3. Спеціальний допоміжний інструмент в гнучкій виробничій системі

Для розширення технологічних можливостей обладнання, вбудованого в ГВС з метою скорочення його простоїв, застосовують спеціальні конструкції допоміжного інструменту.

В умовах серійного виробництва обробка на верстатах з ЧПК отворів 6-7 класів точності є однією із самих тривалих операцій, так як для забезпечення жорстких допусків контроль розмірів реалізується на верстатах з ручним керуванням верстатником, який перевіряє можливості відхилення і вносить необхідні коректування. Для цього приходиться часто зупиняти верстат, що збільшує собівартість виготовлення.

Похибка розміру деталі з'являється із-за того, що при положення в контакт з деталлю різальної крайки інструменту відносно базових точок деталі не відповідає заданому значенню.

Існує ряд різних причин, які можуть залежати від верстата, оброблюваної деталі або хвостовика інструмента. Похибки, причини яких можуть полягати в наявності зазорів в конічних з'єднаннях або биття в опорі шпинделя, є випадковими похибками і їх можна підтримувати в допустимих межах тільки за рахунок покращення конструкцій верстатів і інструмента. Також, як і систематичні похибки, які залежать від часу (знос або температурне розширювання), випадкові похибки можна ліквідувати застосуванням спеціального допоміжного інструменту з пристроєм для його корекції з активним контролем.

При прецизійному розточуванні в умовах серійного виробництва застосовують системи корекції інструмента, які входять в систему автоматичного регулювання.

Це дозволяє реалізувати автоматичну корекцію різальних кромки інструмента. Обслуговуючий персонал звільняється від контролю і корекції інструмента і в результаті зменшується частка браку за рахунок зменшення кількості помилок при введенні корекції, яку реалізує обслуговуючий персонал, а також скорочуються виробничі витрати.

За рахунок застосування електронних вимірювальних приладів контактного типу в умовах серійного виробництва замикається ланцюг регулювання

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 16

«заготовка-щуп-інструмент».

При повністю автоматизованому коректуванні різальних крайок прецизійного розточувального інструмента можна застосувати допоміжний інструмент, використовуючи пристрій ЧПУ без додаткових сервоприводів. Для керування процесом коректування різальних крайок вимагає тільки введення в систему типу CNC модуля математичного забезпечення.

Для автоматичної корекції різальних крайок електронний вимірювальний щуп автоматично встановлюється в шпindelь верстата і вимірює отвір. Розмір його подається в систему керування верстатом, яка фіксує величину і по заданому алгоритму розраховує необхідне переміщення різальних крайок. В інструментальному магазині пневматичний пристрій реалізує необхідне зміщення і таким чином державка коректується для виконання очікуваної технологічної задачі на розмір з врахуванням спрацювання різальних крайок.

Для автоматизації допоміжних операцій при автоматичному нарізуванні різи застосовують ряд пристроїв. Після свердлування глухого отвору в ньому залишається стружка, яку видаляють за допомогою спеціального пристрою. Після цього в очищений отвір подається мастило і потім виконується нарізання різи. Дозатор дозволяє ввести оливу в отвір або в інші зони, які вимагають змащування, і де ЗОР, що є на верстаті, не придатні для цих механічних операцій.

Пристрій підосу стружки можна підключати до звичайного промислового пилососа через спеціальний з'єднувач.

**Тема 5. Функції транспортно-накопичувальної системи гнучкої виробничої системи. Транспортні зв'язки і система адресації транспортно-накопичувальної системи, розміщення і ідентифікація вантажів. Транспортна організація робочих місць транспортно-накопичувальної системи і статичне і динамічне розміщення вантажів в транспортно-накопичувальної системи**

Основними організаційно-технічними задачами, які виникають при створенні гнучких виробничих систем, зокрема систем управління ГВС є:

– забезпечення гнучкості і стійкості виробничого процесу (можливості його оперативної перебудови при зміні виробничої ситуації і можливості оперативного перерозподілу ресурсів для компенсації наслідків випадкових відхилень від запланованого графіка виробництва);

– підвищення ефективності використання обладнання і скорочення об'єму незавершеного виробництва.

Для їх вирішення виникають нові організаційні, технічні і технологічні ресурси, в першу чергу, інтегрована СУ ГВС і розвинута автоматизована транспортно-складська система ТНС. Ці системи є основними диспетчерськими елементами ГВС, які об'єднують окремі верстати в єдиний виробничий комплекс.

В складі гнучкої виробничої системи транспортно-накопичувальна система виконує 2 основні функції: оперативну і накопичувальну.

Оперативна функція транспортно-накопичувальної системи ГВС полягає в



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 17

зберіганні та подачі на робочі місця заготовок і напівфабрикатів, які складають операційні заділи робіт, а також комплектів технологічного оснащення, підготовленого для виконання поточних операцій.

Організація підготовки, зберігання і доставки на робочі місця технологічного оснащення суттєво залежить від складу обладнання ГВС і прийнятої організації виробництва.

Малогабаритне оснащення (кулачки, шліфовані під патрон конкретного токарного верстата) може зберігатися на робочому місці.

Габаритне оснащення (лещата, патрони для свердлувальних і фрезерних верстатів) може зберігатися в транспортно-накопичувальній системі.

Інструментальне та вимірювальне оснащення, а також елементи оснащення кріплення доцільно зберігати в секції підготовки інструмента та оснащення, формуючи з неї в міру необхідності комплекти для виконання однієї або декількох конкретних операцій. Ці комплекти до виклику на робоче місце можуть зберігатися в ТНС, а після виконання операцій повинні повертатися в секцію підготовки інструмента і оснащення.

Накопичувальна функція транспортно-накопичувальної системи ГВС полягає в зберіганні страхових запасів заготовок деталей, призначених для комплектації та подачі на складання у виді вузла- машинокомплектів.

Необхідний об'єм страхових запасів заготовок залежить від рівня організації виробництва на підприємстві в цілому і типу ГВС. Питання про зберігання готових деталей, призначених для комплектації, виникає тільки в предметно-замкнених ГВС при відсутності загально заводського (цехового) складу готових деталей і в ГВС, які виконують складальні операції. Потужності необхідні для складування готових деталей залежать від номенклатури і кількості деталей.

### **5.1. Транспортні зв'язки і система адресації**

Транспортно-накопичувальна система складається з наступних частин: склад-стелаж, робот-штабелер, роботизований візок.

Існує два основних конструктивних варіантів побудови ТНС:

- з суміщеними транспортною і складською підсистемами;
- з розділеними транспортною і складською підсистемами.

В обох варіантах склад може складатися з декількох універсальних або спеціалізованих секцій (для зберігання заготовок, готових деталей, технологічного оснащення і операційних заділів).

Організація роботи транспортно-накопичувальної системи ГВС може бути з суміщеними і з розділеними вантажопотоками.

В ГВС транспортний механізм (роботар, роботрайлер) забезпечує рух по криволінійній траєкторії. Це дозволяє нарощувати і об'єднувати декілька ГВС.

Кожне місце на складі має номер (адресу зберігання). Аналогічні адреси доцільно присвоїти робочим місцям допоміжних секцій (здачі-приймання, технічного контролю, підготовки інструменту і оснащення). Це дозволяє в будь-

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 18

який момент визначити місцезнаходження кожного вантажу і звести транспортну функцію ТНС до перевезення вантажів із однієї адреси зберігання в іншу. ТНС може працювати в трьох режимах адресації: автоматичному; автоматизованому; ручному (при відмові СУ).

В автоматичному режимі адресації СУ ТНС сама або в діалозі з іншими підсистемами СУ ГВС визначає вихідну та кінцеву адресу зберігання і траєкторію транспортування.

В автоматизованому режимі адресації вручну задаються обидві адреси зберігання. При введенні тільки однієї адреси необхідно вказувати вид операції (привезти, відвезти).

В ГВС дрібно- і середньосерійного виробництва ТНС будується по схемі «склад-верстат-склад». Переваги такої схеми: можливість асинхронної обробки різних партій деталей.

## 5.2. Розміщення і ідентифікація вантажів

При початковому завантаженні в ТНС кожному вантажу присвоюють ідентифікатор. Для деталей ідентифікатором є номер креслення деталі та шифр партії запуску, а для великогабаритного оснащення, яке постійно зберігається на складі – код оснащення, верстата.

Ідентифікатор комплекту технологічного оснащення, яке підготовлено для виконання однієї або декількох конкретних операцій, повинен включати ідентифікатор деталі, код операції і (або) взаємозамінних верстатів.

В залежності від розміру партії запуску, габаритів деталі і вантажопідйомності ТНС деталі одного найменування розміщують в одній або декількох тарах. В кожній тарі повинні знаходитися деталі тільки одного найменування; виняток складають технологічні уніфіковані деталі одного вузла або машинокомплекту, перерва в обробці яких на різних верстатах суттєво збільшує підготовчо-завершальний час.

Кількість деталей в тарах повинно відповідати розміру партії запуску. Тому при зберіганні в ТНС страхових запасів може пожадобитися перекладання заготовок у вільну тару.

## 5.3. Транспортна організація робочих місць

Зв'язок ТНС з робочими місцями реалізується через приймально-передавальні столи (ППС), які розміщені біля кожного робочого місця. Якщо на одному робочому місці обслуговується декілька верстатів, то можливі два варіанти організації зв'язку з ТНС:

- 1) кожний верстат оснащений індивідуальним ППС, який має адресу в ТНС;
- 2) встановлений загальний для всіх верстатів ППС, який має адресу в ТНС і декілька додаткових (безадресних) столів; Переміщення пристосувань-супутників (ПС) з ППС на ці столи виконують вручну. В другому варіанті ідентифікація

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 19

вантажів (при поверненні їх в ТНС ускладнюється).

З метою уникнення простоїв основного обладнання необхідні приймальний і передавальний столи або два ППС для кожного верстата, що дозволяє підвозити заготовки і відправляти оброблені деталі за один хід транспортного механізму, а також викликати наступну партію деталей до відправки попередньої.

Для зберігання технологічного оснащення бажано мати спеціальний ППС.

В ряді ГВС дрібносерійного і одиничного виробництва встановлення-зняття деталі з верстата виконують вручну. В цьому випадку заготовки в тарі розміщують навалом. При великій кількості заготовок оброблені деталі складають в резервну тару, яка потім повертається в склад замість вихідної, а звільнена тара становиться резервною.

Якщо установка-зняття деталі на верстаті автоматизована, то заготовки поступають з ТНС орієнтованими на ПС або навалом в тарі. В останньому випадку їх орієнтовано встановлює робітник в магазин заготовок верстата.

На робочі місця, де виконують складальні операції, одночасно поступають ПС з деталями декількох найменувань і резервна тара для складених вузлів. В цьому випадку використання безадресних столів може стати обов'язковим. Звільнену тару недоцільно повертати на склад. Тому для обслуговування робочих місць складання рекомендується автоматизований режим задання адрес зберігання.

#### **5.4. Статичне і динамічне розміщення вантажів в транспортно-накопичувальній системі**

При побудові інтегрованої СУ ГВС можливі статичний і динамічний методи розміщення вантажів на складі.

При статичному методі початково присвоєна адреса зберігання залишається незмінною до закінчення обробки або до відправки на виносну (яка виконується поза ГВС) операцію. При переміщенні вантажу на робоче місце йому присвоюється тимчасово додатково адресу зберігання; після обробки вантаж повертається на початкове місце на складі.

При динамічному розміщенні вантаж після виконання операції повертається або на будь-яке вільне, або на вибране по спеціальному алгоритму вільне місце на складі.

Переваги статичного методу – надійність і однотипність організації роботи з ТНС на всіх режимах адресації. В найкращому випадку при початковому подачі вантажу в ТНС на вантажоносій навішують ярлик з позначенням адреси зберігання, що гранично спрощує автоматизований і ручний режими повернення деталей на склад після виконання операції на робочому місці.

При роботі з використанням резервної тари ярлик перевішують на цю тару. Якщо на вантажоносії є апаратно зчитуємо адреса зберігання, то при використанні резервної тари необхідно після обробки перекласти деталі у вихідну тару.

Статичний метод більш надійний також з інформаційної точки, так як рідше змінюються дані про розміщення вантажів на складі, а зайнятість адрес зберігання

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 20

визначається по наявності відповідних ярликів в приймально-здавальній секції ГВС.

Динамічний метод теоретично більш гнучкий, ніж статичний, але висуває більш жорсткі вимоги до надійності роботи СУ ТНС і ТНС в цілому. Цей метод дозволяє більш раціонально використовувати склад і транспортні механізми. Так для ГВС із 20-30 верстатів економія комірок складу складає 5-10%. Разом з тим при відповідному скороченні розмірів складу може виникнути ситуація, при якій для тари, що поступає з робочого місця, не знайдеться вільного місця на складі.

При динамічному методі вантажоносій з деталями можна переміщувати до місця проведення наступної операції вздовж технологічного ланцюга, що економить до 20% часу роботи штабелера. Для реалізації цієї можливості необхідно зберігати в СУ ТНС технологічні маршрути по кожному найменуванню деталей.

При динамічному методі необхідний додатковий ідентифікатор при переміщенні деталей однієї партії запуску в декількох тарах (так як в кожній тарі може бути різне число деталей; ці деталі можуть знаходитися на різних стадіях обробки), що ускладнює роботу ТНС.

Одним з недоліків динамічного методу є також старіння інформації про стан складу після кожного обміну тар, що примушує постійно видавати на друк протокол обміну, або проводити повну інвентаризацію складу.

В даний час статистичний метод розміщення вантажів практично більш прийнятний, ніж динамічний. Можливо одночасне використання статичного і динамічного методів розміщення вантажів в ТНС.

## **Тема 6. Система управління транспортно-накопичувальної системи. Види зв'язку накопичувачів з технологічним обладнанням гнучкої виробничої системи**

Сучасні уявлення про надійність ГВС вимагають, щоб кожний елемент її життєзабезпечення міг функціонувати автономно. Тому існує два варіанти роботи СУ ТНС:

- резидентський (в цьому випадку СУ ТНС функціонує як частина СУ ГВС);
- автономний.

Перехід з одного варіанта на другий повинен проходити без втрат накопиченої інформації.

СУ ТНС є дворівневою:

- нижній рівень керує виконавчими механізмами
- верхній рівень підтримує інформаційну модель ТНС.

СУ ТНС може бути побудована на базі мікроЕОМ, яка оснащена гнучкими магнітними дисками, мікропроцесорами, які реалізують функції керування окремими виконавчими механізмами. Обмін інформації між СУ ТНС і іншими підсистемами СУ ГВС реалізується в режимі реального часу.

При автономному функціонуванні інформацію вводять і отримує диспетчер ГВС. СУ ТНС має інформацію про поточний стан постійних і тимчасових адрес

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 21

зберігання, і може автоматично вирішувати питання про адресу повернення вантажу (з робочого місця на склад) як при статичному, так і при динамічному методі розміщення вантажів на складі. Таким чином, найпростіша СУ ТНС використовує сама і передає диспетчеру ГВС дані про поточне місце розміщення вантажів, про вільні адреси зберігання і накопичує дані про переміщення кожного вантажу.

При функціонуванні в резидентському варіанті керуючі директиви для СУ ТНС, автоматизована система організаційно-технологічного керування ГВС або спеціалізована підсистема, яка реалізує зв'язок СУ ТНС з користувачем.

### **6.1. Види зв'язку накопичувачів з технологічним обладнанням гнучкої виробничої системи**

Для зв'язку накопичувачів з технологічним обладнанням використовують транспорт, який є зв'язною ланкою всіх елементів ГВС. Він забезпечує направлення і розподіл матеріальних потоків-заготовок, напівфабрикатів, готових деталей, стружки та інших відходів, пристосувань та оснащення, різального, вимірювального та допоміжного інструменту.

По призначенню транспорт поділяють на міжопераційний і транспорт внутрішній ГВМ.

Між операційний транспорт слугує для переміщення вантажів в масштабах всієї ГВС. В ГВС все більш широко застосовують рейкові і безрейкові автоматичні візки з керуванням від ЕОМ. Тільки перші ГВС були оснащені конвеєрною системою транспортування заготовок і деталей між верстатами і складами. В даний час застосовуються автоматичні візки рейкові для деталей великих розмірів і безрейкові.

Для керування рухом, вибором траєкторії руху безрейкового візка найбільш часто використовують індуктивну систему керування, при якій по можливим маршрутам руху в підлозі цеху на глибині 20 мм прокладають кабель, а візок оснащують індуктивними датчиками. Кабель є замкнутим контуром, по якому пропускають змінний струм частотою 5...32 кГц. При цьому створюється магнітне поле з концентричним розміщенням силових ліній, які взаємодіють з витками котушок індуктивностей, які змонтовані на візку. Електронний пристрій рульового керування візка порівнює напруженість магнітного поля двох приймальних котушок. При виникненні розгодження виробляється сигнал, який подається в електронний пристрій рульового керування для визначення напрямку руху візка.

На стрілках колії, де кабель розходить в двох і більше напрямках, для переміщення візка використовується два способи.

При першому способі в різні кабелі подаються сигнали різних частот. Візок при цьому настоюють на задану частоту сигналу.

При другому способі сигнал подають тільки в один з кабелів.

Існує два основних види керування транспортуванням візків:

– самостійне керування;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 22

– в рамках централізованого керування виробництвом.

В першому випадку реалізуються різні розподіли засобів керування між стаціонарними напрямними пристроями, які змонтовані на підлозі або під підлогою, і пристроями, які встановлені на візку. Як правило керування носить зональний характер: в кожній зоні застосовують самостійні напрямні пристрої і пульти керування. Візок не допускається в зону, поки там знаходиться інший візок. Коли зона звільняється, пропускні сигнальні пристрої забезпечують підхід візка до будь-якої робочої станції в межах зони. При переміщенні візка із зони в зону функції керування ним переносяться на зональні пульти.

Інколи для керування рухом транспортних візків використовується менш придатна для цехових умов система, яка працює за допомогою світло датчиків і білої смуги – маршруту. Розробляється оптична система керування рухом візка за допомогою лазерного променя.

## **Тема 7. Основні вимоги до промислових роботів в гнучкій виробничій системі. Типи промислових роботів. Програмування промислових роботів. Принципи побудови роботизованих технологічних комплексів. Система інструментального забезпечення гнучкої виробничої системи**

Промислові роботи, які застосовують на виробництві, повинні відповідати конкретним вимогам для забезпечення якісного протікання технологічного процесу. Основні вимоги до промислових роботів:

- технологічна універсальність ПР;
- точність позиціонування;
- вартість експлуатації ПР;
- надійність роботи ПР.

Технологічна універсальність визначається числом ступенів рухомості, можливістю швидкого переналагодження, можливістю роботи з різними по формі, матеріалу і властивостям об'єктами маніпулювання.

Технологічна універсальність забезпечується модульним принципом побудови, наявністю уніфікованих елементів спряження модулів, касетованими програмами при контурному керуванні і змінними набірними полями при цикловому і позиційному керуванні, універсального захоплювача, автоматичною зміною захоплювачів для різних об'єктів.

Точність позиціонування визначається повторністю виходу робочого органу в задану координату. Забезпечується наявністю засобів вимірювання переміщень і принципом роботи виконавчих органів.

Вартість експлуатації. Застосування одного ПР:

- вивільняє 1-3 робітників;
- підвищує продуктивність на 20-40%;
- знижує витрати на підготовку виробництва на 25-30%.

Одна година роботи ПР коштує 4,2 \$, а робітника – 13 \$.

Надійність роботи ПР. при експлуатації ПР головним є час їх безвідмовної

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 23

роботи. Лімітованою ланкою ПР є система керування. Для кращих закордонних зразків час безвідмовної роботи ПР складає до 60 тис. годин.

### 7.1. Структура розподілу промислових робіт

ПР застосовують в різних галузях народного господарства. В % відношенні це є приблизно так:

- механічна обробка – 31%;
- перекладка на конвеєрах – 19%;
- пресове обладнання – 12%;
- складання – 10%;
- складування – 10%;
- штампування – 6,1%;
- фарбування – 5,3%;
- зварювання – 3,9%;
- виливання – 2,7%.

Для збільшення застосування ПР на складанні необхідно вирішити наступні проблеми:

- потрібні ПР підвищеної точності;
- оснащення ПР універсальними захоплювачами;
- необхідна розробка засобів упорядкування середовища.

### 7.2. Перспективи розвитку промислових робіт

Серед приводів виконавчих органів ПР найбільше розповсюдження отримали:

- пневматичні приводи – 48%;
- гідравлічні – 30%;
- електропривод – 22%.

В області керування ПР спостерігається тенденція використання мікроЕОМ для систем локального керування і мініЕОМ для групового керування і обслуговування робототехнічних комплексів.

По робочим координатам випускаються ПР, які працюють в системі координат:

- прямокутниковій;
- циліндричній;
- сферичній системі координат.

Перші є найбільш точними роботами і застосовуються для складання прецизійно точних з'єднань.

ПР, які працюють в циліндричній системі координат застосовуються для обслуговування пресів, в механічній обробці, для переадресації з конвеєра на конвеєр.

ПР, які працюють в сферичній системі координат, застосовують при

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 24

зварюванні, фарбуванні та інших роботах.

Однією з головних причин, що перешкоджають більш широкому впровадженню ПР, є складність пристосування їх до існуючого технологічного процесу і до діючого обладнання. Труднощі пов'язані також з пошуком оптимального рішення системи, в яку впроваджується робот. Тому в даний час в промислово розвинутих країнах спостерігається інтенсивний пошук конструкції роботів, здатних замінити людину на різних технологічних операціях.

### 7.3. Основні терміни і визначення робототехніки

Робот – це автоматична машина, яка призначена для виконання маніпуляційних дій в складі основного технологічного обладнання і має можливість керуватися за допомогою гнучких програм.

Механічна рука – це автоматичний пристрій, який діє без участі людини і застосовується для виконання транспортних і допоміжних операцій.

Основою керування є циклова автоматика: кулачки, упори, кінцеві вимикачі, релейні схеми. Механічні руки широко застосовуються в автоматичних лініях для переустановлення деталей на верстатах.

Телеоператор – механізм з дистанційно керованим виконавчим органом.

Виконавчий пристрій ПР – це пристрій, що виконує рухові функції. До складу виконавчого пристрою входять: маніпулятор і пристрій переміщення.

Маніпулятор – це пристрій, що являє собою багатоланковий механізм з розімкнутим кінематичним ланцюгом, який оснащений приводом і робочим органом.

Робочий орган маніпулятора ПР – це пристрій, що реалізує безпосередньо взаємодію робота з зовнішнім середовищем. Робочий орган являє собою захоплюючий пристрій або робочий інструмент.

Захоплюючий пристрій – це орган маніпулятора, призначений захоплювання або утримання об'єкта виробництва або технологічного оснащення.

Робочий інструмент маніпулятора ПР – це орган ПР, призначений для безпосереднього виконання технологічних операцій (зварювальні кліщі, електрод).

Схоплювач ПР – це схоплювальний пристрій, в якому схоплювання і утримання предмета виконується відносним переміщенням його частин.

Ланка маніпулятора – деталь або група деталей, які утворюють одну жорстку нерухому систему тіл.

Пристрій керування ПР – це пристрій, який призначений для формування і видачі керуючих впливів виконавчому пристрою у відповідності із заданою програмою.

Вимірювальний пристрій ПР – це пристрій, який виконує збір інформації для пристрою керування про стан ПР і навколишнього середовища.

Пристрій зв'язку ПР – блок робота, який виконує обмін інформації між людиною-оператором і пристроєм керування.

Операційний ПР – це робот, який виконує технологічні операції або їх



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 25

елементи: зварювальний ПР, складальний ПР, ПР для нанесення покриттів.

Роботизація виробництва – поняття охоплює ряд питань від створення нових технологій, нового обладнання, до розробки принципів керування і організації виробництва, а також проведення комплексних техніко-економічних досліджень по визначенню оптимального ступеня універсальності окремих типів робіт.

Роботизоване виробництво – це виробництво в якому на різних переділах в достатньому і необхідному об'ємі використовуються ПР і маніпулятори.

Об'єкт роботизації – деталь, виріб над яким виконуються необхідні по технологічному процесу впливи і операції, які виконуються за допомогою ПР.

Роботизований технологічний процес (ТП) – це ТП в якому в якості основного технологічного обладнання використовується ПР і маніпулятор.

Робото технічний комплекс – це сукупність основних технологічних машин і ПР, які працюють в одному виробничому циклі по виготовленню деталей і здатні швидко переналагоджуватися на новий вид продукції. Система комплексів утворює робототехнічну систему (РТС).

#### **7.4. Терміни в області систем керування промислових робіт**

Програмне керування ПР – це автоматичне керування виконавчим пристроєм ПР і технологічним обладнанням по заданій програмі.

Контурне керування ПР – це таке керування, коли рух виконавчого пристрою ПР програмується в формі траєкторії в робочому просторі з контролем по швидкості.

Позиційне керування ПР – це вид програмного забезпечення при якому рух виконавчого пристрою ПР програмується по впорядкованій в часі кінцевої послідовності точок робочого простору без контролю руху між ними.

Циклове керування ПР – це такий вид керування при якому послідовність точок програмується за допомогою пристрою релейного типу.

Адаптивне керування ПР – це вид керування при якому безпосередньо в процесі керування змінюється алгоритм керування в функції стану навколишнього середовища і самого робота.

Програма керування ПР – процес складання, занесення в керуючий пристрій і від лагодження програми керування ПР.

Навчання ПР – процес програмування за допомогою попереднього керування рухом виконавчого пристрою ПР людиною-оператором. При цьому в пристрій керування ПР заносять параметри руху маніпулятора.

#### **7.5. Терміни основних характеристик промислових робіт**

Робочий простір ПР – це простір в якому може знаходитися виконавчий пристрій ПР при його функціонуванні.

Робоча зона ПР – це простір в якому може знаходитися робочий орган маніпулятора ПРО.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 26

Геометрична характеристика робочої зони – це лінійний або кутовий розмір, площа, об’єм робочої зони ПР. Якщо ПР є нерухомим, то його геометрична характеристика визначається в нерухомому стані.

Базова система координат ПР – це система координат, відносно якої задаються геометричні характеристики робочої зони ПР.

Число ступенів рухомості ПР – визначається числом ступенів волі кінематичних ланок маніпулятора.

Номінальна вантажопідйомність ПР – характеризується найбільшим значенням маси предмета виробництва або робочого інструмента, яким може оперувати робот.

Похибка позиціонування робочого органу ПР – це відхилення позиції робочого органу від положення заданого програмного керування.

Похибка відпрацювання траєкторії робочого органу ПР – це відхилення траєкторії переміщення робочого органу від траєкторії заданої програми.

## **7.6. Класифікація промислових роботів і систем керування**

1. По класу складності задач виконання промислові роботи поділяють на:

- програмні (ПР I покоління);
- адаптивні (ПР II покоління);
- інтегральні (ПР III покоління).

2 По характеру виконуваних операцій ПР поділяють на:

- виробничі (операційні);
- підйомно-транспортні (обслуговуючі).

3. По степені спеціалізації промислові роботи поділяють на 4 групи:

- спеціальні, які виконують конкретну технологічну операцію або обслуговуючі конкретну модель основного технологічного обладнання;
- спеціалізовані, які виконують технологічні операції одного виду (зварювання, фарбування, складання, штабелювання) або обслуговують визначений набір моделей основного технологічного обладнання;
- цільові, які виконують декілька видів технологічних операцій або обслуговують широку номенклатуру моделей основного технологічного обладнання, об’єднаних спільністю маніпуляційних дій;
- універсальні, які призначені для обслуговування обладнання різного технологічного обладнання.

4. По ступеню рухомості розрізняють стаціонарні і рухомі ПР.

Рухомі ПР можуть бути напільними і навісними. Стаціонарні ПР можуть бути вбудованими в обладнання, напільними і навісними.

5. По типу пристрою переміщення промислові роботи поділяють на колісні, рейкові, гусеничні, крокуючі.

6. По кількості ступенів рухомості розрізняють з двома, трьома, чотирма і більше ступенів рухомості.

7. По типу компоновки розрізняють промислові роботи, які працюють в

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 27

системі координат:

- сферичній;
- циліндричній;
- прямокутній,
- комбінованій.

8. По вантажопідйомності маніпулятора розрізняють:

- мікророботи (до 10 гс);
- міні роботи (від 10 гс до 100 гс);
- легкі роботи (від 100 гс до 10 кгс);
- середні роботи (від 10 кгс до 100 кгс);
- важкі роботи (від 100 кгс до 1000 кгс);
- надважкі роботи (більше 1000 кгс).

9. По виду привода робочих органів розрізняють промислові роботи:

- з пневмоприводом;
- гідроприводом;
- електромеханічним приводом;
- комбінованим приводом.

10. По способу управління розрізняють:

- ПР з програмним управлінням;
- ПР з адаптивним управлінням від мікроЕОМ;
- ПР з штучним інтелектом.

11. По способу управління промислові роботи з програмним управлінням поділяють на:

- промислові роботи з цикловим програмним управлінням;
- промислові роботи з позиційним програмним управлінням;
- промислові роботи з контурним програмним управлінням.

12. По способу програмування розрізняють основні методи підготовки керуючих програм:

- програмування навчанням;
- аналітичне програмування;
- програмування самонавчанням.

13. По типу виконання розрізняють промислові роботи:

- теплозахисного виконання;
- вибухобезпечного виконання;
- нормального виконання;
- пилезахисне.

14. По кількості маніпуляторів розрізняють ПР з одним, двома і більше маніпуляторів.

15. По типу робочої зони маніпулятора розрізняють на площині, на поверхні, в формі паралелепіпеда.

16. По класу точності промислові роботи виконуються 4 класів: 0, 1, 2, 3.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 28

## 7.7. Структура взаємодії людини з роботом

Структура взаємодії людини з роботом повністю визначається системою керування ПР.

Всю сукупність ПР можна поділити на :

- автоматичні;
- біотехнічні;
- інтерактивні.

Автоматичні ПР характеризуються тим, що процес керування їх діями проходить без посередньої участі людини, роль якої зводиться до налагоджування, пуску і контролю роботи системи. Вони можуть бути програмними, адаптивними (мати сенсорні пристрої) і інтегральними (приймають самостійні рішення).

Біотехнічні ПР – це ПР в керуванні рухами яких безперервно приймає участь людина-оператор. Існує три види керування біотехнічними ПР:

– командне керування – це дистанційне керування виконавчими приводами ПР з центрального пульта керування;

– копіювальне керування – це керування реалізується за допомогою задавальної рукоятки, яка кінематично подібна руки ПР. оператор може бути віддаленим від ПР на будь-яку відстань.

– напівавтоматичне керування – це таке керування, коли оператор за допомогою рукоятки задає руці робота необхідне переміщення, а всю сукупність сигналів для виконавчих приводів ПР виробляє ЕОМ.

Інтерактивні ПР – для таких ПР характерна часткова участь людини в процесі керування. Ця участь виражається в різних формах взаємодії оператора з ЕОМ.

По формі взаємодії оператора з ЕОМ розрізняють:

1. Автоматизоване керування, коли у визначеній послідовності проходить чергування повністю автоматичних і біотехнічних режимів керування.

2. Супервізорне керування. Особливістю такого керування є те, що всі частини заданого циклу операції виконуються ПР окремо автоматично. Перехід від однієї частини операції до другої виконується оператором подачею команд за допомогою рукоятки, світлового пера на екрані дисплея і т. д.

3. Діалогове керування. Для цього керування особливим є те, що ПР стає творчим партнером людини. Режим роботи – автоматичне виконання ПР операцій по частинам в поєднанні з великим різновидом спілкування оператора і ЕОМ в процесі керування.

До деталей і заготовок, призначених до обробки в роботизованих технологічних комплексах (РТК), висуваються наступні конструкторські і технологічні вимоги:

– можливість групування їх по конструкційно-технологічним ознаках і розмірним характеристикам з метою забезпечення типізації ТП, групової форми організації виробничих процесів і допоміжного обладнання;

– наявність чітко виражених баз і ознак орієнтації у заготовок, які дозволяють організувати їх транспортування і складування в орієнтованому виді;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 29

– наявність у заготовок однорідних по формі і розміщенню поверхонь для базування як при транспортуванні ПР, так і в межах РТК, які дозволяють без додаткового налагодження встановлювати їх в робочий простір обладнання.

До складу системи інструментального забезпечення (СІЗ) ГВС повинні входити:

- система управління автоматичною системою інструментів (УАСІ), пристрій автоматичної заміни інструментів (ПАЗІ) в магазині;
- автоматизований інструментальний склад;
- пристрій контролю стану інструменту на верстаті;
- секція підготовки інструмента зі стелажми для різального і допоміжного інструментів і з пристроями розмірного настроювання і автоматичного кодування інструмента;
- система управління.

В даний час існує 2 типи систем інструментального забезпечення. В системі інструментального забезпечення першого типу (СІЗ) ГВС використовується система змінних магазинів;

В системі інструментального забезпечення другого типу (СІЗ) ГВС інструмент автоматично замінюється в магазині обмеженої місткості під час роботи верстата.

### **Тема 8. Контрольно-вимірювальна система гнучкої виробничої системи. Контроль і діагностика деталей за допомогою контрольно-вимірювальних машин. Застосування систем технічного зору для автоматизації контролю деталей. Допоміжні системи гнучкої виробничої системи**

В технології ГАВ або ГВС важливе місце займають проблеми контролю оброблених деталей, інструменту і продуктивності процесу.

Розрізняють три види автоматичного:

- контроль до обробки;
- під час обробки;
- після обробки.

Контроль першого виду направлений на забезпечення безперервної роботи ГВС.

Контроль другого виду, крім забезпечення безперервної роботи ГВС, призначений також для запобігання дефектів, які можуть виникнути в процесі виробництва, для перевірки якості продукції і для визначення тенденції розвитку виробничого процесу.

Контроль третього виду призначений для забезпечення необхідної якості продукції і для виконання статистичних і аналітичних задач.

Для контролю 1 і 3 виду широко застосовуються контрольно-вимірювальні машини (КВМ).

Контрольно-вимірювальна машина з ЧПК проводить вимірювання розмірів деталей за допомогою щупів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 30

## 8.1. Контроль і діагностика виробів за допомогою контрольно-вимірювальних машин

Конструкція сучасної КВМ являє собою агрегат, до складу якого входять:

- механічна частина;
- система оцупування;
- система вимірювання;
- система приводів і управління переміщенням механічних частин машини;
- система обробки результатів вимірів.

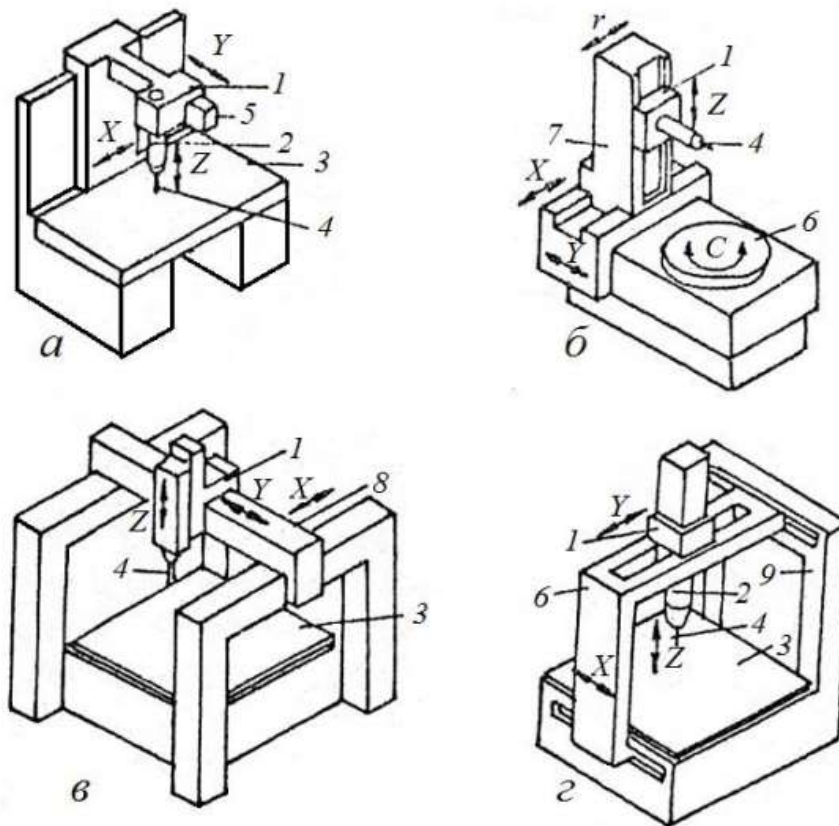
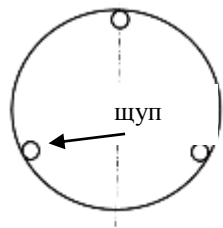


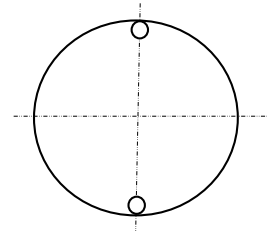
Рис. 8.1. Схематичне зображення контрольно-вимірювальних машин

КВМ з плоским (рис. 8.1, а) і круговим (рис. 8.1, б) столом, порталним пристроєм (рис. 8.1, в) і косинцем (рис. 8.1, г). Датчики дотику 4 кріпляться в пінолі 2 або на супорті 1. У консольних КВМ супорт переміщується на стрілі 6, або - по стойці 7 або по мосту 8.

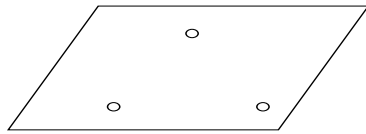
Застосовують наступні схеми вимірювання параметрів деталей на КВМ.



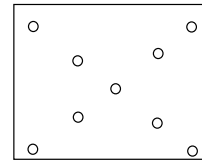
а) центр кола



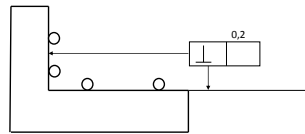
б) діаметр



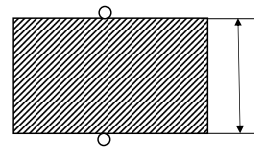
в) площина



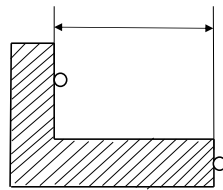
г) площинність



д) перпендикулярність



ж) просторові відстані



з) просторові відстані

Рис. 8.2. Схеми вимірювання деяких параметрів деталей на КВМ

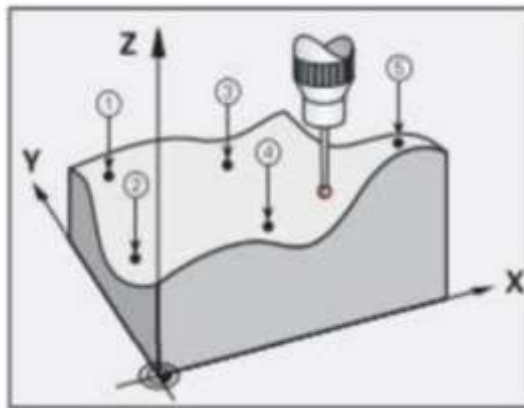


Рис. 8.3. Вимірювання поверхні двовимірної кривизни

За принципом роботи датчики дотику можуть бути контактними (рис. 8.4, а, б), індуктивними (рис. 8.4, в), а також п'єзоелектричними.

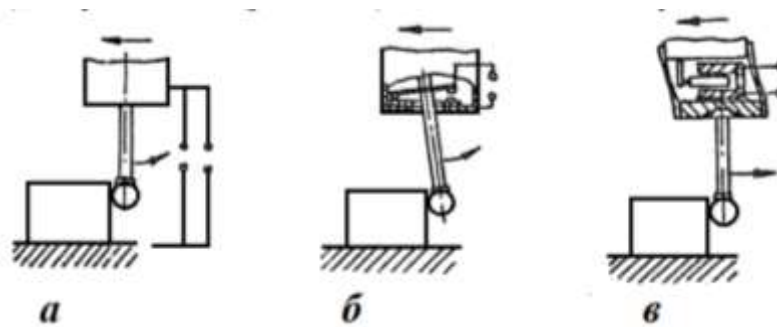


Рис. 8.4. Схеми датчиків дотику



Рис. 8.5. Інфрачервона вимірювальна головка



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8-2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 33

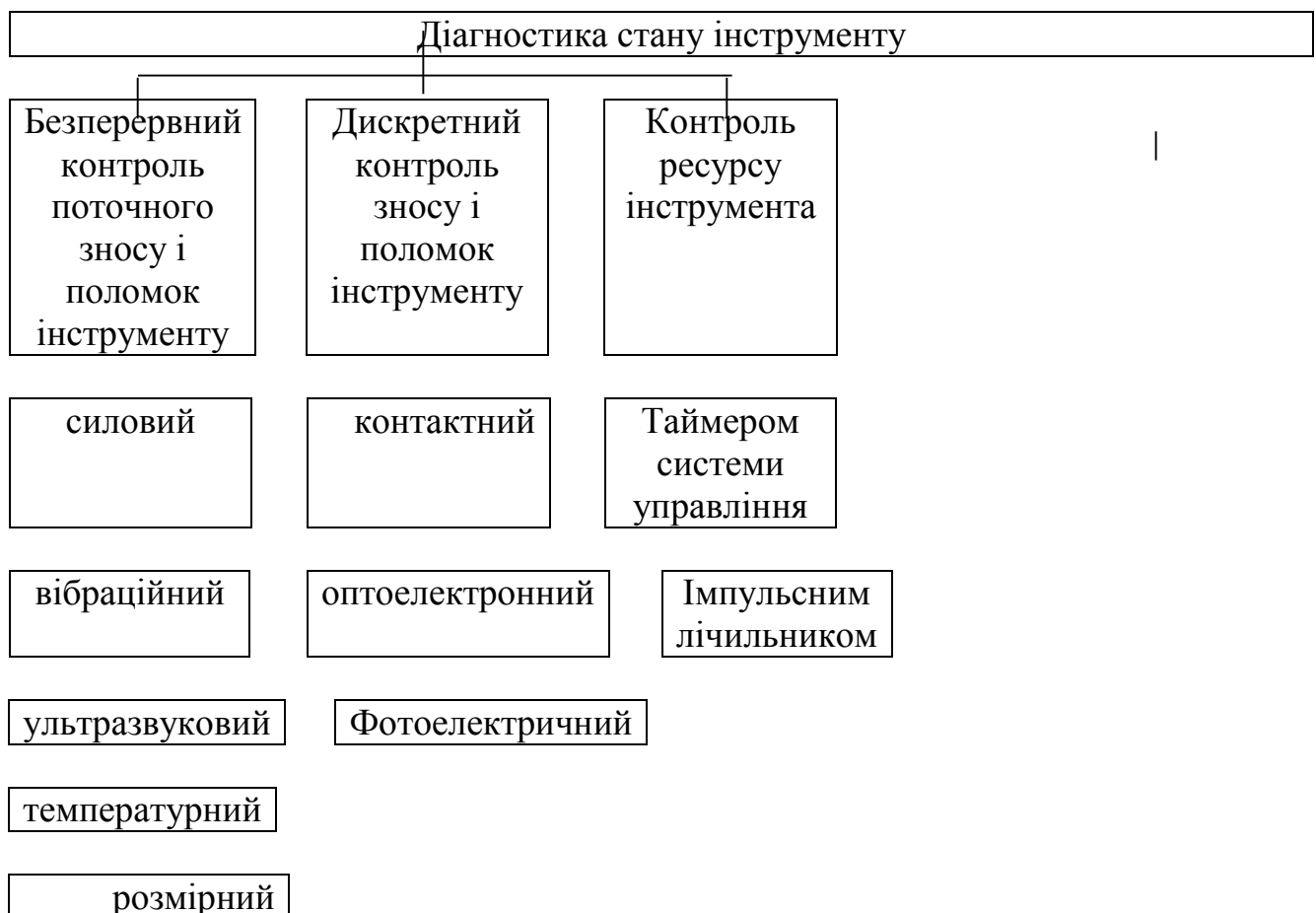
КВМ мають досить високі функціональні показники, але порівняно низьку продуктивність, так як вимірювання розділені в просторі і часі з процесом обробки. Це приводить до неможливості проведення 100%-го контролю і обліку корекцій вже на першій деталі. крім того, КВМ не в повній мірі відповідають вимогам ГВС.

Більшість вказаних недоліків усувається застосуванням в ГВС спеціалізованих високопродуктивних вимірювальних центрів з магазином і автоматичною зміною вимірювальних головок, поворотним столом, супутниками, програмним зв'язком з ЧПУ верстатів. Його продуктивність в 3-5 разів вище ніж у КВМ.

Кращі вимоги у відношенні гнучкості, похибки вимірювання і швидкості вимірювань відповідають вимірювальні роботи. Деталь при цьому випадку також контролюється за допомогою щупа, як і в КВМ. Велика кількість стандартних засобів програмно-математичного забезпечення для КВМ може також бути використано і для вимірювального робота. Поступаючись в точності вимірювань КВМ, роботи мають більшу швидкодію і пристосованість до виробничих умов.

Але вимірювальний центр і вимірювальний робот не можуть виконувати оперативне управління якості деталі.

Цьому відповідає другий вид контролю. Контроль в процесі обробки виконується шляхом контролю стану інструмента.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 34

## 8.2. Застосування систем технічного зору для автоматизації контролю деталей

Серед відомих засобів контролю особливий інтерес мають системи технічного зору (СТЗ), за допомогою яких можливе безконтактне вимірювання деталі при великих відстанях між нею і вимірювальним пристроєм.

В якості первинних перетворювачів таких систем найбільш доцільні фотоелектричні перетворювачі на приладах з зарядовим зв'язком (ФПЗЗ). Конструкція ФПЗЗ являє собою лінійну або матрицю фото чутливих елементів, виготовлених на кристалі кремнію методом мікро фотолітографії. Такі ФПЗЗ реалізують оптичну дискретизацію зображення, представляють контрольовану мий розмір числом електричних імпульсів, що зручно для подальшої математичної обробки. Для контролю використовуються лінійні і матричні ФПЗЗ. Точність лінійних вище точності матричних. Відносна точність 0,05%.

При використанні СТЗ для контролю розмірів деталі її зображення проектується на ФПЗЗ і перетворюється в телекамері в електричний відеосигнал, який передається в систему керування ГВС.

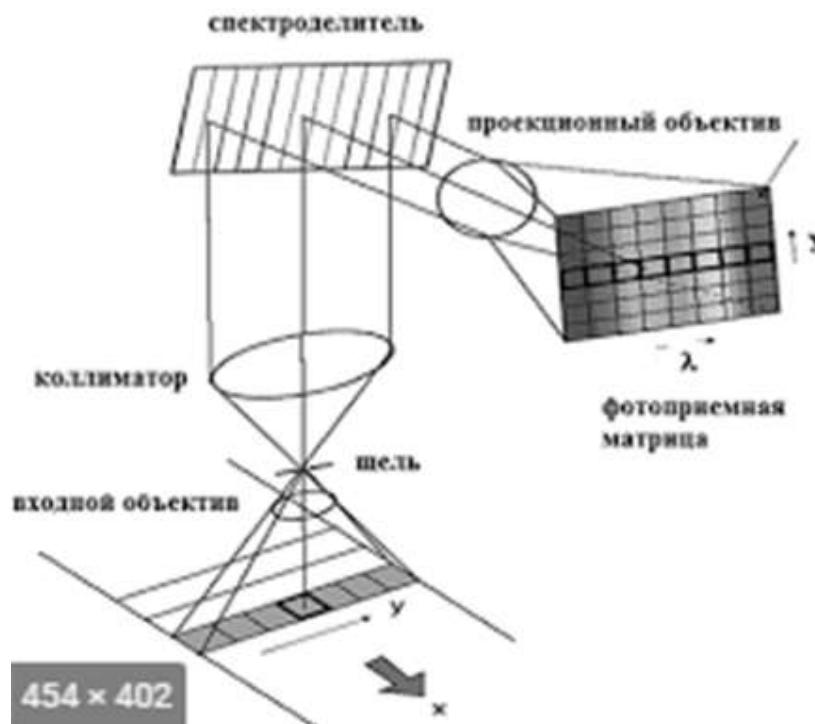


Рис. 8.6

В даний час для ГВС найбільш доцільно використання СТЗ в стаціонарних вимірювальних станціях.

СТЗ в ГВС або вбудовуються в технологічне обладнання, або переміщують в зону вимірювання за допомогою ПР, або встановлюють в стаціонарних вимірювальних станціях.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 35



Рис. 8.7.

### 8.3. Допоміжні системи гнучкої виробничої системи

Допоміжні системи забезпечують сервісні умови для реалізації технологічних процесів і видалення відходів виробництва в умовах ГВС.

До допоміжних систем відносяться: системи для подачі і регенерації ЗОР, для видалення і пакетування стружки, для очищення виробів і технологічної оснастки.

Система для подачі і регенерації ЗОР частіше всього реалізується в рамках гнучкого виробничого модуля (ГВМ) і керується від пристрою ЧПК верстата. Верстати з ЧПК мають окремий привод для подачі ЗОР і систему очищення ЗОР від стружки. Окремі верстати дозволяють подавати ЗОР безпосередньо через інструмент, якщо він має канал для підводу ЗОР.

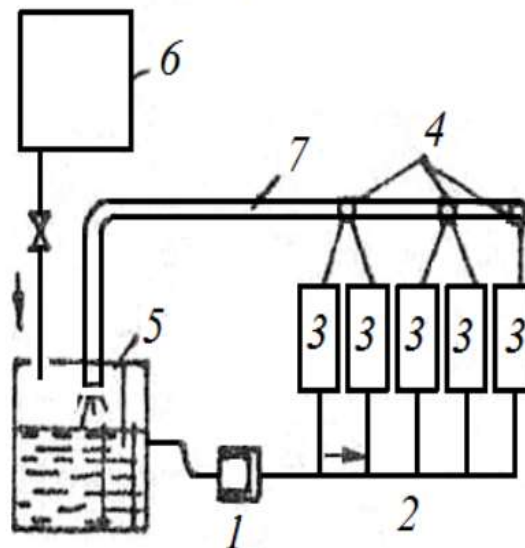


Рис. 8.8. Схема системи централізованої подачі МОР

1 – насос; 2 – напірний трубопровід; 3 – верстати; 4 – колодязі-відстійники;  
5 – бак-відстійник; 6 – додатковий бак; 7 – зливний трубопровід

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 36

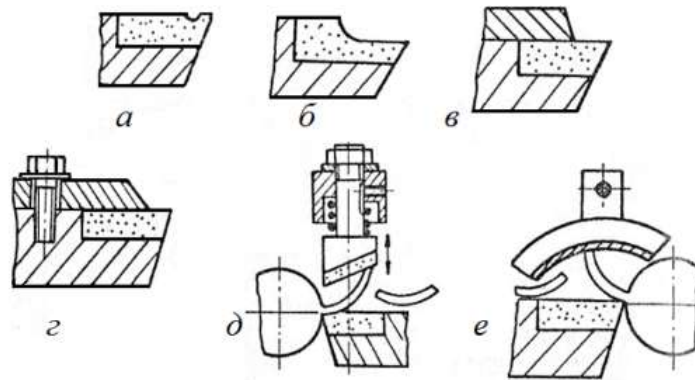


Рис. 8.9. Схема пристроїв для подрібнення стружки

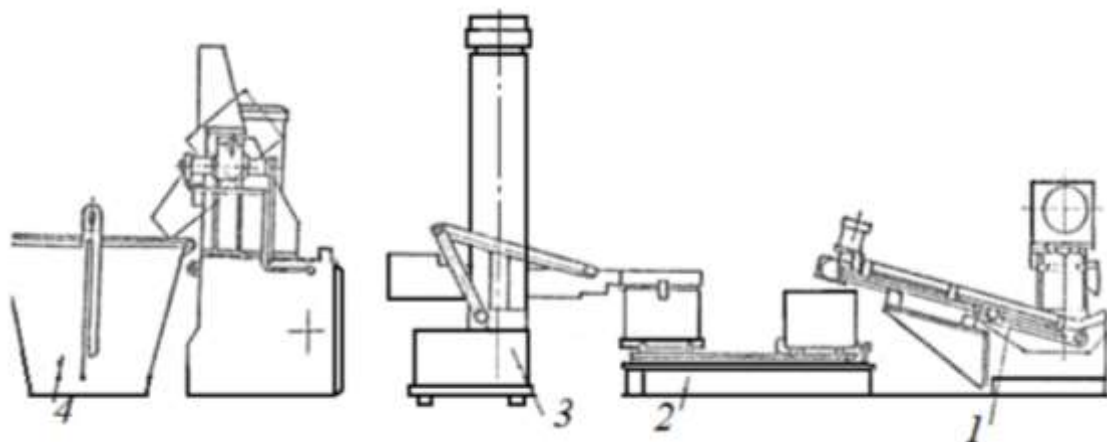


Рис.8.10. Схематичне зображення комплексу механізмів для видалення стружки:

1 - транспортер видалення стружки з зони різання; 2 - пристрій, що подає тару зі стружкою в зону обслуговування промислового робота; 3 - робот наземний транспортний; 4 - секція приймання тари зі стружкою з перевертаючою платформою

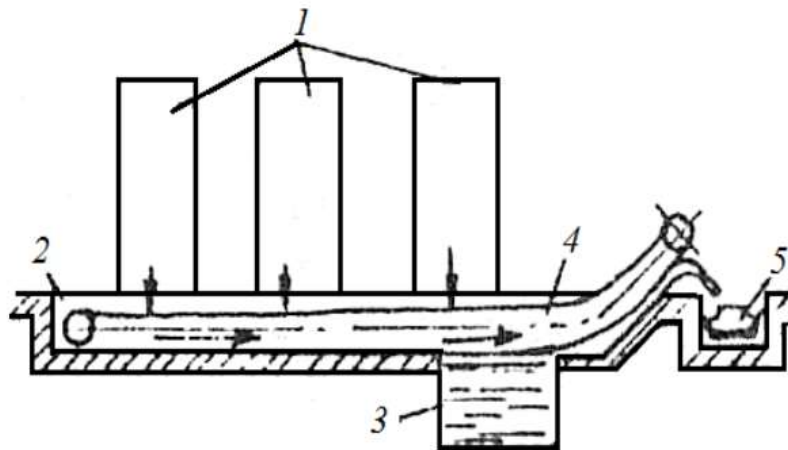


Рис. 8.11. Схематичне зображення системи гідравлічного видалення відходів виробництва

1 – верстат; 2 – канал; 4 – шкребковий конвеєр; 5 – конвеєр; 3 – бак-відстійник

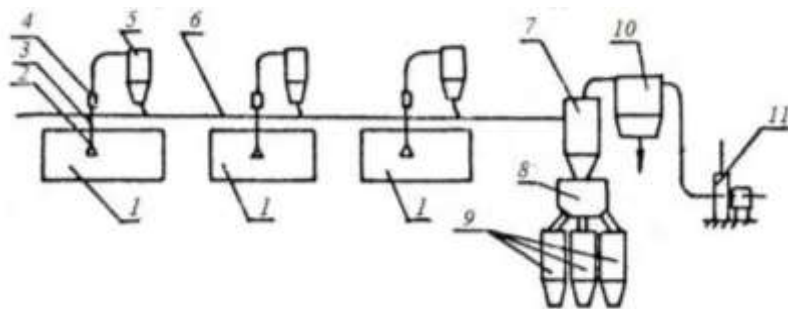


Рис. 8.12. Схема пневмотранспортної системи для видалення стружки

1 – верстат; 2 – стружкоприймач; 3 – трубогон; 5 – індивідуальний стружкозбирач

Пакування стружки полягає в тому, що в ГВС є дільниця збору стружки, де вона пресується і вивозиться на автоматизованих візках за межі ГВС.

Для очищення виробів і оснащення від стружки безпосередньо на робочому місці застосовують два методи: обдування стиснутим повітрям або застосування індустріального пилососа. Таке очищення необхідно проводити перед контролем деталей на робочому місці і перед встановленням деталей на елементи оснащення.

В останній час в ГВС стали часто застосовувати миючі машини. Їх застосування було обумовлено використанням в ГВС КВМ які можуть вимірювати тільки очищені деталі. деталі піддають миттю і сушінню в пристосуваннях-супутниках, а потім відправляють або на КВМ, або на склад.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 38

**Тема 9. Структура систем управління гнучкими виробничими системами. Типи компонувань гнучких виробничих систем. Особливості технології обробки деталей типу тіл обертання на гнучких автоматизованих лініях. Технологічна підготовка обробки корпусних деталей на гнучких автоматизованих лініях. Визначення характеристик складу і розрахунок числа позицій завантаження, розвантаження і контролю для гнучких виробничих систем. Розрахунок числа штабелерів розміщених зі сторони верстатів з числовим програмним керуванням в гнучких виробничих системах. Розрахунок інструментального забезпечення гнучкої виробничої системи. Захватні пристрої промислових роботів і їх розрахунок**

Сучасні системи управління ГВС повинні вирішувати задачі:

- управління інструментальним господарством;
- управління затискними пристроями;
- управління транспортно-накопичувальними системами, управління контрольно-вимірювальними системами;
- вибору оптимального маршруту обробки і забезпечення максимального завантаження капіталомісткого виробничого обладнання.

Для забезпечення програмування, скорочення часу обробки даних в вимагається використання ієрархічного принципу побудови системи керування. Можна виділити три рівня управління ГВС.

Перший нижній рівень управління ГВС – управління верстатами, транспортно-накопичувальною системою (ТНС), контрольно-вимірювальною системою (КВС), системою інструментального забезпечення (СІЗ), промисловими роботами (ПР) та іншими окремими елементами ГВС.

Другий (середній) рівень управління ГВС – управління взаємодією верстатів, транспортно-накопичувальної системи (ТНС), контрольно-вимірювальної системи (КВС), системи інструментального забезпечення (СІЗ), промислових роботів (ПР) та інших окремих елементів ГВС, як всередині ГВМ, так і в рамках всієї ГВС, а також діагностування елементів системи.

Третій (верхній) рівень управління ГВС – оперативне управління, планування технологічної підготовки виробництва, автоматизоване проектування.

Багаторівнева система керування з розмеженими задачами більш перешкодостійка і може зберігати роботоздатність при відхиленнях від нормальних умов роботи, часткового завантаження верстатів, а також легше запускаються знову після виходу системи із ладу. Необхідно використовувати автономні функціонуєчі, децентралізовані пристрої, здатні працювати після виходу з ладу системи керування верхнього рівня, не обмежуються при цьому можливостями ГВС.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 39

## 9.1. Системи технологічного керування

Системи технологічного керування (нижнього і середнього рівня) вирішують задачі керування окремими елементами ГВС і реалізують взаємозв'язок між ними. Як правило програма керування зберігається в пам'яті мікроЕОМ або пристрою ЧПК і забезпечує виконання конкретної технологічної операції на даному обладнанні ГВС. При зміні номенклатури виробів необхідне втручання оператора або центральної ЕОМ (верхній рівень) для перепрограмування пристрою керування.

У вітчизняних ГВС для керування технологічним обладнанням знайшли застосування мікроЕОМ «Електроніка-60», СМ-1800, «Електроніка НЦ-80-01». Остання проектувана спеціально для систем керування верстатами і технологічними процесами. Вона виконує 300 000 операцій в секунду.

## 9.2. Керування виробничими процесами в гнучких виробничих системах

Системи керування верхнього рівня вирішують задачі оперативного планування, контролю і коректування планів.

Оперативне планування являє собою процес програмування діяльності всіх елементів технологічного підрозділу в межах заданого відносно короткого інтервалу часу (планового періоду).

В ГВС оперативний плановий період не перевищує місяця. На цей період технологічному підрозділу системою планування більш високого рівня (АСУ підприємства) встановлюється план випуску продукції по об'єму і номенклатурі.

Результатом рішення задачі планування є часове і просторове впорядкування комплексу запланованих робіт. Часове впорядкування полягає у визначенні термінів початку і закінчення виконання робіт, а просторове – у призначенні робіт на конкретне технологічне обладнання.

В механообробні при оперативному плануванні визначаються терміни і порядок запуску в обробку окремих деталей або їх партій, обладнання на якому вони будуть оброблюватися, а також комплекс допоміжних операцій (підготовчих, транспортних, контрольних і т.п.).

Результати процесу планування оформлюється в виді завдання виконавцям основних і допоміжних робіт, якими можуть бути як автоматичне обладнання, так і робітники відповідних професій. В автоматизованому варіанті завдання являє собою комплекс програм, які передаються в локальні системи керування або безпосередньо, або на програмних носіях (перфострічка, магнітний диск).

В найбільш розвинутих ГВС робляться спроби з'єднання системи автоматичного керування технологічним процесом з системами автоматизованого проектування (САПР) і технологічною підготовкою виробництва (АСТПВ) яка отримала за кордоном назву САД-САПР-САМ.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 40

<b>Базова концепція виробу</b>	<b>Конструювання</b>
<b>Аналіз і структура функцій</b>	
<b>Технологічне конструювання (креслення)</b>	
<b>Ескіз заготовки</b>	<b>Підготовка виробництва</b>
<b>Розробка технології обробки</b>	
<b>Вибір верстатів</b>	
<b>Вибір пристосувань</b>	
<b>Конструювання пристосувань (креслення)</b>	
<b>Вибір інструментів</b>	
<b>Визначення режимів різання</b>	
<b>Визначення траєкторії руху інструментів</b>	
<b>Визначення часу обробки</b>	
<b>Підготовка даних ЧПУ</b>	
<b>Обробка з управлінням від ЕОМ групового управління</b>	



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 41

Метою з'єднання цих систем полягає в організації єдиного потоку інформації від проектування виробу до отримання готової продукції, що дозволить отримати найбільш повний ефект від впровадження гнучкої технології.

Крім того, це буде допомагати полегшувати роботу обслуговуючого персоналу по вибору верстатів, конструювання затискних пристроїв і інструментів, визначенні часу обробки, розробки маршрутної технології і підготовки даних ЧПУ.

### 9.3. Типи компоновань гнучких виробничих систем

Компоновка ГВС – один із найбільш важливих факторів, які визначають її техніко-економічну ефективність. В даний час застосовують 5 типів компоновок ГВС:

- довільну;
- функціональну;
- модульну;
- групову;
- багатоступеневу.

При довільному компонуванні обладнання розміщують у відповідності з технологічним маршрутом обробки основної групи деталей. Її недоліки – ускладнення і подовження транспортних маршрутів при кількості верстатів в ГВС більше трьох.

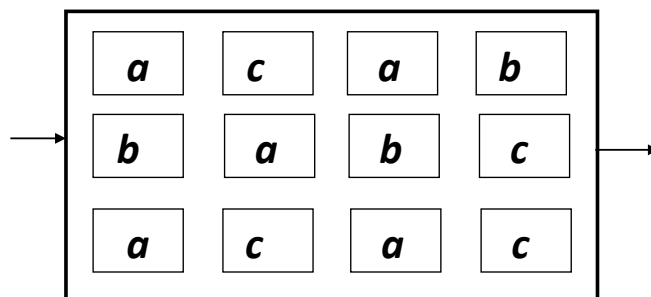


Рис. 9.1. Схема довільного компонування обладнання ГВС

При функціональному компонуванні обладнання розміщують по функціональним ознакам (токарні, фрезерувальні, шліфувальні) так, щоб потік деталей рівномірно реалізується від початкового пункту ГВС до кінцевого. Обробку при цьому виконують послідовно. Таке компонування найбільш поширене.

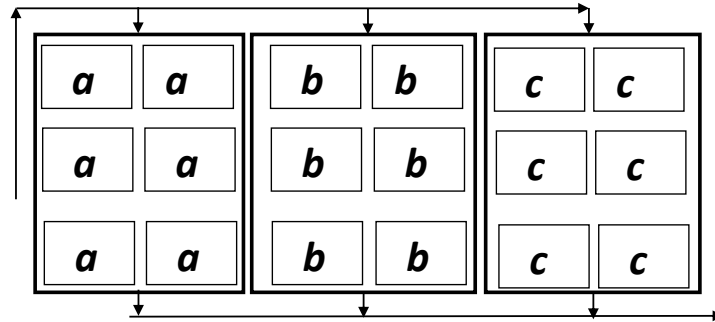


Рис. 9.2. Схема функціонального компоунання обладнання ГВС

При модульному компоунанні схожі процеси обробки паралельно виконуються однаковими модулями. Таке компоунання має можливості резервування, але і обмежує продуктивність ГВС. При виконанні термінових замовлень, вона може бути вигіднішою функціональною.

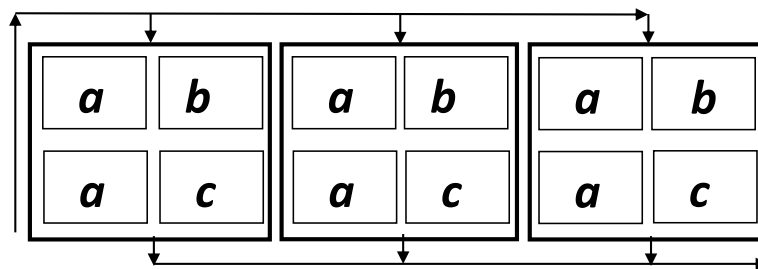


Рис. 9.3. Схема модульного компоунання обладнання ГВС

При груповому компоунанні окрема група деталей обробляється у відповідній комірці. Таке компоунання доцільне при узгодженні обладнання з необхідним часом обробки різних деталей.

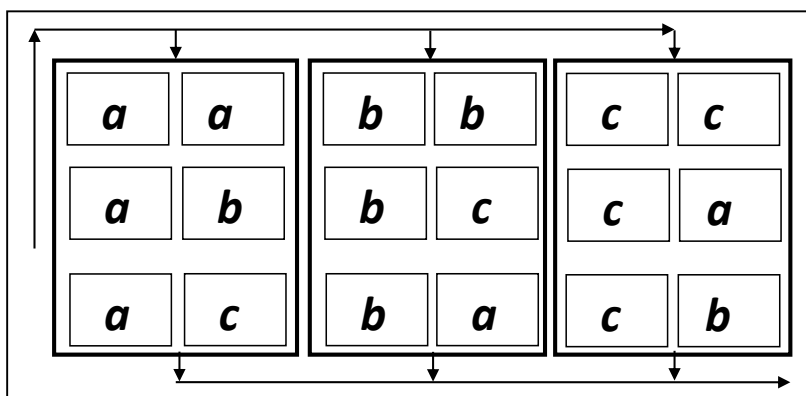


Рис. 9.4. Схема групового компоунання обладнання ГВС

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 43

Багатоступеневе компонування ГВС застосовується тоді, коли в ГВС входять операції, які виконуються окремо від основних операцій механічної обробки: заготовчі, термічні, складальні та інші.

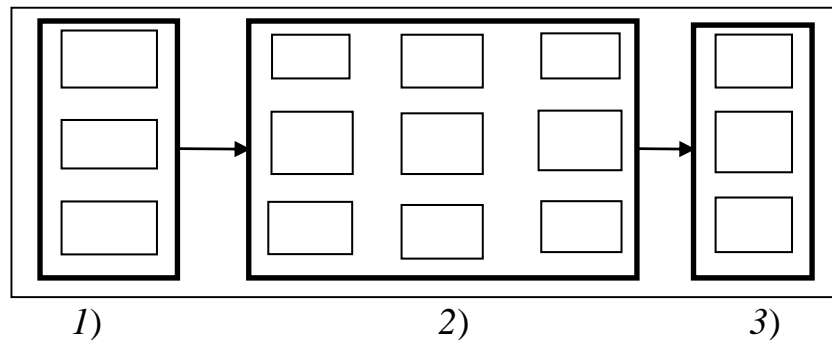


Рис. 9.5. Багатоступенева компоновка:

1 – дільниця попередньої обробки; 2 – дільниця основної обробки;  
3 – дільниця спеціальної обробки.

#### 9.4. Основні вимоги при створенні гнучких виробничих систем

При створенні ГВС необхідно враховувати наступні основні вимоги:

1) потужність і технологічні можливості ГВС (ГАВ) повинні бути вибрані виходячи із заданої споживачем номенклатури деталей і програми випуску деталей кожного найменування за оптимальний цикл виробництва, який визначається економічним розрахунком.

2) ГВС (ГАВ) повинні випускати повністю оброблені деталі, готові для подальшого використання в складальних цехах.

3) продуктивність ГВС (ГАВ) і пов'язані з їх експлуатацією витрати повинні визначатися з врахуванням наступних факторів:

- а) заданого добового і місячного ритму роботи;
- б) числа робочих годин на добу;
- в) числа годин на профілактику і переналагодження обладнання і всіх систем;
- г) числа робочих днів місяця;
- д) заплановані витрати на ремонтні роботи і заміну окремих вузлів.

4) цикл виробництва по можливості необхідно поділити на добові цикли, на протязі яких повинні оброблятися деталі мінімальної номенклатури, що дозволить мінімізувати кількість переналагоджень, номенклатуру інструменту, пристосувань і оснащення.

5) необхідно добиватися не тільки до повної обробки деталей в межах ГВС, але і до можливо повної обробки її на одному верстаті. Чим ширші технологічні можливості обладнання, тим вища ефективність ГВС.

6) для найбільш повного використання фонду часу необхідно мінімізувати час на переналагодження обладнання. Необхідно виключити регульовальні і

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 44

пригоночні операції, пробні проходи, а також скоротити об'єм коректувань режимів різання і положення інструменту.

7) стабільність якості продукції і стабільність самого виробничого процесу, що повинно забезпечуватися шляхом контролю за ходом процесу за допомогою вимірювальних систем, які включені до складу технологічного обладнання.

8) структурна побудова ГВС повинна забезпечувати максимальну автономність функціонування технологічного обладнання. Верстати повинні бути оснащені приверстатними накопичувачами, які забезпечують тривале (8-16 год) їх функціонування без звертання до транспортно-завантажувальної системи гнучкого виробництва. ТНС повинна мати резервні засоби, кожне з яких незалежно від інших може забезпечувати подачу матеріалів до технологічного обладнання.

9) системи керування ГВС повинні мати можливість пристосовуватися до конкретного замовлення і будуватися по агрегатному принципу з функціональних блоків, які об'єднані через інтерфейси і з'єднувальні шини.

10) повинні бути витримані вимоги техніки безпеки і прийняті всі заходи по захисту обслуговуючого персоналу від можливих шкідливих і небезпечних впливів.

## **9.5. Особливості технології обробки деталей типу тіл обертання на гнучких автоматизованих лініях**

Проектуванню ГАЛ для обробки деталей типу тіл обертання передують технологічна підготовка виробництва, яка включає в себе наступні етапи:

- обґрунтування номенклатури оброблюваних деталей і їх конструкторсько-технологічний аналіз;
- формування загального для всіх деталей набору проходів, групових операцій і варіантів групового маршруту обробки;
- вибір обладнання для кожної групової операції і визначення оптимального групового маршруту;
- розробка операційної технології;
- аналіз можливостей ГАЛ в другу і третю зміни без обслуговуючого персоналу.

### **1 етап.**

Номенклатуру деталей вибирають на основі техніко-економічних розрахунків, порівнюючи приведені витрати на обробку кожної деталі номенклатури на ГАЛ (з врахуванням простою частини обладнання з витратами на виготовлення цієї деталі в існуючому виробництві).

Конструктивно-технологічний аналіз деталей і їх можливих змін має наступну особливість: конструктивні елементи і поверхні всіх деталей розділяють на постійні (загальні за розміром і розміщенням для всіх деталей сімейства) і змінні (різні для деталей сімейства).

Кожну деталь умовно поділяють на оброблювальні поверхні, які можуть бути отримані за декілька проходів, переходів або операцій. В результаті аналізу

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 45

необхідно сформувати набори оброблювальних поверхонь, загальні для всього сімейства деталей.

## 2 етап.

Розробка загальної маршрутної технології включає в себе:

- формування схеми обробки кожної оброблювальної поверхні;
- визначення послідовності їх обробки для кожної деталі сімейства;
- об'єднання переходів обробки ОП в групові операції.

Методика формування схем обробки ОП має наступні особливості:

1) для ОП, постійних для більшості сімейства, використовують однакові технологічні рішення, різальний інструмент, схема базування, режим обробки, обладнання, які рекомендуються типовим технологічними процесами масового виробництва;

2) для змінних ОП перевагу віддають більш універсальним методам обробки. Бажано щоб зміна розмірів або розміщення ОП не викликало необхідності нового обладнання і інструменту, а вимагало тільки зміни настрою вальних параметрів технологічної системи і режимів обробки.

## 3 етап.

При виборі обладнання і визначення оптимального групового маршруту необхідно приймати до уваги, що обладнання для ГАЛ, що проектується повинно бути високопродуктивним, гнучким, надійним і допускати автоматизовану переналадку на обробку іншої деталі.

Методика вибору обладнання для операцій кожного варіанту групового маршруту має наступні особливості:

а) для постійних переходів використовують спеціальне обладнання, яке застосовується в умовах масового виробництва;

б) для змінних переходів застосовують універсальне обладнання з автоматичним циклом обробки.

Транспортна система ГАЛ повинна бути загальною для сімейства деталей. Технічні засоби (ПР, конвеєри і інші елементи) повинні переналагоджуватися з мінімальними затратами праці або взагалі не вимагати переналагоджування.

## 4 етап.

При розробці операційної технології етап визначає структуру операцій (послідовність переходів, можливість їх суміщення) вибирають різальний інструмент і систему його обслуговування, назначають режими різання.

При розробці операційної технології необхідно об'єднати проходи і переходи, які можуть бути виконані одним інструментом.

Оптимальний варіант операційної технології вибирають по економічному критерію (сумарним приведеним витратам на групову операцію) після вибору різального інструменту або одночасно з ним.

Режими різання необхідно назначати на основі нормативів, які діють в масовому виробництві.

Методи вибору різального інструменту має наступні особливості:

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 46

- для постійного суміщеного групового переходу доцільно використовувати багатолезовий інструмент;
- для постійно несуміщеного групового переходу доцільно використовувати фасонний інструмент;
- для змінних переходів вибирають широко універсальний (однолезовий) інструмент.

Після вибору типу інструментів для обробки кожної деталі їх уніфікують по всім деталям сімейства для кожного групового переходу.

## **9.6. Технологічна підготовка обробки корпусних деталей на гнучкій автоматизованій лінії**

Методичний підхід до створення ТП обробки деталей типу тіл обертання на ГАЛ і його основні положення можуть бути використані для створення ТП обробки корпусних деталей на ГАЛ з врахуванням деяких особливостей.

Для обробки на ГАЛ відбирають корпусні деталі одного службового призначення, більшість поверхонь яких по конструкції подібні, але відрізняються між собою розмірами, розміщенням відносно базових поверхонь, формою або технічними вимогами до них. При цьому враховують габарити, можливість уніфікації базових і поверхонь кріплення і верстатоемність обробки деталей.

Важливе значення має єдність баз і місць закріплення.

При аналізі оброблюваних деталей виділяють наступні поверхні:

- постійні поверхні, розміри і положення яких однакові для всіх деталей і обробка яких можлива переналадка обладнання;
- змінні конструктивно подібні поверхні, які розрізняються між собою розмірами або розміщенням відносно базових поверхонь, а саме ті поверхні, обробка яких вимагає пеналами обладнання.

Дальше виділяють:

- ті поверхні, які підлягають одночасній обробці із-за вимог точності до їх взаємного положення;
- поверхні, для яких можливе однакового способу формоутворення або багатопшпіндельної обробки;
- поверхні, які доступні для обробки з декількох сторін і т.п.

В результаті отримують набори поверхонь, які включають в себе постійні і змінні поверхні деталей. Ці набори є вихідними для розробки технології і визначення вимог до обладнання.

При попередньому складанні ТП обробки на ГАЛ за основу приймають маршрутний ТП виготовлення деталі-аналога, який вже використовується в умовах масового виробництва. Технологічну проробку починають з встановлення технологічних схем (складу переходів), необхідних для обробки набору поверхонь.

Для обробки постійних поверхонь такі схеми підбирають у відповідності з рекомендаціями для масового виробництва. Для обробки змінних поверхонь можна використати технологічні схеми, які застосовують в серійному виробництві.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 47

У відповідності з технологічними схемами підбирають різальний інструмент, призначають режими різання, розраховують силові параметри процесу і визначають основний технологічний час (використовують нормативи масового виробництва).

Перший (базовий) варіант ТП складають так, щоб зберегти послідовність виконання переходів для кожного набору поверхонь. На основі цього варіанта формують умовну автоматичну лінію, на якій можна реалізувати переходи, які виконують на кожному верстаті, аналізують завантаження обладнання і витрати на обробку деталі. після цього оптимізують ТП і розробляють різні варіанти ГАЛ, для чого виконують наступне:

1) вибирають переходи, які можуть бути виконані на одному верстаті з заміною або з переналагодженням оснащення, а з них ті переходи, які можуть бути виконані на одному верстаті за час рівний такту ГАЛ (середній штучний час обробки деталі);

2) розподіляють переходи між верстатами таким чином, щоб забезпечити їх рівномірне завантаження при запуску різних деталей;

3) узгоджують зміст переходів, призначених для виконання на верстаті, з вимогами до нього (число позицій, точність і т.п.).

В обладнанні, призначеному для обробки постійних поверхонь, використовують уніфіковані вузли автоматичних ліній (АЛ) і агрегатних верстатів (АВ).

Обладнання, призначене для обробки змінних поверхонь, може бути виконано на базі відомих конструкторських рішень (використання пристроїв, які дозволяють призупиняти обробку або вводити в обробку окремі інструменти; повна або часткова заміна інструментів; зміщення шпинделів; зміна положення базових поверхонь і т.п.), які застосовуються в даний час для переналагодження агрегатного обладнання.

## **9.7. Захватні пристрої промислових роботів і їх розрахунок**

### **9.7.1. Класифікація технологічних модулів промислових роботів**

Технологічна система ПР складається з модулів, які виконують різні технологічні (локальні) рухи, пов'язані з орієнтуванням об'єкта маніпулювання (ОМ) у просторі та взаємним (відносним) орієнтуванням поверхонь деталей, що складаються, а також модулів захватних пристроїв (ЗП), розпізнавання та контролю ОМ.

До першої групи модулів промислового робота (ПР), які призначені для виконання локальних рухів відносяться модулі ротації, коливання та зсуву кисті ПР, а також модулі досилання деталі.

До складу другої групи модулів промислового робота (ПР) входять захватні пристрої ПР, складально-захватні пристрої ПР та робочий інструмент ПР.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8-2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 48

### 9.7.2. Типові конструкції та основи розрахунку захватних пристроїв

Види ЗП робіт класифікують за такими ознаками, як способи утримування та базування ОМ (деталі і вироби), керування та переналагодження ЗП.

**Механічні ЗП.** Найчастіше використовуються як засоби, які виконують операції транспортування, завантаження, складання, тощо. Будучи встановленим на кисті маніпулятора, механічний ЗП є робочим органом ПР. Принципова відмінність механічних ЗП полягає в способі затискання деталей, який зводиться до створення затримуючих сил тертя між базовими поверхнями ОМ і робочими губками захвату, тобто сил, які виникають внаслідок надання цим губкам зусиль затискання від приводу.

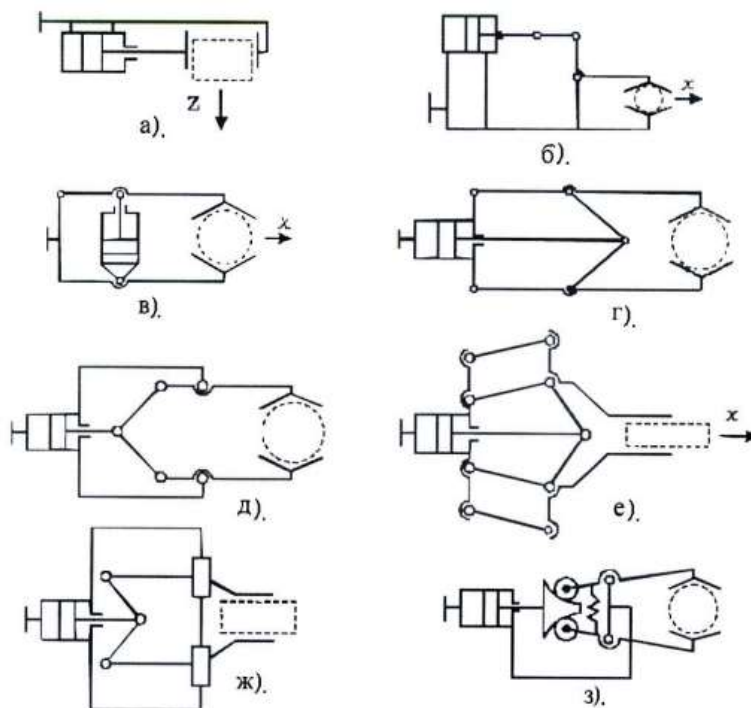


Рис. 9.6. Механізми передавання захоплювачів

Розрахунок конструктивних параметрів механічних ЗП виконують за методикою:

1. Визначають мінімальне зусилля затискання, необхідне для утримування заготовки або деталі у захваті. Затримуючими силами є сили тертя, які залежать від коефіцієнта тертя матеріалу деталі та затискних губок, а також дотичні зусилля, що виникають у місцях дотику деталі із захватом під впливом зусилля затискання. Значення прикладених до деталі сил можуть бути знайдені з рівнянь кінетостатики, складених у проекції сил на осі вибраної системи координат.

2. Розраховують зусилля приводу захвату із врахуванням мінімального зусилля затискання та коефіцієнту його запасу відносно вибраної кінематичної схеми підсилювально-передавального механізму ЗП.



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 49

При виборі типу передавального механізму необхідно враховувати допустимі розміри і вантажопідйомність ЗП для конкретної моделі ПР, необхідність плоско паралельного або обертального руху губок захвату, а також тип приводу і конструкцію кисті маніпулятора.

Вибір передавального механізму ЗП залежить від форми і діапазону типорозмірів виробів, які складаються.

Для захвату плоских і циліндричних деталей необхідно використовувати механізми з плоско паралельним переміщенням затискних губок (шарнірні паралелограми, важільно-гвинтові тощо). У центрувально-базувальних захватах можна застосовувати передавальні механізми з обертальним рухом затискних губок ЗП (важільні, клиноважільні, зубчато-рейкові).

3. Щоб уникнути пошкодження базових поверхонь деталей, виконують перевірочний розрахунок за дотичними напругами. Якщо значення конкретної напруги у місцях дотику губок захвату з деталлю перевищує допустиме значення для конкретного матеріалу деталі, то зменшити діючу напругу можна, збільшивши ширину губок захвату або замінивши матеріал губок.

4. На завершальному етапі розрахунку ЗП вибирають або розраховують параметри двигуна для приводу ЗП. Для електромеханічного приводу, за значенням зусилля приводу обчислюють потужність або крутільний момент на валу електродвигуна і вибирають останній за каталогом.

**Вакуумні ЗП.** До вакуумних ЗП належать такі пристрої, які утримують об'єкт маніпулювання завдяки силі притягання, що виникає внаслідок різниці атмосферного та залишкового тисків у порожнині, утвореній присосом і поверхнею об'єкта (заготовки, деталі, виробу).

В залежності від способу створення вакууму у внутрішній порожнині присоса розрізняють ежекторні, насосні та без вакуумні ЗП. Як засоби створення розрідження в камері присоса ЗП використовують вакуумні та газоструминні насоси (ежектори).

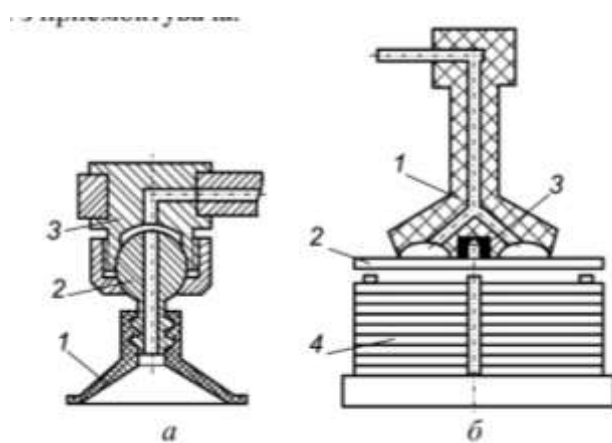


Рис. 9.7. Вакуумні ЗП

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8-2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 50

**Електромагнітні ЗП.** Ці ЗП переважно використовують для оснащення маніпуляторів ПР, які обслуговують обладнання листоштампувального виробництва. Електромагнітні ЗП придатні тільки для деталей, які намагнічуються.

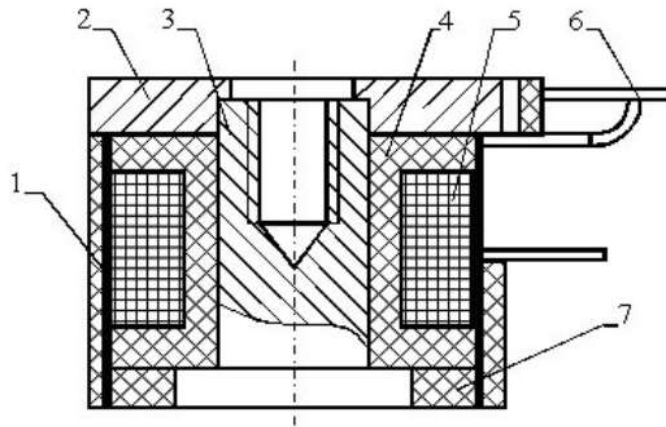


Рис. 9.8. Підйомний електромагніт захоплювального пристрою

**Змінні захватні пристрої.** Переналагоджування ЗП може відбуватися двома методами:

- 1) регулюванням їхніх окремих параметрів (наприклад, зміною ходу робочих губок);
- 2) агрегуванням ЗП.

В останньому випадку виконується заміна губок або захвату в цілому.

Для скорочення часу переналагодження ЗП на кисті маніпулятора встановлюють швидкодіючий стикувальний пристрій.

В умовах автоматичного переналагодження ПР технологічні модулі розміщують у комірках магазину змінних ЗП, а дія на фіксуючі елементи стикувального пристрою здійснюється завдяки лінійному переміщенню руки маніпулятора ПР при підході до комірки магазину змінних ЗП,

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 51

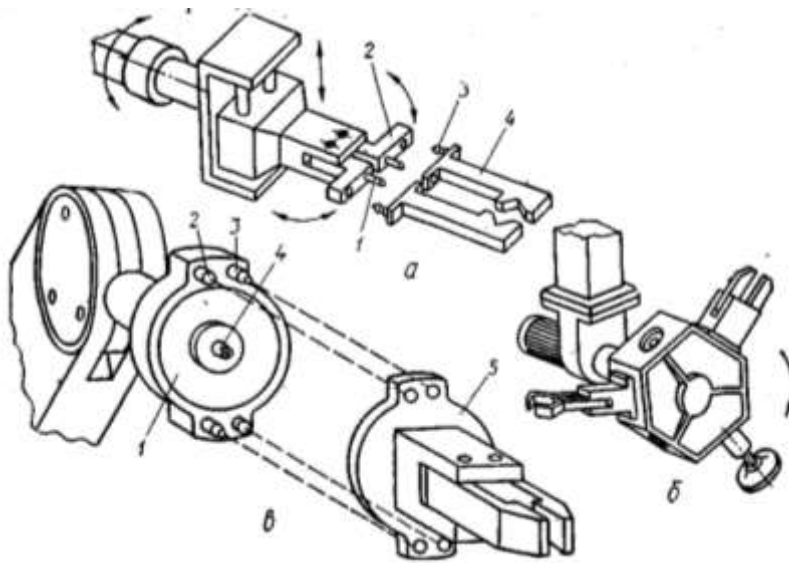


Рис. 9.8. Змінні захоплювальні пристрої  
 а – зображено конструктивне виконання ЗП зі змінними губками 4;  
 б – зображена шестизахоплювача револьверна головка; в – пристрій для зміни ЗП виконано на основі електромагніта 1

**Складально-захватні пристрої.** Такі пристрої є різновидом технологічних модулів ПР і призначені не тільки для захвату та утримування ОМ, а і для забезпечення умов його вільного поєднання з базовим об'єктом складання.

Транспортні та орієнтаційні рухи маніпулятора ПР характеризуються похибкою позиціонування його робочих органів. Складання якогось з'єднання можливе, коли непогодженість приєднуваної деталі відносно базової  $\Delta_{\Sigma}$  не перевищує допустимого зміщення  $|\delta|$  деталі на етапі їх спряження, тобто коли  $\Delta_{\Sigma} \leq |\delta|$ .

Похибка відносності орієнтації з'єднуваних деталей не вичерпується тільки похибкою позиціонування маніпулятора, а є величиною комплексною, що містить також похибку базування та транспортування базового об'єкта складання.

Розрізняють складально-захватні пристрої (СЗП) пасивної та активної корекції положення об'єктів складання.

Пасивна корекція завдяки пружному зміщенню елементів СЗП, достатня для складання з'єднань невисокої точності 12...17 квалітетів.

Для складання з'єднань 5...12 квалітетів точності виникає потреба у СЗП, здатних виконувати активну корекцію положення складальних компонентів. Таку здатність мають пошукові та адаптивні СЗП.

**Пристрої пасивної корекції.** СЗП пасивної корекції відносного положення з'єднуваних деталей містять пружні елементи, які здійснюють кінематичний зв'язок між захватним органом і маніпулятором ПР. елементи податливості розміщуються безпосередньо в кисті ПР і виконують функції компенсуючої ланки у кінематичному ланцюгу «ЗП-маніпулятор».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8-2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 52

На рис. 9.9 зображено пристрій захоплювання, призначений для реалізації високопродуктивного методу неперервного складання з попереднім нахилом осей з'єднаних деталей. Захоплювач складається з П-подібного корпусу, всередині якого на плоских пружинах 3, що утворюють пружинний паралелограм, установлений механізм затиску у вигляді рухливої каретки 4 з губками 6, приводне зусилля яким передається через плоску пружину 1, повзун 2 і штифт 5. Після захоплювання губками 6, наприклад, валика і витягування з його допомогою з лотка, їхнє сполучення забезпечується за допомогою вібрації, створюваної пневматичним кульковим вібратором, закріпленим знизу каретки 4. Крім того, коливання каретки в напрямку, перпендикулярному осі захоплювання, сприяє здійсненню автоматичного пошуку з'єднаних деталей, підвищує надійність і продуктивність процесу складання.

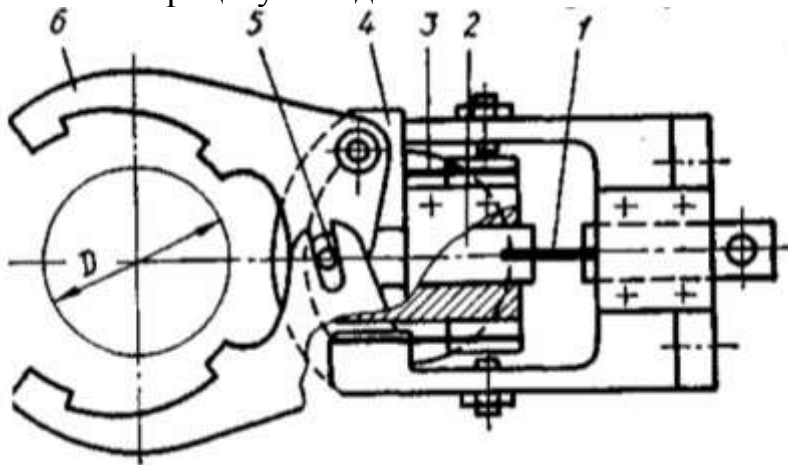


Рис. 9.9. Пристрій захоплювання

## Тема 10. Гнучкі виробничі системи для складання. Гнучкі виробничі системи для фінішних операцій

Автоматизація складальних робіт застосовувалась в основному тільки в багатосерійному і масовому виробництвах. В інших типах виробництва застосовувалось ручне складання із застосуванням засобів ручної автоматизації. З появою ПР появилась можливість автоматизації складальних процесів в серійному і дрібносерійному виробництвах шляхом створення ГВС. ГВС складання на основі ПР мають достатньо високу надійність, малі витрати капіталовкладення, високу продуктивність при великій гнучкості, невеликі поточні витрати, високий рівень стандартизації і уніфікації, просту інтеграцію системи керування окремими компонентами, які об'єднані у виробничу систему.

Застосування ПР в складальному виробництві має і свої труднощі. Вони пов'язані із забезпеченням високої точності позиціонування при виконанні операційного складання, достатньої жорсткості для сприйняття зусиль, які виникають при механічній взаємодії з'єднаних деталей. Крім того, ПР для

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8-2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 53

складання повинні мати розвинуту систему чутливості і достатнім рівнем програмного забезпечення.

Можливість гнучкої автоматизації складання обмежена такими факторами, як:

- складність і різноманітність об'єктів складання;
- складність складального оснащення;
- невелика тривалість циклів складальних операцій;
- необхідність проведення пригонювальних, регулювальних і налагоджувальних робіт;
- незначний склад централізовано вироблюваних засобів орієнтації і поштучної видачі компонентів, які взаємодіють з ПР.

Створення складальних ГВС повинно виконуватися з врахуванням таких специфічних виробничих характеристик, як число деталей в складальному вузлу, кількість варіантів виробу, програма випуску.

Рекомендується застосовувати ГВС для складання вузлів, які мають не більше 30 деталей і об'ємом випуску від 50 тисяч до 1 млн. штук в рік.

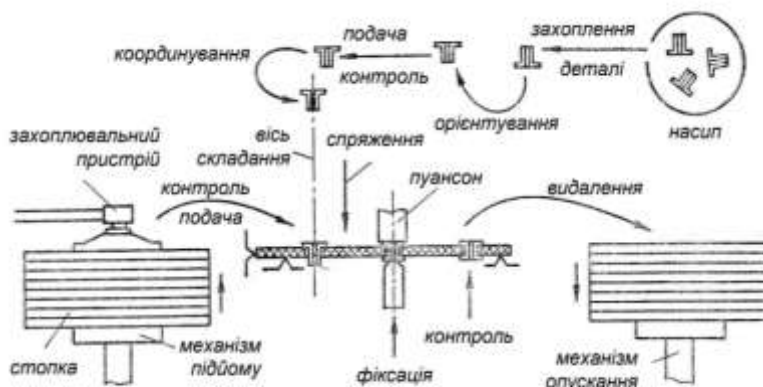


Рис. 1.1. Складові технологічної операції встановлення пістонів

## 10.1. Складальне виробництво як об'єкт роботизації

Враховуючи складність складального процесу, необхідно розглянути всі етапи складання з врахуванням можливості їх автоматизації.

Перший етап складання полягає в орієнтації і подачі деталей і компонентів виробу. Визначальним при виборі методів і засобів автоматизації на цьому етапі є вихідне положення компонентів. Якщо деталі знаходяться в ємності навалом, то для їх поштучного виймання використовуються або адаптивні ПР, або спеціальні пристрої просторової орієнтації, які працюють узгоджено з пристроями подачі деталей на позицію спряження. Для виймання орієнтовано розміщених в касетах або магазинах деталей використовуються жорстко програмовані ПР. Наявність деталей доцільно для створення визначеного запасу їх на кожній позиції з метою забезпечення безперебійної роботи ГВС складання.

Для забезпечення рівномірної подачі об'єктів обробки в робочу зону автомата встановлюється накопичувач, який компенсує нерівномірність подачі деталей захватно-орієнтувальним пристроєм.

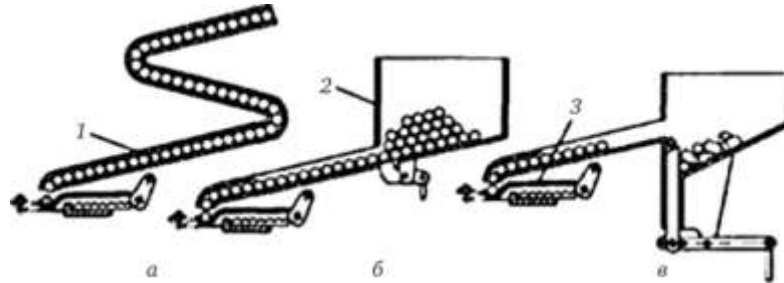


Рис. 10.2. Схеми пристроїв живлення для штучних об'єктів обробки: а — магазинне; б — штабельне; в — бункерне; 1 — деталь; 2 — ємність; 3 — відсікач

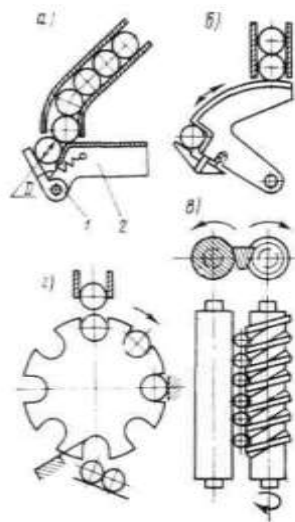


Рис. 10.3. Живильники

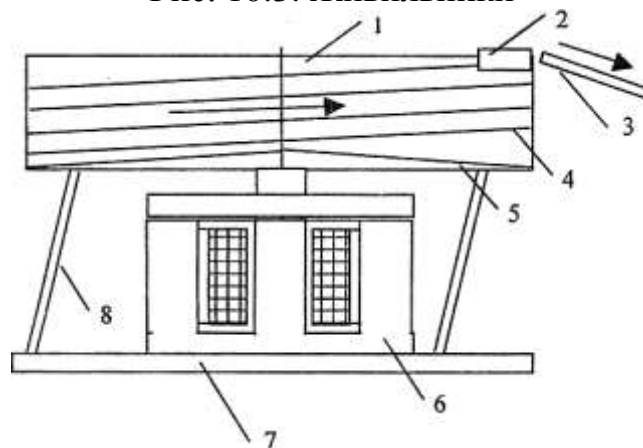


Рис. 10.4. Вібробункер

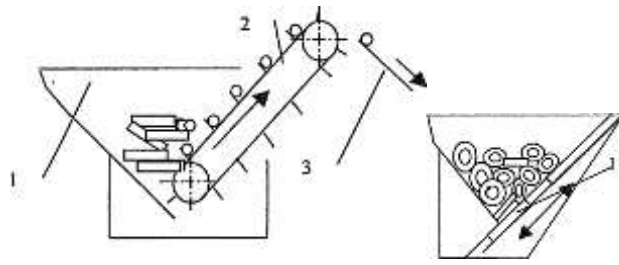


Рис. 10.5. Бункер з елеваторним підйомником

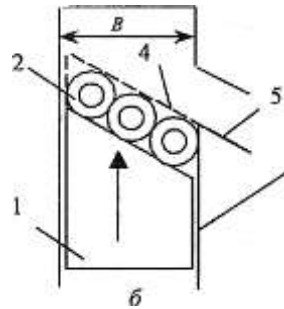


Рис. 10.6. Бункери з ножовим захоплювачем

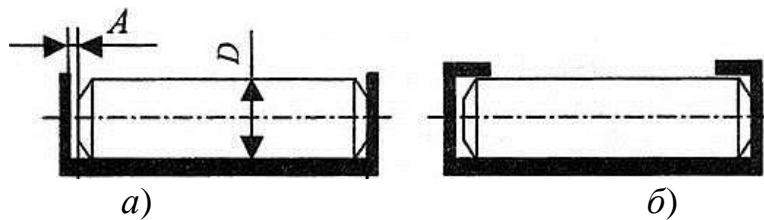


Рис. 10.7. Лотки: а – відкритий; б – закритий

Самі лотки можуть використовуватися і в якості накопичувачів. Для поштучної подачі деталей з них застосовують відсікачі.

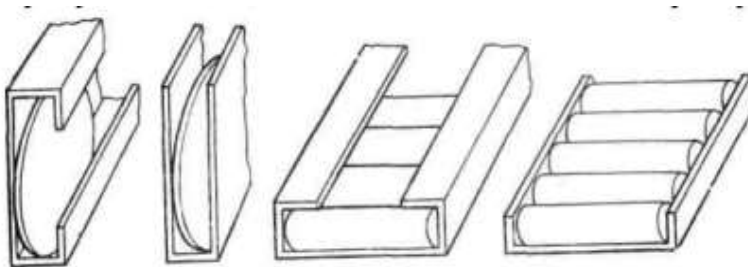


Рис. 10.8. Лотки-скати для транспортування деталей типу валів і дисків

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 56

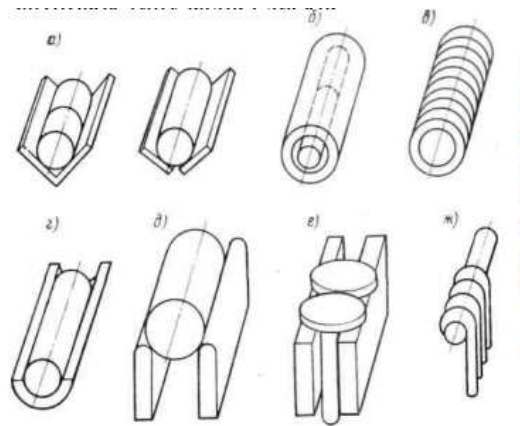


Рис. 10.9. Лотки-склізи

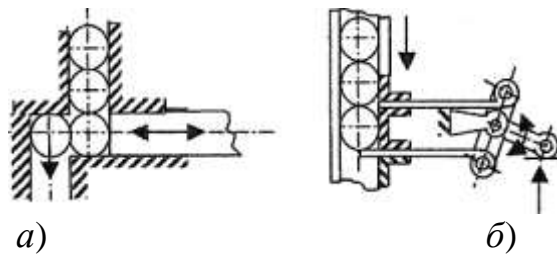


Рис. 10.10. Схеми відсічних пристроїв:  
а – з одним відсікачем; б – з двома відсікачами

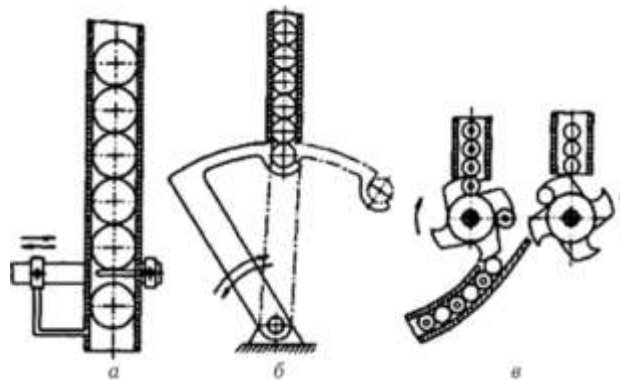


Рис. 10.11. Відсікачі:  
а — зі зворотньо-поступальним рухом робочого органу; б — з коливальним робочим органом; в — з безпервним обертанням робочого органу



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 57

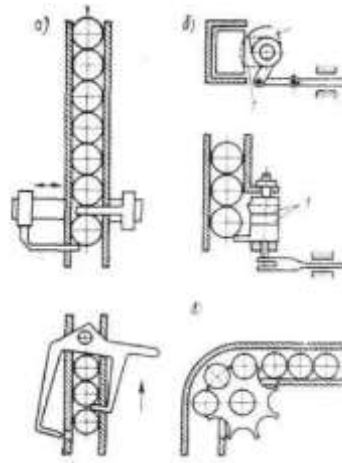


Рис. 10.12. Відсікачі

Пасивне орієнтування реалізується безперервним способом в процесі переміщення об'єктів обробитки по лоткам, направляючим і т.п. Для відсіву неправильно орієнтованих заготовок або деталей при цьому використовується зміна положення центру ваги неправильно орієнтованих заготовок або деталей по відношенню до правильно орієнтованим (рис. 10.12, а, б) або особливостей їх конфігурації — наявності заплечиків, фасок и т.д. (рис. 10.12, в, г) .

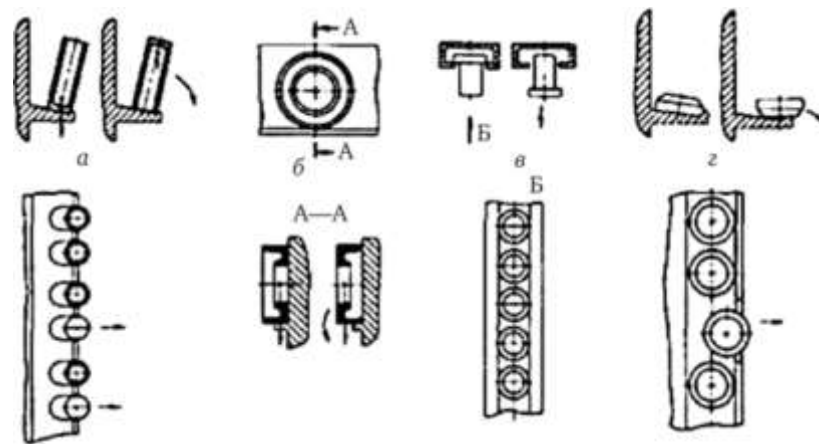


Рис. 10.12. Схеми пристроїв для безперервного пасивного орієнтування

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 58

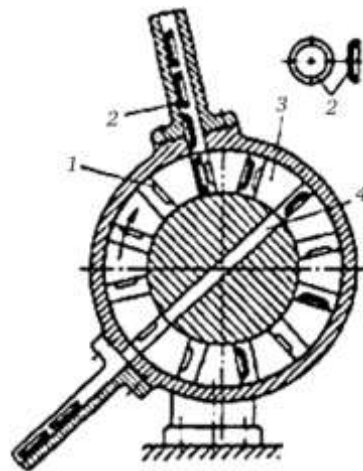


Рис. 10.13. Механізм орієнтації деталей типу кришка:

В пристрої орієнтування для деталей типу кришка (рис. 10.13) деталь 2 з бункера по каналу після первинного орієнтування поступає дном, оберненим вліво або вправо.

Механізм орієнтації має обертаючий диск 3 з пазами, в середині яких розміщені виступи 1. Якщо деталь 2 попадає в паз дном, оберненим вправо, то при обертанні диску вона через канал 4 переміщується в лоток і буде розміщена на лотку дном вниз. Якщо деталь попадає в паз дном, оберненим вліво, то при обертанні диску вона накриває виступ впазу диска і впаде в лоток тільки в нижньому положенні паза, т.е. в обох випадках буде орієнтована на лотку в положенні дном вниз.

Пристрої активної орієнтації переорієнтують неправильно подані деталі.

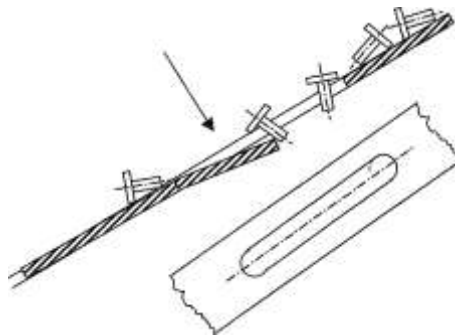


Рис. 10.14 Пристрій активної орієнтації

Способи активної орієнтації різні. Наприклад, пристрій для орієнтації деталей конічної форми, наприклад стаканчиків (рис. 10.14), призначено для подачі заготовок широкою основою, оберненою вниз. На нерухомій площадці 3 є паз с порогом 4. Ширина пазу відповідає меншому діаметру заготовки. Деталь 1 поступає з бункера з розміщенням широкої основи, оберненої доверху або вниз.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 59

В тому випадку, коли заготовка попадає на площадку вузькою основою, останнє входить в паз і скидається штовхачем 2 в трубу 5 накопичувача с поворотом на  $180^\circ$ . Якщо заготовка поступає на площадку 3 широкою основою, то деталь в паз не попадає, а зсувається штовхачем в накопичувач в тому ж положенні.

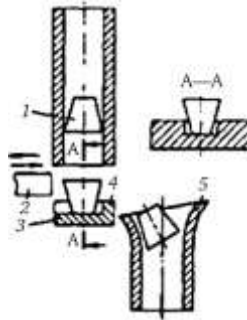


Рис. 10.15. Схема пристрою вторинної орієнтації деталі конічної форми:

Другий етап – спряження, яке являє собою рух деталей, що складають, до повного контакту і взаємної орієнтації їх поверхонь, що спрягаються. Цей етап найбільш трудомісткий.

Спряження і наступне закріплення деталей може проходити в умовах жорсткого базування або самоорієнтації.

В умовах жорсткого базування безвідмовне з'єднання деталей по циліндричним поверхням можливе тільки при наявності гарантованого зазору між поверхнями спряження.

Великі технологічні можливості при спряженні має автоматичне складання, яке засноване на само орієнтації. При цьому одна з деталей жорстко кріпиться на складальній позиції, а друга має вільне переміщення в обмеженому просторі і отримує можливість самовстановлюватися.

Складання по методу само орієнтування вимагає високої якості виготовлення пристрою базування деталей, самих деталей, високої точності позиціонування виконавчих механізмів складальних ПР.

Можливість самоорієнтації суттєво розширюються застосуванням авто пошуку, коли деталі, що приєднуються, задаються пошукові рухи в зоні дещо більшої зони само орієнтації. В найпростішому випадку авто пошуковий рух передається одній із деталей в площині, яка перпендикулярна напрямку складання. При налагодженні автопошукового пристрою необхідно крок автопошукового руху встановлювати таким, щоб він не перевищував подвійного значення допустимого відхилення осей поверхонь, які спрягають, при цьому можливе складання в умовах самоорієнтації.

Швидкість пошукового руху повинна встановлюватися з умови, щоб деталі ввійшли одна в одну за час проходження або зони допустимого відхилення на відстань, рівну або більшу подвійної відстані між осями поверхонь. Оскільки вихідне зміщення осей поверхонь, що спрягаються, є випадковим, складальний процес в

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 60

умовах автопошуку займає невизначений час, що затрудняє балансування складальних позицій ГВС.

Цих недоліків позбавлені пристрої, які працюють по методу направлено пошуку. В них за допомогою контрольно-вимірвальних систем визначаються ступінь і напрямок зміщення осей поверхонь, що спрягаються. У відповідності з отриманими значеннями виконавчий механізм ПР переміщує одну з деталей в необхідному напрямку і на необхідну відстань до надходження по каналу зворотного зв'язку сигналу про ліквідацію вихідного розгодження. Такі пристрої є найбільш перспективними для застосування в складальних ГВС.

Найбільші труднощі при розробці складальних технологічних процесів або обладнання є орієнтація деталей відносно базової. Для того щоб встановити одну деталь на другу, необхідно розмістити їх з заданою точністю.

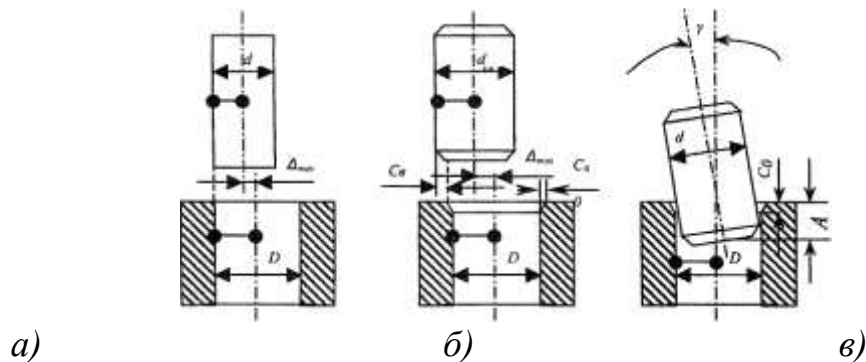


Рис. 10.16. Схеми для визначення максимально допустимих зміщень (а, б) та кута повороту осей валу і отворів перед складанням (в)

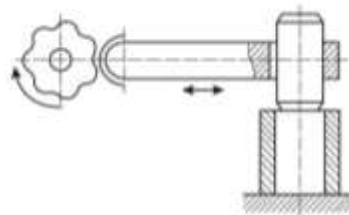


Рис. 10.16. Схема самоорієнтації за допомогою кулачка з хвилювим профілем

Третій етап складання – закріплення з'єднання – виконується за допомогою традиційного обладнання – пристроїв закручування, зварювання, пресування і інших технологічних пристроїв.

Четвертий етап. Реєстрація наявності і положення в просторі елементів складання, режимів складання, якості його виконання виконується на четвертому етапі – етапі контролю.

Контрольні функції виконують датчики систем інформаційного забезпечення, що розміщені на робочих органах механізмів і пристроїв

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 61

складальних позицій ГВС або за допомогою вимірювальних ПР на окремих позиціях.

Операція останнього етапу складання – зняття виробу – виконується за допомогою систем між операційного транспортування або ПР.

## 10.2. Три концепції побудови гнучких виробничих систем

В даний час використовують три основні концепції при створенні складальних ГВС: диференційоване складання, стаціонарне складання, стаціонарно-диференційоване складання.

Якщо складання пов'язано з діленням складальних операцій на елементарні операції, кожна з яких виконується на вузькоспеціалізованому модулі, то складальна дільниця ГВС побудована по першій концепції – диференційоване складання.

Модулі комплектуються відносно простими ПР, а також засобами організації середовища та іншими механізмами та пристроями. При переналагодженні таких модулів широко використовується їх агрегування із уніфікованих блоків. Основною перевагою автоматизованого складання, організованого по принципу диференціації, є висока продуктивність, що визначається тактом випуску.

Диференційоване складання частіше використовується в ГАЛ масового виробництва з його високою стабільністю операцій.

Якщо на одній структурній одиниці (технологічному модулі) виконується весь складальний процес, то складальна дільниця ГВС побудована по другій концепції – стаціонарне складання.

Стаціонарне складання стало можливим з появою ПР з розвинутими системами керування, оснащеними системами автоматичної заміни захватних пристроїв і складальних інструментів. Такі ПР разом з стаціонарним складальним обладнанням для запресування, вальцювання, зварювання та інших складальних операцій, магазинами захватних пристроїв і складальних інструментів, обладнанням для накопичування деталей, їх орієнтування і поштучної видачі утворюють складальні центри.

Технологічні можливості складальних центрів залежать від параметрів ПР. Послідовне виконання операцій не дозволяє скласти черговий виріб до закінчення складання попереднього. В результаті такт випуску виробів в складальному центрі залежить від числа операцій складання.

Для стаціонарного складання характерно використання ПР з адаптивною системою керування, що дає можливість створювати необхідну гнучкість складального центру і реалізувати на одному модулі всі операції складального процесу.

Стаціонарне складання застосовується для простих вузлів і характеризується великим циклом дії.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 62

Труднощі такого складання полягає в необхідності розміщення в обмеженому просторі значної кількості механізмів і пристроїв організації середовища, а також основного технологічного обладнання.

Третя концепція – стаціонарно-диференційоване складання полягає в поділі складального процесу на групи операцій з використанням ПР, здатних виконувати складальні операції визначеного виду. В цьому випадку ГВС складання складається з декількох з'єднаних послідовно або паралельно-послідовно складальних центрів.

### 10.3. Структура складальних гнучких виробничих систем

В залежності від розміщення підсистем, технологічного обладнання кожної підсистеми, характеру руху матеріальних потоків як всередині підсистеми, так і між ними, розрізняють структури складальних ГВС: послідовні (лінійна, кругова, зигзагоподібна), гілкова, із зворотнім зв'язком, із зв'язками, що сходяться.

При двосторонньому встановленні технологічного обладнання (складальних машин і складальних промислових роботів) структура складальної ГВС називається послідовна лінійна.

При цьому спрощується можливість швидкого переналагодження шляхом зміни числа робочих позицій, зміни оснащення, пристосувань і забезпечується зручність візуального контролю за роботою обладнання. Виконується окремими модулями, операції складання повинні бути приблизно однакової тривалості. Одночасне виконання різнохарактерних операцій на позиціях ГВС дозволяє досягнути високої продуктивності.

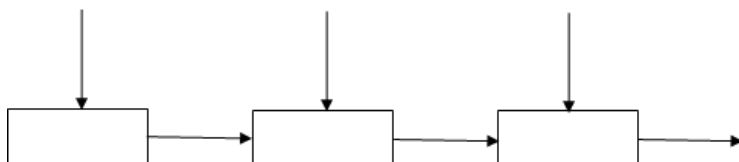


Рис. 10.17. Послідовна лінійна структура складальної ГВС

При складанні простих виробів з невеликим числом компонентів, що з'єднують, застосовують структуру складальної ГВС, яка називається послідовна кругова. Велике число позицій приводить до збільшення необхідних виробничих площ із-за наявності простору, що не використовується. Для передачі базової деталі з одної робочої позиції на іншу частіше всього використовують допоміжні ПР або поворотні столи.

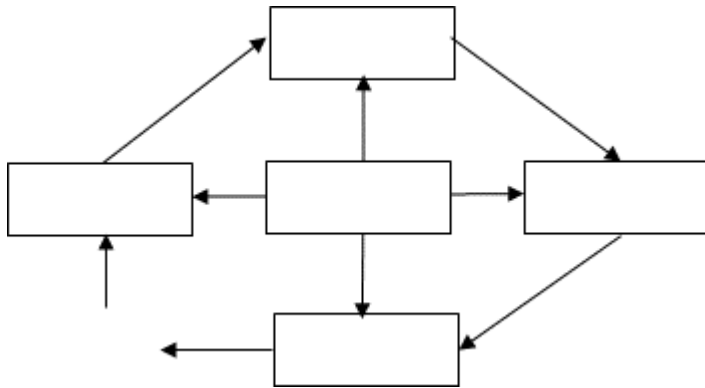


Рис. 10.18. Послідовна кругова структура складальної ГВС

ГВС із послідовно-зигзагоподібною структурою мають всі переваги лінійної структури, крім того легше вписуються в межі звільнених для ГВС площ. В таких ГВС для передачі виробів використовують або горизонтально-замкнуті транспортні системи, або ПР.

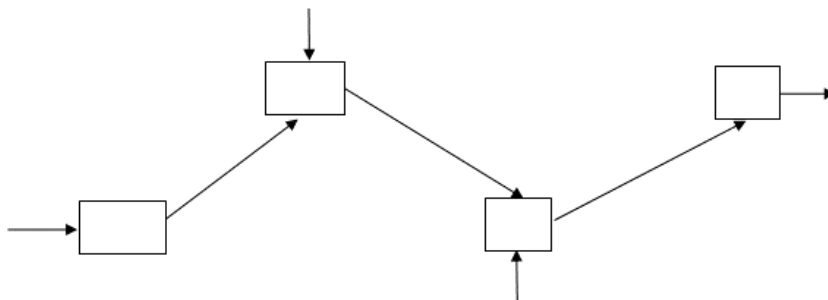


Рис. 10.19. Послідовна зигзагоподібна структура складальної ГВС

ГВС з гілковою структурою та структурою із зв'язками, що сходяться, застосовують при складанні виробів з різною тривалістю виконання окремих операцій складання. Ці структури отримали найбільше розповсюдження, так як складальні операції можуть виконуватися паралельно-послідовно і тим самим може бути досягнута найбільша ефективність складання складних виробів.

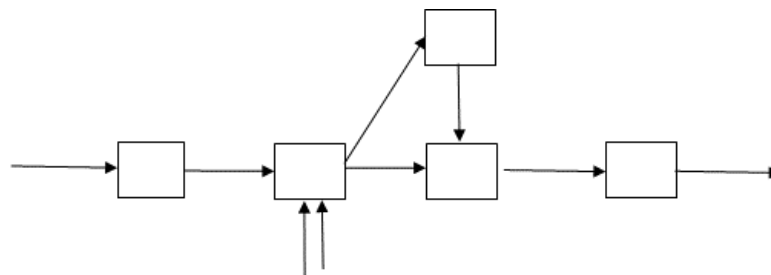


Рис. 10.20. Гілкова структура складальної ГВС

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 64

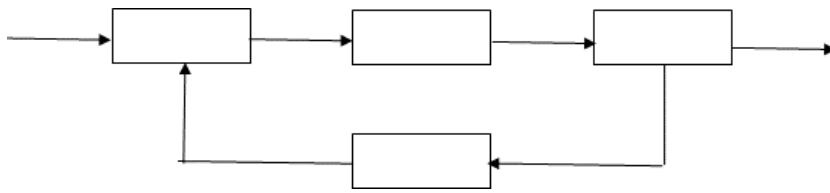


Рис. 10.21. Із зворотнім зв'язком структура складальної ГВС

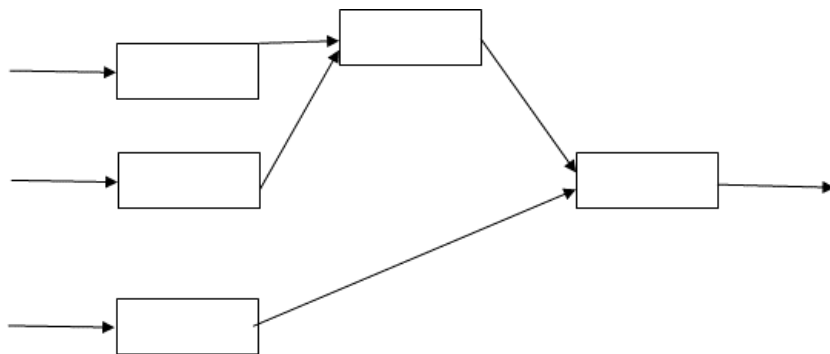


Рис. 10.22. Структура складальної ГВС із зв'язками, що сходяться

Характерною прикметою найбільш розвинутих складальних ГВС є структурна гнучкість, яка дозволяє при складанні чергового використовувати зворотні матеріальні потоки в якості складальних компонентів.

#### 10.4. Технологічність конструкції для умов автоматичного складання

До основних вимог до технологічності деталі для автоматичного складання, виконання яких покращує і технологічність конструкції, відносяться: блоковість конструкції, простота конструкції, вимоги точності до поверхонь спряження.

Перша вимога – блоковість конструкції. Конструкція, яка складається з окремих блоків, вже сама по собі являє окремі зручності для виробництва. При автоматизації процесу складання блокова конструкція дозволяє автоматизувати складання окремих блоків, якщо конструкція виробу достатньо складна, щоб автоматизувати його складання в цілому.

Друга вимога – простота конструкції. Мається на увазі конфігурація деталей, їх число, розміщення конструкції. Вимога простоти конфігурації деталі співпадає з відповідною вимогою, яка висувається при обробці деталей. При автоматичному складанні деталі більш простої конструкції вимагає і більш простих пристроїв орієнтування, простішими є живильники і пристрої базування.

Найбільш зручним для складання за допомогою ПР є таке розміщення деталей в конструкції, при якому в процесі складання не вимагається зміна положення базової деталі, а деталі, які приєднуються до неї, подають в одному напрямку, наприклад зверху. В зв'язку з цим найбільш широко розповсюджено складання за допомогою ПР виробів і вузлів, які мають осьову симетричну



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 65

конструкцію, в якій на стрижневу базову деталь одівають декілька інших, а також вузлів, в яких базова деталь (плоска або корпусна) має отвори з паралельно розміщеними осями, в яких встановлюються інші деталі.

Третя вимога – вимога точності до поверхонь спряження. Допуски на поверхні спряження повинні забезпечувати складання методом повної взаємозамінності, крім того, повинні бути обґрунтовані допуски на відносне розміщення поверхонь спряження і базування, якщо базування не може бути реалізовано по поверхням спряження. При складанні за допомогою ПР у випадку базування втулки в пристосуванні або захватному органі ПР по зовнішній циліндричній поверхні ексцентриситет цих поверхонь повинен бути обмежений.

З'єднання деталей при складанні полягає в фіксації їх взаємного положення в результаті пружної або пластичної деформації елементів деталі або кріплення з використанням твердих, рідких матеріалів, механічної або теплової енергії. Підготовка деталей до з'єднання полягає в їх орієнтації в просторі і в часі на позиції взаємодії з робочим органом, що виконує приєднання деталей.

Деталі на складання можуть подаватися навалом, в касетах і в магазинах. Подача навалом можлива в тому випадку, якщо автоматичне розбирання деталей може бути виконано за допомогою бункерних пристроїв або адаптивних ПР і СТЗ.

Автоматична підготовка деталей до з'єднання полягає в наступному: поштучне виділення або відсікання і орієнтування деталі, розміщення в лотках або штабелювання, захоплення захватом ПР. всі ці роботи виконуються при подачі деталей навалом. Якщо деталі подаються в магазинах або касетах, то частина цих робіт виключається.

### **10.5. Вимоги до конструкції деталі з точки зору зручності підготовки її до приєднання**

До конструкції деталі з точки зору зручності підготовки її до приєднання висуваються наступні вимоги:

- вид матеріалу деталі повинен відповідати методу орієнтування;
- матеріал деталі повинен мати міцність, яка виключає можливість пошкодження при завантаженні і орієнтуванні;
- деталі повинні мати максимальне число осей і площини симетрії;
- якщо неможливо уникнути асиметрії, то асиметрія повинна бути підсилена;
- деталь повинна вмщати ярко виражені базові поверхні для орієнтування;
- деталі не повинні при бункеруванні яким-небудь чином з'єднуватися одна з одною;
- форма деталей повинна бути зручною для переміщення в лотках;
- деталь повинна мати поверхні, що полегшують її захват ПР.

Зручність виконання з'єднання пов'язано з наступними особливостями конструкції деталі:

- базова деталь повинна фіксуватися так, щоб при з'єднанні не виникали зміни її попереднього положення;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 66

– базові деталі всіх виробів, які складають на одній складальній ГВС, повинні мати конфігурацію, яка допускає закріплення їх з використанням одного і того ж пристосування;

- деталь повинна зберігати стійке положення під час приєднання;
- деталь повинна мати таку форму, щоб спряження її могло бути виконано при мінімальній довжині робочого ходу виконавчого органу;
- деталі повинні мати: західні фаски, скоси, центруючі виступи.

## 10.6. Функції промислових роботів для складання і вимоги до них

Характерною особливістю промислових роботів (ПР) для складання, що відрізняє їх від ПР, що застосовуються в інших технологічних процесах, є виконання ними наступних видів функцій: подача і маніпулювання деталями, визначення відносного розміщення деталей, виконання складальної операції.

В якості другої особливості ПР для складання є необхідність сили або крутячого моменту для проведення складальної операції. З цієї точки зору складальні операції можна класифікувати наступним чином:

- не вимагається зусиль для проведення операцій (зварювання, пайка);
- вимагається тільки тиск (туга посадка, заклепочне з'єднання);
- вимагається тиск при зберіганні орієнтації деталей (встановлення штифтів, туга посадка шпонок);
- вимагається крутячий момент (загвинчування гвинтів, гайок);
- операційне зусилля невелике, але операція складна (встановлення пасів, пружин).

Як правило складальні операції двох об'єктів первинного, базового і вторинного і їх монтажу. Існує три можливих підходи до вирішення цієї проблеми:

- використання периферійного обладнання;
- використання декількох ПР;
- надання роботи декількох виконавчих органів, а саме використання багаторуких ПР.

Відмінність між однорукими і багаторукими ПР визначаються наступними факторами:

- однорукі ПР для складальних ГВС з обмеженим кругом задач не вимагає такої високої ступені маневреності, як багаторукі ПР;
- при складанні виробів за допомогою одноруких ПР значно частіше виникає необхідність в використанні спеціального оснащення;
- питома вартість багаторукого ПР на одну складальну задачу набагато більша, ніж однорукого.

Аналіз складальних ГВС показав, що оптимальним для використання на складанні є ПР з двома маніпуляторами, які мають по чотири ступені рухомості.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідас ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 67

## 10.7. Вимоги до промислових роботів для складання

До ПР для складання висувають вимоги:

- висока точність позиціювання;
- висока швидкодія;
- модульний принцип побудови;
- прийнятна вартість;
- необхідна вантажопідйомність;
- універсальність і низька вартість захватів.

## 10.8. Інформаційні системи промислових роботів для складання

Для досягнення ритмічності і гнучкості складального процесу при максимальному використанні обладнання і високій якості роботизованого складання необхідно вирішити комплекс задач по організації контролю. Застосування ПР на складанні забезпечує функції контролю в наступних двох областях: збираємо му виробі і складальному процесі. Реалізація однієї або декількох задач контролю можлива тільки при використанні систем чутливості ПР. інформація від датчиків може передаватися або в систему керування ПР, або в загальну систему керування.

Розглянемо задачі, які необхідно вирішувати при складанні і можливі типи датчиків для їх вирішення.

До задач, які необхідно вирішувати при складанні із застосуванням промислових роботів і можливі типи датчиків для їх вирішення, відносяться:

- пошук об'єкта в робочому просторі (застосування систем технічного зору (СТЗ), лазерні і ультразвукові датчики);
- визначення орієнтації об'єкта в просторі (системи технічного зору (СТЗ), силомоментні, тактильні, лазерні і ультразвукові датчики);
- контроль наявності об'єкта в захваті (силомоментні, тактильні датчики);
- визначення орієнтації об'єкта всередині захвату (силомоментні, тактильні датчики);
- розпізнавання форми об'єкта, їх класифікація (СТЗ, тактильні датчики);
- контроль наявності переміщення об'єкта відносно захвату (датчики ковзання);
- визначення переміщення захопленого об'єкта (датчики переміщення і швидкості);
- виконання різних складальних операцій (СТЗ, силомоментні і тактильні датчики).

СТЗ будують на базі телекамер типу «Відікон» і фотоелектричні перетворювачі на приладах із зарядовим зв'язком (ФПЗЗ). Вони призначені для пошуку, розпізнавання і ідентифікації їх місцезнаходження в системі координат ПР, для організації складального процесу шляхом аналізу робочого простору.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 68

Тактильні датчики вирішують наступні задачі при роботизації складальних операцій:

- пошук контакту з об'єктом захвату;
- визначення координат і площі контактної майданчика;
- вимірювання сили стискування об'єкта в захваті;
- визначення орієнтації об'єкта в захваті;
- виявлення проковзування;
- розпізнавання об'єкта по його тактильному образу.

Тактильні датчики можуть бути у вигляді окремих елементів або у вигляді матричних структур. Тактильні датчики виконуються на базі тензорезистивних, п'єзоелектричних, електромагнітних, ємнісних і індуктивних перетворювачів, мікрОВИМІКАЧІВ, електропровідних полімерів.

Силомоментні датчики, встановлені на виконавчому органі ПР призначені для вимірювання:

- величини сили між пальцями захвату маніпулятора при захопленні об'єкта;
- величини осьової сили, прикладеної вздовж осі захопленого об'єкта;
- величини обертового моменту, направлено навколо осі захопленого об'єкта;
- величини складових сил і моментів вузлах ПР.

## **Тема 11. Принципи роботи автоматичні роторні лінії і автоматичні роторно-конвеєрні лінії. Поділ технологічних процесів на класи при переводі на роторну технологію. Робочі ротори для операцій Ш класу**

Традиційні способи обробки полягають в тому, що процес обробки і транспортування деталей розділені в просторі часі. Автоматизація виробництва при масовому випуску деталей полягає в створенні автоматичних ліній, де цикли обробки на кожному обладнанні рівні по часу, яке визначається тактом випуску. Але в процесі транспортування деталі не обробляються і цей час входять в загальний час проходження деталі по дільниці, що в кінцевому підсумку впливає на собівартість продукції. Цього недоліку позбавлені роторні лінії (АРЛ).

Структурними складовими АРЛ є: технологічні ротори з інструментальними блоками, транспортні ротори, ротори контролю, автомати живлення, станина і привод.

Обробка деталей проходить в інструментальному блоці технологічному роторі в результаті силового впливу, який від приводу через виконавчі органи передається на інструмент.

Технологічний ротор складається з декількох циліндричних барабанів, жорстко закріплених на центральному валу. В пазах блока-тримача розміщені інструментальні блоки з інструментом. Процес обробки деталі проходить під час обертання технологічного від завантажувального транспортного ротора до розвантажувального.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8-2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 69

Виконавчі органи і елементи приводу для кожного інструментального блока розміщені у верхньому і нижньому барабані. Сам інструментальний блок повинен бути швидко з'ємним для забезпечення можливості його заміни.

Якщо одного технологічного ротора не вистачає для повної обробки деталі, то використовують автоматичні роторно-конвеєрні лінії (АРКЛ).

В АРКЛ технологічні ротори взаємодіють з транспортними роторами. Їх кінематичний зв'язок від загального приводу забезпечує синхронний рух несучих органів транспортного пристрою і робочих органів технологічного ротора.

При між операційному транспортуванні, крім узгодження продуктивності різних роторів, необхідно вирішувати додаткові питання, пов'язані зі зміною орієнтації предметів обробки або траєкторії потоку, а також можливою зміною крокової відстані. В транспортному роторі може бути реалізована можливість контролю правильної орієнтації деталі в гніздах і видалення неправильно поданих деталей.

Транспортний ротор складається з валу, диска з захватними органами, системи зубчастих передач, які зв'язують його з технологічним ротором і загальним приводом (рис. 11.1).

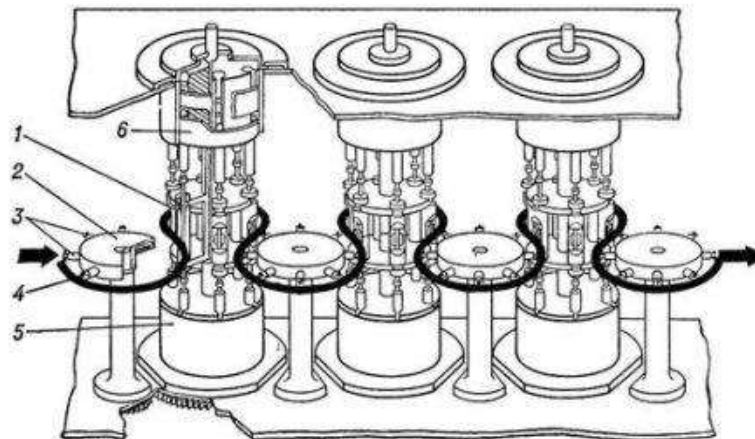


Рис. 11.1. Принципова схема автоматичної роторної лінії:  
1 – блок інструменту; 2 – транспортний ротор; 3 – кліщі; 4 – лінія переміщення виробу при обробці; 5 – робочий ротор; 6 – копія

При створенні АРЛ і АРКЛ необхідно розробити завантажувальні пристрої.

Заготовки по ступеню складності для захвату і орієнтації поділяють на декілька типів. Найбільш простою є заготовка у формі кулі, а найбільш складною – заготовка, кожна площина якої обробляється по окремій програмі.

При проектуванні завантажувальних пристроїв необхідно враховувати вплив відносних розмірів, їх співвідношення і можливість взаємного зчеплення заготовок в бункері. Частіше використовують завантажувальні ротори з бункерними пристроями, які оснащені пристроями орієнтування.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 70

## 11.1. Автоматичні роторні лінії і автоматичні роторно-конвеєрні лінії. Робочі ротори

Всі технологічні процеси можна поділити на чотири класи:

I клас – обробка поверхонь точінням контакту інструменту з поверхнею (точіння різцем);

II клас – утворення поверхні виробу при лінійному контакті інструменту з поверхнею обробки (фасонний різець, кінцева фреза, прокатка);

III клас – формоутворення виробу при контакті інструмента із заготовкою по поверхні (штамбування, виливання);

IV клас – утворення виробу при об'ємній взаємодії між інструментом і предметом обробки (фарбування зануренням в ванну, хімічна обробка в середовищі, термічна обробка, галтування в барабанах).

У відповідності з цим поділом будують АРЛ і АРКЛ.

Робочі ротори, призначені для виконання основних технологічних операцій, є найбільш важливими і різними по конструктивному виконанню елементами роторних ліній. В межах одного і того ж класу процесів робочі ротори розрізняються в залежності від технологічних параметрів (величин робочих ходів і сил, положення заготовки, способів її встановлення, базування), характеру привода, розміщення робочих органів, кінематичних елементів, від конструктивних форм монтажу інструментів в роторі і самого ротора на його осі.

Прямолінійним робочим рухом інструмента і відсутністю кріплення або встановлення заготовки, або виконанням цієї функції самим робочим рухом інструмента характеризуються операції III класу.

Розрізняють два основних типи операцій III класу: операції, які виконуються одним інструментом, який робить робочий рух і операції, які виконуються двома інструментами, що роблять робочий рух.

До операцій першого типу відносяться операції (чеканки, клеймування), які виконуються без вводу заготовки в матрицю або подібні процеси, які виконуються із застосуванням матриць або пресформ, які не вимагають виштовхування обробленої деталі, так як вони виймаються із матриці самим пуансоном або штампом при його зворотному ході.

До операцій другого типу відносяться більшість пресових, витяжних, гібочних і інших операцій, які виконуються із застосуванням штампів, ливарних форм із яких оброблена деталь виймається шляхом самостійного руху окремого інструменту (виштовхувала, другого пуансона). Основним елементом всіх роторів для виконання операцій III класу є орган, який передає інструменту прямолінійний робочий рух.

При виконанні операцій першого типу кожний робочий орган ротора складається з двох інструментів, які роблять самостійний рух, і двох виконавчих органів, які передають їм ці рухи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 71

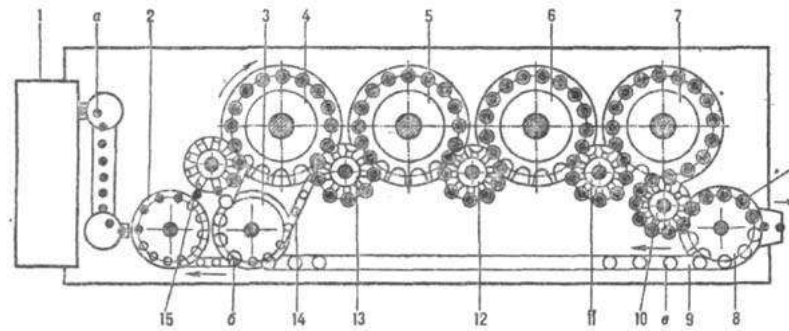


Рис. 11.2. Схема роторно-конвеєрної лінії для виливання термопластів під тиском:

*a*-заготовки; *б*-інжекторний циліндр; *в* – прес-форма; *г*-виріб;

1 – бункер; 2 – ротор дозування; 3 – ротор з'єднання прес-форм; 4 – ротор інжекції; 5, 6 – ротори охолодження; 7 – ротор роз'єднання прес-форм; 8 – ротор зняття виробу; 9, 14 – конвеєри повернення прес-форм і інжекційного циліндра; 10, 11, 12, 13, 15 – транспортні ротори

В залежності від типу виконавчих органів робочі ротори для операцій III класу можуть бути механічними, гідравлічними, пневматичними і комбінованими.

## Тема 12. Ротори з механічним приводом виконавчих органів. Принципи роботи торцевих і пазових копіїв. Робочі ротори з гідравлічним і гідромеханічним приводом

В робочому роторі є наступні конструктивні елементи: корпус ротора, в якому розміщені всі жорстко закріплені на валу ротора елементи; змінні блоки інструмента; рухомі виконавчі органи, які передають їм робочий рух; елементи приводу обертального руху ротора; нерухома розподільча система приводу виконавчих органів.

В цих роторах виконавчими органами є рухомі в напрямку робочого руху повзуни, які мають спільну вісь з інструментами.

Розподільча система виконується у виді нерухомих копіїв, які мають спільну вісь з ротором.

Повний цикл робочого органу ротора відповідає часу його повного оберту.

У відповідності з послідовно виконуваних функцій в циклі роботи ротора розрізняють наступні інтервали:

- а) I – подача заготовок в робочий ротор;
- б) II – контроль положення заготовки перед обробкою;
- в) III – виконання технологічної операції;
- г) IV, V – зворотній хід інструмента і виштовхування обробленої деталі з нерухомої частини інструмента;
- д) VI – передача обробленої деталі із робочого ротора в транспортувальний;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 72

е) VII – виконання допоміжних функцій (промивання, охолодження, очищення інструмента).

Інтервал VII при необхідності може бути використаний і для автоматичної заміни інструмента. В цьому випадку VII поділяють на під інтервали, в яких послідовно контролюється стан інструменту, виймається і видаляється спрацьований інструмент, встановлюється новий інструмент і контролюється положення його після заміни.

Для виконання технологічної операції в роторі з механічним приводом використовуються копіри. Передня частина ходу повзуна реалізується пазовим копіром, який змонтований в нерухомому стакані. Робоча частина – торцевим копіром. Пазові копіри з консольними роликками не можуть передавати великих зусиль. Вони роблять тільки швидкий підвід і відвід інструмента. Робочий хід реалізується торцевим копіром.

### **12.1. Робочі ротори з гідравлічним і гідромеханічним приводами виконавчих органів**

В таких роторних машинах з гідравлічним і гідромеханічним приводом виконавчими органами є штоки поршнів гідроциліндрів, змонтованих на роторі спільно з блоками інструментів і забезпечують заданий технологічний рух інструментів.

Живлення всіх гідроциліндрів реалізовано від центральних нерухомих розподільювачів в формі циліндричних золотників. Робоча і зворотна порожнини кожного циліндра з'єднані каналами з центральним нерухожим циліндричним розподільювачем, який змонтований у втулці, яка щільно запресована в блоці циліндрів. Втулка має радіальні отвори, соосні із з'єднувальними каналами, а золотник – розподільчі порожнини, з'єднані з гідравлічною мережею і розміщених навпроти відповідних каналів.

При обертанні ротора канали послідовно з'єднуються з розподільчими порожнинами, зв'язуючи порожнини циліндрів з мережею подачі робочої рідини із зливною мережею, чим забезпечується задане переміщення штоків циліндрів.

В гідромеханічних роторах застосовують пазові копіри для зворотного ходу штоків в гідро циліндрах односторонньої дії, що спрощує конструкцію.

### **Тема 13. Робочі ротори для виконання операцій II класу. Робочі ротори для виконання операцій I класу. Транспортні і завантажувальні пристрої автоматичної роторної машини**

Технологічні процеси II класу – утворення поверхні виробу при лінійному контакті інструменту з поверхнею обробки (фасонний різець, кінцева фреза, прокатка).



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 73

Ротори для обробки деталей з плоскими геометричними направляючими повинні реалізувати обертальний рух заготовки і радіальний, а саме перпендикулярний до осі обертання, рух інструмента.

Робочий орган ротора має шпindel для передачі заготовці обертального руху, механізми для подачі заготовки в пристрій затискування і виштовхування обробленої деталі з нього і рухомий в радіальному напрямку супорт. Виконавчі органи для передачі відповідних органів прямолінійних рухів виконуються в формі повзунів, які взаємодіють з нерухомими копірами. Обертання шпindеля реалізовано від окремого двигуна, який передає обертання на всі виконавчі механізми. Радіальна подача супорта реалізована від основних повзунів через передавальні механізми, що забезпечують можливість переміщення інструмента до жорсткого упору.

### 13.1. Робочі ротори для виконання операцій I класу

Технологічні процеси I класу – обробка поверхонь точінням контакту інструменту з поверхнею (точіння різцем).

Операції I класу є кінематично найбільш складними. Автоматичне виконання всіх функцій, необхідних для реалізації операцій цього класу, в тому числі функцій регулювання положення заготовки, не має практично застосованих рішень

Робочі органи роторів можна створювати тільки для таких операцій I класу, у яких не потрібно регулювати положення заготовки, і функція встановлення заготовки зводиться тільки до її закріплення.

Робочий орган ротора складається з наступних елементів:

– шпindеля, який зв'язаний з обертальним приводом і оснащеного затискним механізмом з упором-виштовхувачем;

– осьового заштовхувача, який виконує фі функції центра;

– повздовжнього супорта, який несе на собі поперечну каретку.

Поперечний рух каретки реалізується від окремого для кожного робочого органу плоского копіра, закріпленого на корпусі ротора.

В загальному випадку подача заготовки в пристосуванні під час його обертання недопустима, то в роторі необхідно мати пристрій для ввімкнення і вимкнення обертального руху шпindеля.

Велика кількість рухомих механізмів в роторі для виконання операцій I класу ускладнює його конструкцію і знижує ефективність АРЛ. Найбільш практичне значення для виконання операцій I класу АРЛ можуть мати при обробці деталей простої форми, які роблять тільки осьовий рух (свердлами, розгортками і т. п.), а також різцями і різьбовими головками, які не вимагають радіального переміщення. Такі інструментальні блоки налагоджують поза ротором на спеціальних стендах.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 74

### 13.2. Транспортні і завантажувальні пристрої

Транспортні пристрої являють собою групи несущих органів, які розміщують на замкнених безперервно рухомих системах, які кінематично зв'язані з робочими роторами. Це забезпечує переміщення несущого органу, який обслуговує ротор. При обслуговуванні декількох роторних машин, транспортні ротори повинні не тільки передавати заготовки з одного ротора на інший, але і в ряді випадків змінювати орієнтацію деталі, крокову відстань, змінювати площину траєкторії потоку деталей і інше. Для деталей типу тіл обертання часто використовують в транспортних роторах кліщові несущі органи. Для зміни орієнтації і площини траєкторії застосовують транспортні ротори з пазовими копірами.

Завантажувальні ротори аналогічні транспортним. Заготовки подаються до ротора в орієнтованому виді із живильного пристрою (як правило бункера). Інколи бункерні пристрої розміщуються безпосередньо на завантажувальному роторі.

### **Тема 14. Проектування роторних машин і ліній. Розрахунок діаметральних розмірів технологічних роторів. Розрахунок висоти технологічного ротора. Визначення технологічних можливостей ротора**

Проектування роторних машин (РМ) і автоматичних роторних ліній (АРЛ) складається з вибору і розгляду можливих варіантів конструкції, розрахунків і конструювання по кожному варіанту, порівняльного аналізу і прийняття рішення по вибору оптимального варіанту.

В процесі розрахунку роблять опрацювання:

- кінематичних характеристик, які забезпечують швидкісні параметри;
- кінематичних показників, які визначають міцність і жорсткість системи;
- динамічних параметрів, які гарантують якість і довговічність;
- енергетичних характеристик, які забезпечують силові можливості;
- економічних показників, які визначають невеликі затрати і зручність в експлуатації.

В практиці переходу від виготовлення продукції на роздільному обладнанні до роторної технології в першу чергу необхідно визначати мінімальний об'єм випуску деталей, з якого доцільно переходити до роторних машин і ліній.

Методика вибору одно операційних РМ і АРЛ на їх базі базується на критерії «річний об'єм випуску продукції».

Введемо наступні позначення:

$T_k$  – тривалість кінематичного циклу інструмента РМ (час одного оберту ротора), с;

$K_p$  – число гнізд (інструментів) РМ;

$P_{д.РМ}, P_{д.АРЛ}$  – діючі продуктивності роторної машини і лінії, шт/хв;

$K_{т.в.РМ}, K_{т.в.АРЛ}$  – коефіцієнт технічного використання РМ і АРЛ;

$Q_{РМ2}, Q_{АРЛ2}$  – річний об'єм випуску продукції РМ і АРЛ при двозмінному режимі роботи, млн. шт.;

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 75

$Q_{PM \text{ Б.Т.}}$ ,  $Q_{APL \text{ Б.Т.}}$  – річний об'єм випуску продукції РМ і АРЛ в режимі безлюдної технології, млн. шт. (20 год. робота – 4 год. налагодження);

$t_p$  – робочий хід, що створюється в РМ, с.;

$I_p$  – кількість інструментальних гнізд в РМ;

$P_{ц}$  – циклова продуктивність роторних машин.

Використовуються наступні залежності для РМ і АРЛ інструментальної обробки:

$$t_p = (0,1 \dots 0,06) \times T_k;$$

$$I_p = 4 \dots 36;$$

$$P_{д.РМ} = K_{т.в.РМ} \times P_{ц};$$

$$K_{д.АРЛ} = K_{т.в.АРЛ} \times P_{ц};$$

$$Q_{PM2} = P_{д.РМ} \times N_{22};$$

$$Q_{APL2} = P_{д.АРЛ} \times N_{22};$$

$$Q_{PM \text{ Б.Т.}} = P_{д.РМ} \times N_{2 \text{ Б.Т.}};$$

$$Q_{APL \text{ Б.Т.}} = P_{д.АРЛ} \times N_{2 \text{ Б.Т.}};$$

де  $N_{22}$  і  $N_{2 \text{ Б.Т.}}$  – річні фонди часу роботи РМ і АРЛ при двозмінній роботі і в режимі «безлюдної технології».

Наприклад:

при відношенні  $t_p / T_k = 0,25$  (витяжка) для роторної машини з  $I_p = 6$  і  $K_{т.в.РМ} = 0,95$  маємо для  $t_p = 5$  с,  $T_k = 20$  с.

$$P_{ц} = 60 \times 6 / 20 = 18 \text{ шт./хв};$$

$$P_{д.РМ} = 0,95 \times 18 = 17,1 \text{ шт./хв};$$

$$Q_{PM2} = 4,1 \text{ млн. шт.};$$

$$Q_{PM \text{ Б.Т.}} = 3,46 \text{ млн. шт.}$$

Отримані дані є підставою для прийняття рішення про переведення виробництва того чи іншого виду продукції на роторну технологію. Після прийняття рішення вибирають вид роторної технології (РМ, АРЛ, АРКЛ) і розробляються креслення і конструкторська документація.

#### 14.1. Габаритні розміри роторів

Вибір варіанту структурної схеми РМ залежить від вихідних параметрів. До них відносяться:

– основний технологічний час  $t_p$  обробки деталей, призначений з умови отримання якісного виробу при оптимальних режимах обробки. При наявності декількох варіантів технологічних процесів обробки деталей, перевагу віддають обробці з найбільш простими рухами інструментів і взаємодії інструмента з деталлю;

– циклова продуктивність ротора  $P_{ц}$  вибирають по заданій річній програмі, а саме по дійсній продуктивності  $P_{д}$  з врахуванням коефіцієнта  $K_{т.в.}$  на стадії проектування  $K_{т.в.} = 0,8 \dots 0,9$ .  $P_{ц} = P_{д} / K_{т.в.}$ .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 76

– крок ротора  $h_p$  (відстань між гніздами ротора). Вибирають конструктивно в залежності від розмірів деталі або від геометричних розмірів і механізмів привода (діаметра гідроциліндра). Наприклад для роторів штампувального виробництва, які виконують витяжку, можна рекомендувати наступні залежності:

$$D_m = (2 \dots 2,5) \times d_{\text{дет}};$$

$$D_6 = (1,3 \dots 2,5) \times D_m = (2,6 \dots 6,25) \times d_{\text{дет}},$$

де  $D_m$ ,  $d_{\text{дет}}$ ,  $D_6$  – діаметри поперечних перерізів відповідно витяжної матриці, деталі і інструментального блока.

$$\text{Крок ротора } h_p = D_6 + \Delta D_6.$$

Зазор  $\Delta D_6$  між інструментальними блоками залежить від їх розмірів, конструкції, системи кріплення. Як правило  $\Delta D_6 = (0,2 \dots 0,4) \times D_6$ . Тоді

$$h_p = (1,2 \dots 1,5) \times D_6 \approx (3 \dots 10) \times d_{\text{дет}}.$$

При проектуванні необхідно мати на увазі, що діаметр  $D_p$  початкового кола технологічного ротора, визначений при умові забезпечення заданої продуктивності, повинен співпадати з діаметром  $D_{з.к}$  початкового кола зубчастого колеса, яке приводить в обертання ротор:  $D_p = D_{з.к}$

$$\text{Довжина кола ротора: } \pi \times D_p = i_p \times h_p. \text{ Звідси } h_p = \pi \times D_p / i_p.$$

$$\text{Рівність } D_p = D_{з.к} \text{ можна записати так: } i_p \times h_p = m \times Z_{з.к},$$

де  $m$  – модуль ( $m = 3, 4$  і  $6$  мм);

$Z_{з.к}$  – число зубів зубчастого колеса.

Вибір початкового діаметра кола ротора виконують методом інтеграції. Наприклад: на ранній стадії проектування визначені  $h_p = 90$  мм і  $i_p = 8$ . Тоді

$$D_p = i_p \times h_p / \pi = 8 \times 90 / 3,14 = 229 \text{ мм. але такого колеса неможливо підібрати}$$

з ряду чисел. Найближчий діаметр  $D_{з.к} = 240$  мм. Тоді крок ротора

$$h_p = \pi \times D_p / i_p = 3,14 \times 240 / 8 = 94,2 \text{ мм.}$$

Потім визначаємо характеристику зубчастого колеса:

$$\text{при } m = 3, Z_{з.к} = 80, \text{ при } m = 4, Z_{з.к} = 60, \text{ при } m = 6, Z_{з.к} = 40.$$

Крім діаметра ротора необхідно визначити висоту ротора  $H_p$ . Вона складається з висот  $H_{п1}$  і  $H_{п2}$  верхнього і нижнього блока приводів і висоти  $H_{т.п.}$  – технологічного простору між верхньою і нижньою плитами станини АРЛ.

Переміщення верхнього  $S_{п1}$  і нижнього  $S_{п2}$  інструментів визначаються по схемі найбільш технологічної операції з врахуванням всіх необхідних зазорів (підвід, відвід інструмента, зазор між деталлю і матрицею, деталлю і інструментом і т. п.).

Висоти  $H_{п1}$  і  $H_{п2}$  повинні забезпечувати технологічні переміщення  $S_{п1}$  і  $S_{п2}$  верхнього і нижнього інструментів. При механічному приводі (торцевий або пазовий кулачок)  $H_{п1} = (1,5 \dots 2,5) \times S_{п1}$ , при гідравлічному  $H_{п1} = (2 \dots 4) \times S_{п1}$ .

Розмір технологічного простору  $H_{т.п.}$  залежить від довжини інструментів, висоти інструментального блока, ходів потоків привода. Наприклад, якщо використовується двосторонній привод і два інструмента пуансон і виштовхувач, то  $H_{т.п.} = (3 \dots 5) \times (S_{п1} + S_{п2})$ .

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-20.05/05.02 1 /131.00.2/Б/ВК1.8- 2018
	Екземпляр № 1	Арк 1 / 77

Процедуру попереднього проектування технологічного ротора можна вважати закінченою, якщо проведена перевірка технологічних можливостей ротора по реалізації необхідного переміщення інструмента.

Наближено можна вважати, що оброблювана деталь знаходиться в технологічному роторі на протязі часу, що відповідає куту повороту  $1,5 \times \pi$ . При цьому, під час повороту на  $1,5 \times \pi$  використовуються взаємні переміщення інструмента і деталі, а під час повороту на  $0,3 \times \pi$  – підготовчо-допоміжні операції (центрування, закріплення, видача деталі).

Відповідно  $1,2 \times \pi \times R_p = 2 \times S_{\pi} \times \text{ctg} \alpha$ , а саме між радіусом ротора і технологічним переміщенням  $S_{\pi}$  інструмента існує залежність. Якщо допустити, що кути нахилу траєкторії підводу і відводу інструмента співпадають і рівні  $45^\circ$ , тоді  $R_p = 2 \times S_{\pi} \times \text{ctg} \alpha / 1,2 \times \pi = 0,5 \times S_{\pi}$ . з цієї формули витікає, що по раніше розрахованому діаметру ротора можна визначити технологічні можливості привода.