

Міністерство освіти і науки України

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

Є.С. Пуховський, Ю.М. Малафєєв

Проектування гнучких виробничих систем машинобудування

*Рекомендовано Вченою радою
як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів
машинобудівних спеціальностей*

Частина I

Київ
НТУУ «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
2017

УДК 621.73. 073
ББК 34.61, 34.62
П27

*Гриф надано Вченою радою
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
(Протокол №4 від 21.12.2017 р.)*

Рецензенти: А. С. Зенкін, д-р техн. наук, проф.,
Київський національний університет технологій і дизайну,
Заслужений діяч науки і техніки України

В. І. Лавріненко, д-р техн. наук, проф., старш. наук. співроб.,
Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля
Національної академії наук України

Відповідальний редактор: В. М. Кореньков, канд. техн. наук, доц.,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М.
П27 Проектування гнучких виробничих систем машинобудування /
Навч. посібник. Частина I –
К.: НТУУ «КПІ», 2017. – 286 с. – Бібліогр.: с. 277 – 286 – 100 пр.
ISBN 978-966-7599-86-7

Розглянуто гнучкі виробничі системи (ГВС) машинобудівного виробництва, основні характеристики гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ), гнучкість верстатних систем, технологічне обладнання, транспортні системи та промислові роботи, пристосування-супутники, різальні та допоміжні інструменти, системи автоматизованого контролю та управління, комплекси для видалення відходів виробництва, задачі та напрями організаційно-технологічної підготовки виробництва.

Посібник призначений для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів I-IV рівнів акредитації, технологів та конструкторів інженерно-механічного напрямку, слухачів інститутів підвищення кваліфікації, а також, інженерно-технічних працівників, які займаються питаннями проектування, створення та експлуатації ГВС.

УДК 621.73. 073
ББК 34.61, 34.62
ISBN 978-966-7599-86-7

© Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. 2017
© НТУУ «КПІ», 2017

ЗМІСТ

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ.....	4
ВСТУП.....	7
1. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАВ.....	8
1.1. Основні терміни та визначення.....	8
1.2. Гнучкість технологічних систем.....	13
1.3. Структура ГАВ.....	18
Контрольні запитання для самоперевірки.....	26
2. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ.....	27
2.1. Основне технологічне обладнання.....	27
2.2. Автоматизована транспортно-складська система.....	38
2.3. Пристрої технологічного оснащення.....	61
2.4. Автоматизована система інструментального забезпечення.....	74
2.5. Система автоматизованого контролю.....	85
2.6. Допоміжні системи.....	97
2.7. Автоматизована система управління.....	104
Контрольні запитання для самоперевірки.....	112
3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ГВС.....	113
3.1. Інтеграція механоскладального виробництва.....	113
3.2. Місце ГВС у машинобудівному виробництві.....	119
3.3. Вимоги до об'єктів і технологічних процесів гнучкого виробництва.....	126
3.4. Технологічні проблеми багатомоделного виробництва.....	127
3.5. Елементи технологічного процесу в умовах ГАВ.....	132
Контрольні запитання для самоперевірки.....	135
4. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ГАВ.....	136
4.1. Задачі технологічної підготовки виробництва.....	136
4.2. Банки даних технологічного призначення.....	141
4.3. Групова технологія - основа гнучкого виробництва.....	151
4.4. Уніфікація і групування технологічних об'єктів і рішень.....	163
4.5. Оцінка технологічності об'єктів гнучкого виробництва.....	174
4.6. Гнучка технологія заготівельного виробництва.....	179
4.7. Проектування технологічних процесів в умовах ГАВ.....	185
4.8. Автоматизація підготовки управляючих програм для верстатів з ЧПК і промислових роботів.....	197
4.9. Технологічна підготовка гнучкого складального виробництва.....	204
Контрольні запитання для самоперевірки.....	213
5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ.....	214
5.1. Задачі та основні напрями організаційно - технологічної підготовки виробництва.....	214
5.2. Організаційно-технологічні основи групового виробництва.....	227
5.3. Особливості планування в умовах гнучкого інтегрованого виробництва.....	245
5.4. Особливості управління гнучким інтегрованим виробництвом.....	257
5.5. Комп'ютерно-інтегроване виробництво.....	270
Контрольні запитання для самоперевірки.....	277
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	278

ПРИЙНЯТІ СКОРОЧЕННЯ

АВК - автоматичний вимірювальний комплекс
АУ - автоматичне управління
АЛ - автоматизовані лінії
АРМ - автоматизоване робоче місце
АС - автоматизована система
АСАБ - автоматична система аналізу браку
АСВВ - автоматизована система видалення відходів
АСДВ - автоматизована система діловодства
АСЕЗ - автоматизована система енергозабезпечення
АСЗНО - автоматизована система забезпечення надійності обладнання
АСЗЯ - автоматизована система забезпечення якості
АСІЗ - автоматизована система інструментального забезпечення
АСК - автоматичний складський комплекс
АСС - автоматизована складська система
АССІ - автоматизована система слідування за інструментом
АСМЗПВ - автоматизована система матеріалозбереження та переробки відходів
АСНД - автоматизована система наукових досліджень
АСОПВ - автоматизована система оперативного планування виробництва
АСМВ - автоматизована система моделювання виробництва
АСОТУ - автоматизована система організаційно-технологічного управління
АСПІ - автоматизована система підналагодження інструмента
АС ТПВ - автоматизована система технологічної підготовки виробництва
АСУВ - автоматизована система управління виробництвом
АСВВВ - автоматизована система видалення відходів виробництва
АСУЗБУТ - автоматизована система управління збутом
АСУЕП - автоматизована система управління економікою підприємства
АСУКАДР - автоматизована система управління кадрами
АСУОО - автоматизована система утримування й обслуговування обладнання
АСУП - автоматизована система управління підприємством
АСУПОСТАЧ - автоматизована система управління постачанням
АСУТП - автоматизована система управління технологічними процесами
АСУЯП - автоматизована система управління якістю продукції

АТЗ - автоматичний транспортний засіб
АТК - автоматичний технічний комплекс
АТрК - автоматичний транспортний комплекс
АОК - автоматичний оброблювальний комплекс
АТНС - автоматизована транспортно-накопичувальна система
АТСС - автоматична транспортно-складська система
ВВВ - видалення відходів виробництва
ВК - виробничий комплекс
ВРП - верстати з ручним переналагоджуванням
ВПД - верстат, пристрій, інструмент, деталь
ВС - вертикально-свердильний верстат з ЧПК
ВТК – відділ технічного контролю
ВЧПК - верстати з числовим програмним управлінням
ГАД - гнучка автоматизована ділянка
ГАЗ - гнучкий автоматизований завод
Г АВ - гнучке автоматизоване виробництво
ГАЛ - гнучка автоматична лінія
ГАСВ - гнучке автоматизоване складальне виробництво
ГАЦ - гнучкий автоматизований цех
ГВ - групове виробництво
ГВК - гнучкий виробничий комплекс
ГВМ - гнучкий виробничий модуль
ГВС (FMS) - гнучка виробнича система (FMS - Flexible manufacturing system)
ГВСС - гнучка виробнича система складання
ГЗ - господарське забезпечення
ГМЛ - гнучка механізована лінія
ГТКС - гнучкий технологічний комплекс складання
ДГОД - ділянки групової обробки деталей
ЄСКД - єдина система конструкторської документації
ЄСТПВ - єдина система технологічної підготовки виробництва
ЕОМ - електронно-обчислювальна машина
ІПС - інформаційна пошукова система
ІПСТП - інформаційна пошукова система технічного призначення
КВМ - контрольно-вимірювальна машин
КІВ - комп'ютеризоване інтегроване виробництво
КТЕ - конструкторсько-технологічний елемент
ЛСУ - локальна система управління
МВ – металорізальний верстат з ЧПК
МОР - змащувально-охолоджуюча рідина
НДР - науково-дослідницька робота

ОТО - основне технологічне обладнання
ОЦ - обробний центр
ПАВ - переналагоджувальні агрегатні верстати
ПМЗ - програмно – математичне забезпечення
ПОРМ – переналагоджувальні обробно-розточувальні модулі
ПР - промисловий робот
ПФ - поздовжньо фрезерний верстат з ЧПК
ПЧПК - пристрої числового програмного керування
РВС (RMS) - реконфігуровані виробничі системи (RMS - Reconfigurable manufacturing system – в США, Німеччині, Японії)
РІ - різальний інструмент
РЛ – роторні лінії
РТК - робототехнічний комплекс
САК - система автоматизованого контролю
САУТО - система автоматичного управління точністю обробки
САП - система автоматизації програмування
САПР - система автоматизованого проектування
СЗВ - системи забезпечення виробництва
СЗФ - система забезпечення функціонування обладнання
СУ - система управління
СОУ - система оперативного управління
СТПВ - система технологічної підготовки виробництва
СУБД - система управління базою даних
СУ ГВС - система управління гнучкої виробничої системою
ТЗ - технічні засоби
ТЕО - техніко-економічне обґрунтування
ТЕП - техніко-економічний показник
ТО - технологічне обладнання
ТОР - технічне обслуговування та ремонт
ТОЦ - токарний обробний центр
ТП - технологічний процес
ТПВ - технологічна підготовка виробництва
УВ - універсальні верстати з ручним управлінням
УОК - управляючий обчислювальний комплекс
УП - управляюча програма
ЦУОБ - цехи з універсальним обладнанням
ЧПК - числове програмне керування
ШТ - штабелер

ВСТУП

Комплексна автоматизація виробництва розглядається як інтегрована система, що охоплює всі його стадії - дослідження, конструювання, технологічну підготовку, організацію виробництва, виготовлення виробів. Високі вимоги до продукції, яка випускається, мають задовольнятися в умовах швидкої змінюваності виробів і зменшення їх серійності, розширення номенклатури при збільшенні загального обсягу продукції, що випускається, скорочення строків від надходження заявки до виготовлення нового виробу. Тому виробництво має бути гнучким, тобто спроможним динамічно, без значних затрат перебудовуватись на випуск нових виробів.

Впровадження гнучких виробничих систем (ГВС) дає можливість так організувати виробництво, щоб на наявному обладнанні обробляти досить широкі за номенклатурою групи деталей будь-якими партіями, у будь-який за вимогами складання час при собівартості масового виробництва.

Концепція гнучкого виробництва вимагає нового підходу до проектування технологічних процесів і ділянок багатноменклатурного виробництва. Технологія гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ) має специфічні особливості, пов'язані з мінливим характером виробництва, швидкою змінюваністю виробів, що випускаються, застосуванням обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК), автоматизованих транспортних систем, прогресивних технологічних процесів та інструменту. Багато проблем гнучкого інтегрованого виробництва розв'язуються із залученням принципів групового виробництва.

Групове виробництво - це прогресивне форма організації дискретних виробничих процесів, економіко-організаційною основою яких є предметна спеціалізація ділянок і цехів, а технологічною складовою - уніфікована групова форма побудови технологічних процесів.

Створення ГАВ - логічний крок об'єднання досягнень науково-технічного прогресу в галузі верстатів - та роботобудування, електроніки, обчислювальної техніки, організації та управління виробництвом. Гнучке автоматизоване виробництво - це своєрідний прообраз заводу майбутнього, який має такі основні особливості: найвищу продуктивність машин і праці, високий ступінь гнучкості виробництва; забезпечення випуску високоякісної продукції із заданими характеристиками; низькі енергозатрати; високі коефіцієнти використання машин і сировини; високу надійність машин; умови праці, що забезпечують збереження здоров'я людини; забезпечення охорони навколишнього середовища та динамічне використання досягнень науки і техніки. У проектуванні, створенні та впровадженні ГВС основну роль відіграє технологія. На підставі технологічних розрахунків створюються прогресивні організаційні форми виробництва та структура оброблюючих систем.

1. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГВБ

1.1. Основні терміни та визначення

З метою упорядкування термінології в галузі створення гнучких виробничих систем згідно з ГОСТ 26228-65 встановлені основні терміни та визначення.

Гнучка виробнича система - це сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів, гнучких виробничих модулів, окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, що має властивість автоматизованого перенастроювання при виготовленні виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик.

За організаційними ознаками ГВС поділяються на такі види:

- гнучка автоматизована лінія (ГЛД) - система, в якій технологічні обладнання розташоване в прийнятій послідовності технологічних операцій;

- гнучка автоматизована ділянка (ГЛД) - ГВС, що функціонує за технологічним маршрутом, в якій передбачена можливість змінювати послідовність використання технологічного обладнання;

- гнучкий автоматизований цех (ГЛЦ) - сукупність у різних поєднаннях гнучких автоматизованих ліній, роботизованих технологічних ліній, гнучких автоматизованих ділянок, роботизованих технологічних ділянок для виготовлення виробів заданої номенклатури,

У технічній літературі термін „гнучка виробнича система” застосовується як узагальнюючий для позначення ГВС різного рівня організації та автоматизації. Основна складова частина ГВС - гнучкий виробничий модуль (ГВМ), який є одиницею технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури у встановлених межах значень їх характеристик з програмним управлінням. ГВМ автономно функціонує, автоматично здійснює всі функції, що пов'язані з виготовленням виробів, має змогу вбудовуватися в гнучку виробничу систему.

Гнучке автоматизоване виробництво складається з однієї чи кількох ГВС, об'єднаних автоматизованою системою управління виробництвом і транспортно-складської автоматизованої системи, що здійснюють автоматизований перехід на виготовлення нових виробів за допомогою автоматизованої системи наукових досліджень (АСНД), системи автоматизованого проектування (САПР) та автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва (АС ТПВ).

Нормальна робота ГВС здійснюється за допомогою системи

забезпечення функціонування ГВС, яка складається із сукупності взаємопов'язаних автоматизованих систем, що забезпечують проектування виробів, технологічну підготовку виробництва, управління ГВС з використанням ЕОМ і автоматичного переміщення предметів виробництва та технологічного оснащення.

Основні складові системи забезпечення функціонування ГВС: автоматизована транспортно-складська система (АТСС), автоматизована система інструментального забезпечення (АСІЗ), система автоматизованого контролю (САК), автоматизована система видалення відходів (АСВВ), автоматизована система управління технологічними процесами (АСУ ТП) та інші допоміжні системи.

Поняття та визначення, що відносяться до гнучкого виробництва, постійно уточнюються й оновлюються. Передусім це стосується терміна „гнучкий”. Термін „гнучка виробнича система”, запозичений із зарубіжної літератури (Flexible Manufacturing System, скор. FMS), ствердився в практиці створення та впровадження ГВС. Використовують також термін „гнучкі переналагоджувані виробничі системи”. Пропонують замість поняття „гнучкий” ввести „пристосовуваний” або „адаптивний”. Проте „гнучкий” - найширше поняття. Воно вміщує також термін „переналагоджуваний” [17].

З точки зору переходу з обробки однієї деталі на іншу технологічне обладнання можна охарактеризувати так.

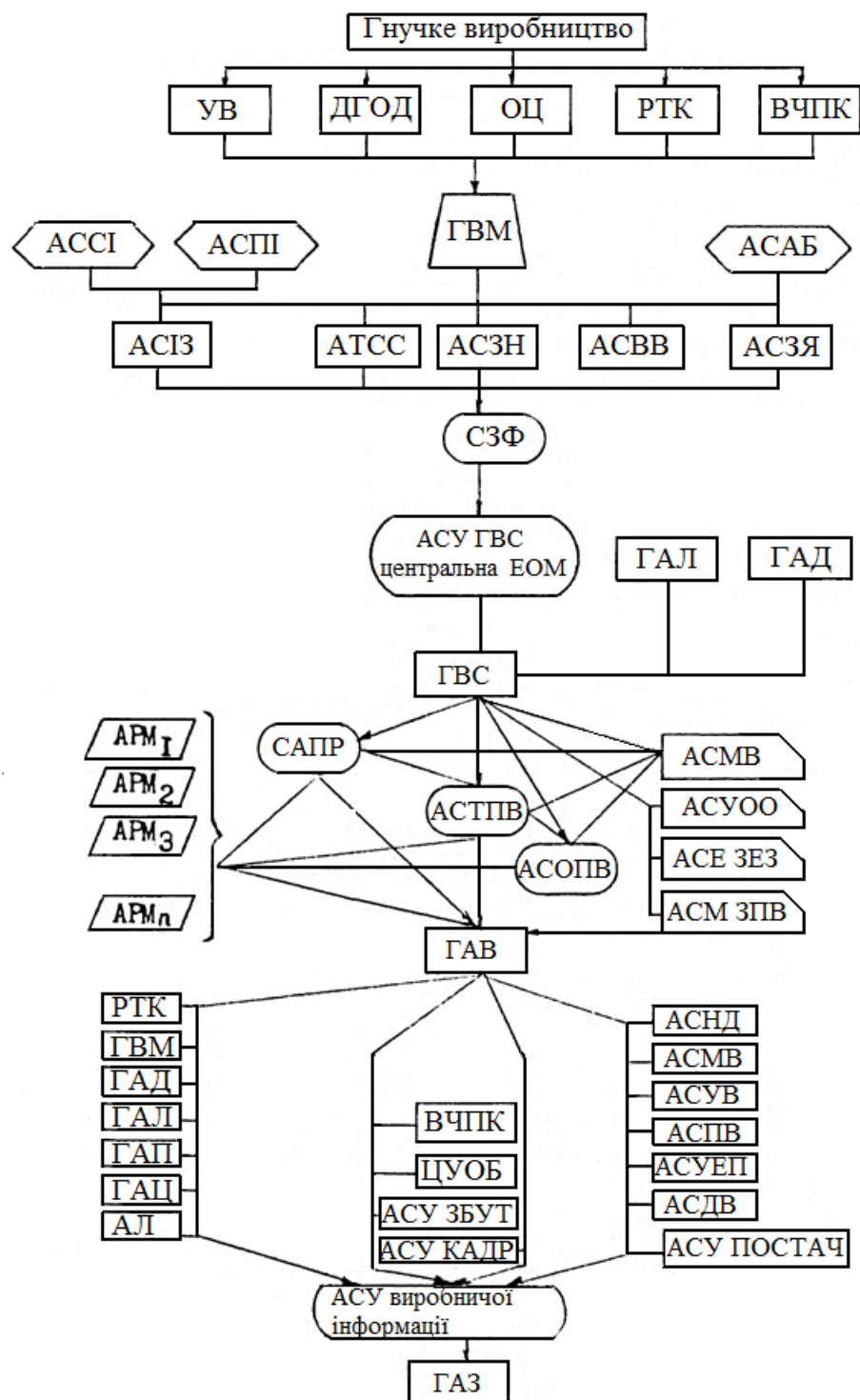
Жорстке обладнання призначене для обробки лише однієї деталі або обмеженої групи деталей певного вузького типорозміру і його не можна використовувати для обробки інших деталей.

Перебудоване обладнання за певних додаткових затрат може бути пристосоване для обробки іншої деталі чи групи деталей.

Переналагоджуване обладнання при переході на обробку інших деталей не потребує додаткових вкладень і зупинки виробництва, необхідно лише збільшити поточні витрати.

Гнучке обладнання при переході на обробку іншої деталі чи групи деталей не потребує ні зупинки виробництва, ні додаткових вкладень, ні збільшення поточних витрат, через те що всі необхідні роботи з переналагоджуваній автоматизовані, суміщені з роботою верстатів і впроваджуються в систему управління ще на стадії технічної підготовки виробництва.

У гнучкому виробництві можна виділити [1, 2, 10, 11, 16, 17, 20, 21, 22, 37, 46, 49] гнучке переналагоджуване обладнання, що вимагає короткої зупинки для переналагоджування, та гнучке інтегроване виробництво, при якому з'єднання автоматизованих систем різного функціонального призначення (наприклад, САПР, АС ТПВ, ГВС обробки) дає змогу перехо-



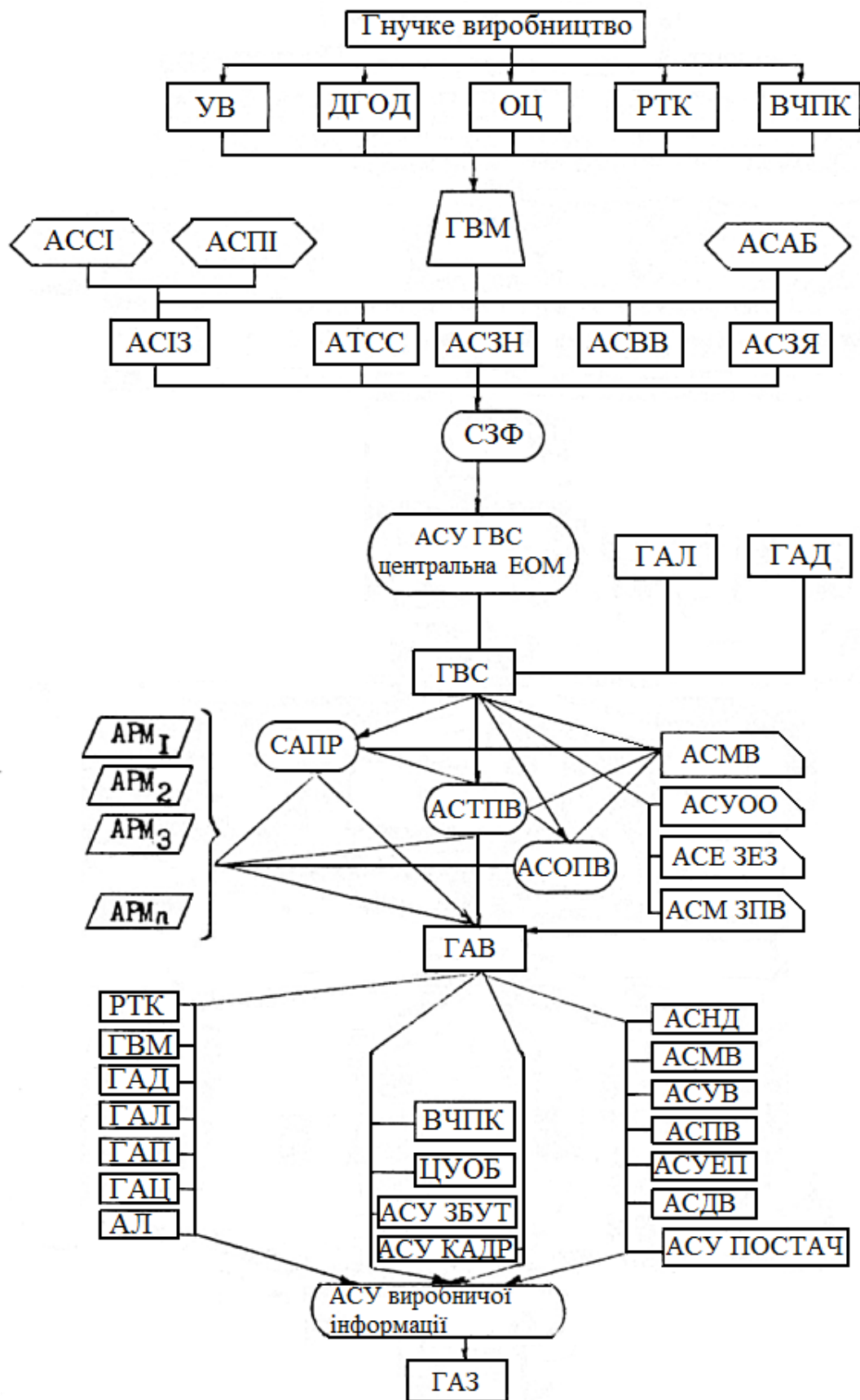


Рис.1. Систематизація понять гнучкого виробництв

дити з обробки одних деталей на інші без зупинки виробництва та збільшення додаткових затрат.

На думку деяких спеціалістів [16; 17, 46] узагальнюючим терміном має бути „гнучке виробництво”, яке визначається так: гнучке виробництво - це таке автоматизоване виробництво (включаючи технологію, організацію і управління), що дає можливість підприємствам за дуже короткий час і при мінімальних витратах на тому ж обладнанні регулярно переходити на випуск нової продукції, і, не зупиняючи виробництво, постійно оновлювати свою продукцію і саме виробництво у міру розвитку науково-технічного прогресу.

Систематизація різних термінів і понять гнучкого виробництва у взаємозалежності їх якісних характеристик з наростанням рівня інтеграції виробництва зображена на рис. 1 [17]. На ньому введені такі позначення: УВ - універсальні верстати з ручним управлінням; ДГОД - ділянки групової обробки деталей; ОЦ - обробний центр; РТК - робототехнічний комплекс; ВЧПУ - верстати з числовим програмним управлінням; ГВМ - гнучкий виробничий модуль; АТСС - автоматизована транспортно-складська система; АСІЗ - автоматизована система інструментального забезпечення; АСВВ - автоматизована система видалення відходів; АСЗЯ - автоматизована система забезпечення якості; АСЗН - автоматизована система забезпечення надійності; АССІ - автоматизована система слідування за інструментом; АСПІ - автоматизована система підналагодження інструмента; АСАБ - автоматична система аналізу браку; СЗФ - система забезпечення функціонування обладнання; ГВС - гнучка виробнича система; ГАЛ - гнучка автоматизована лінія; ГАД - гнучка автоматизована ділянка; САПР - система автоматизованого проектування; АСПВ - автоматизована система технологічної підготовки виробництва; АСОПВ - автоматизована система оперативного планування виробництва; АСМВ - автоматизована система моделювання виробництва; АСУОО - автоматизована система утримання й обслуговування обладнання; АСЕЗЕЗ - автоматизована система енергозабезпечення енергозбереження; АРМ - автоматизоване робоче місце; ГАВ - гнучке автоматизоване виробництво; ГАЦ - гнучкі автоматизовані цехи; АЛ - автоматизовані лінії; ЦУОБ - цехи з універсальним обладнанням; АСМЗПВ - автоматизована система матеріалозбереження та переробки відходів; АСНД - автоматизована система наукових досліджень; АСУВ - автоматизована система управління виробництвом; АСПВ - автоматизована система планування виробництва; АСУЕП - автоматизована система управління економікою підприємства; АСДВ - автоматизована система діловодства; АСУПОСТАЧ - автоматизована система управління постачанням; АСУЗБУТ - автоматизована система управління збутом; АСУКАДР -

автоматизована система управління кадрами; ГАЗ - гнучкий автоматизований завод.

Наведені визначення не відбивають всієї термінології, що застосовується в ГАВ, але систематизують основні поняття та полегшують розуміння різних аспектів і проблем гнучкого виробництва.

1.2. Гнучкість технологічних систем

Під гнучкістю технологічної системи розуміють її здатність швидко автоматично перебудовуватись на обробку нових деталей у межах, що визначаються технологічними можливостями обладнання та технологією обробки групи деталей. Складність автоматизованих верстатних систем зумовила різні аспекти гнучкості, які в сукупності характеризують швидкість адаптації системи до зміни виробничої ситуації [13, 16, 22, 44].

Високий ступінь економічно доцільної гнучкості забезпечує більш повне задоволення вимог замовника, оперативний перехід до випуску нової продукції, збереження виправданого характеру дрібносерійного виробництва, узгодження строків виготовлення із строками постачання обладнання, автоматизацію технологічної підготовки виробництва на основі обчислювальної техніки, зменшення затрат на незавершене виробництво.

Гнучкість стану системи полягає в її здатності успішно функціонувати за різних зовнішніх і внутрішніх змін. Зовнішні зміни повезені з появою нового асортименту виробів, застосуванням прогресивнішої технології, підвищенням кваліфікації обслуговуючого персоналу. Внутрішні зміни чи неполадки визначаються наявністю перебоїв у системі управління верстатами та матеріальними потоками, відхиленням у часі обробки, відсутністю оператора, зниженням якості обробки.

Гнучкість дії має забезпечувати можливість легко включати в систему нові верстати та інструменти для підвищення потужності в зв'язку із збільшенням обсягу виробництва. Ця властивість дає змогу оперативніше стежити за змінюванням вимог ринку, кон'юнктури, проявів моди та мобільно нарощувати потужність випуску залежно від вимог розвитку індустріального виробництва.

Процеси обробки деталей у гнучких системах ґрунтуються на принципах групової технології, що передбачає класифікацію деталей за ознаками форми, технології, застосовуваного обладнання тощо.

Гнучкість системи групування має виявлятися у можливості розширювати сукупність оброблюваних деталей, включаючи нові, що з'явилися у зв'язку із змінами номенклатури виробництва. Така система дає змогу розширювати жорсткі рамки типажу деталей, швидко та успішно перебудовувати виробництво однотипної продукції на якісно новому рівні.

Гнучкість технології визначається здатністю системи враховувати зміни в складі виконуваних технологічних операцій і оцінюється розміром підмножини операцій, що можуть виконуватися системою при змінюванні виробничої ситуації. Система управління має оцінювати вірогідність появи певної технологічної операції та можливість її виконання в гнучкому комплексі. Іншою оцінкою гнучкості технології має бути час адаптації - час, необхідний для переналагоджування та переходу до інших операцій на кожному верстаті. Звичайно технологія припускає різні послідовності виконання операцій. З одного боку, це дає можливість раціонально побудувати технологічний процес з урахуванням стратегії управління, оптимально навантаживши верстати, чергуючи випуск деталей за номенклатурою в межах часового графіка, мінімізувавши переміщення робота тощо. З іншого боку, необхідність мати в системі різні матеріальні потоки викликає складності, що полягають у блокуванні деяких верстатів при недостатньому обсягу перетворених буферно-накопичувальних пристроїв, появи конкуруючих операцій, простої певних видів верстатного обладнання. Тому необхідно виконувати математичне моделювання технологічних операцій і виробничих ситуацій.

Система з високою гнучкістю технології характеризується гнучкістю обладнання, що визначає її здатність справлятися з неполадками у верстатах і забезпечується організацією заділів перед верстатами, вибиранням однотипних багатоопераційних верстатів з ЧПК, уніфікацією транспортних пристроїв, затискних елементів і наборів інструменту, автоматизацією підготовки управляючих програм. Загальна гнучкість обладнання системи залежить від гнучкості верстатної одиниці, тому, проектуючи комплекси, необхідно намагатися включати до їх складу однотипне обладнання [16, 66, 67, 83], що дає змогу нарощувати потужність системи, створюючи паралельні потоки, переборювати збої в окремих верстатах і швидко опановувати нові технологічні процеси, виділяючи для цього групи верстатів.

Гнучкість технології на рівні верстатного обладнання можна збільшити, розширюючи можливості верстата: удосконалюючи програмне управління, безперебійно забезпечуючи інструментами в автоматичному циклі, переходячи з трьох - до п'яти координатної обробки і т. ін.

Гнучкість транспортної системи виражається в безперебійному і оптимальному навантаженні металорізального обладнання за певною, наперед заданою стратегією управління. Це відноситься не лише до своєчасного постачання верстатної системи заготовками та розв'язання задач міжопераційного транспорту, а й до забезпечення всіх верстатів різальним інструментом. Система управління транспортними засобами має враховувати можливі збої технологічного обладнання, причому її реакція

на ці збої має бути оптимальною в новій ситуації. Транспортна система має бути досить об'ємною, щоб звести до мінімуму затримки, пов'язані з очікуванням заготовок. Транспортні маршрути будують раціонально з урахуванням мінімізації переміщень матеріальних потоків. Щоб підвищити гнучкість транспортної системи, необхідно передбачати на її вході сенсорні пристрої для розпізнавання заготовок і кодованого інструменту.

Сумарна гнучкість верстатного комплексу багато в чому залежить від гнучкості системи постачання інструментом. Необхідно віддавати перевагу централізованому постачанні) верстатів інструментальними блоками, що дає змогу зменшити кількість використовуваного інструменту порівняно з індивідуальним постачанням верстатів. При цьому значно знижуються простоти інструмента, підвищується коефіцієнт його використання, спрощуються позаверстатне заточування та налагоджування інструмента.

Гнучкість системи управління характеризується тим, що оптимізація технологічного процесу може й має продовжуватись після запуску цієї системи. Гнучка система управління дає змогу найраціональніше побудувати маршрути обробки та транспортні потоки з точки зору різних критеріїв: максимального випуску продукції, задоволення вимог складання, одержання найвищих якостей показників оптимізацією режимів різання, оптимального календарного планування випуску за номенклатурою тощо. Вона повинна мати бібліотеку макроінструкцій, пов'язаних з управлінням процесом механічної обробки, бути здатною вдосконалюватись, запам'ятовуючи додаткові інструкції, пов'язані із змінюванням виробничої ситуації.

Організаційна гнучкість виробництва полягає в можливості просто і негайно перейти на обробку будь-якої з опанованого комплексу деталей. Вона дає можливість керівництву ефективно управляти організаційними простоями обладнання, які не пов'язані з його надійністю, а залежать від наявності необхідних заготовок, інструменту, кваліфікації обслуговуючого персоналу тощо.

Організаційна гнучкість істотно залежить від гнучкості обслуговуючого персоналу. Важливою умовою забезпечення високого коефіцієнта використання комплексу - опанування суміжних професій усередині бригади, досягнення взаємозамінюваності обслуговуючого персоналу, застосування сучасних форм бригадного підряду.

Різні аспекти гнучкості верстатних систем суперечать продуктивності. Тому із зростанням гнучкості за технологією необхідно мінімізувати зниження продуктивності і при цьому домогтися максимального використання обладнання, скорочуючи час переналагоджування при пере-

ході на обробку іншої деталі. Такі задачі можна розв'язувати математичним моделюванням виробничих ситуацій на ЕОМ.

Зберігаючи всі принципи гнучкості верстатних систем, можна реалізувати ідею комплексної автоматизації дрібносерійного виробництва на основі застосування сучасного технологічного обладнання з ЧПК, обчислювальної техніки та промислових роботів.

Для порівняльного аналізу й оптимізації ГВС необхідно мати змогу оцінювати ступінь гнучкості системи за допомогою інтегрального показника, який має відбивати функціонально-технічні можливості системи і не повинен містити в собі економічних показників. Як показник гнучкості беруть [66, 83] монотонно змінювану від 0 до 1 величину g . Ступінь гнучкості визначається кількістю n різних функціональних станів, яких ГВС може дискретно набувати в межах своїх технічних можливостей, і часом переходу τ_{ij} з одного функціонального стану i в інший j . Як першу складову показника ступеня гнучкості беруть

$$g_1 = \left(1 - \frac{1}{n}\right)$$

Цей вираз прямує до одиниці, якщо $n \rightarrow \infty$ обертається в нуль, якщо $n = 1$.

Тривалість T переходу від одного стану ГВС до іншого визначається як сума часу кожного переходу:

$$T = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \tau_{ij}$$

Другу складову показника гнучкості можна визначити як відношення суми часу всіх переходів ГВС до планового періоду часу взятому за основу при атестації, та порівняльної оцінки ГВС. Як T_{nl} можна брати, наприклад, дійсний фонд часу ГВС за певний період часу:

$$g_2 = \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \tau_{ij}}{T_{nl}}\right)$$

якщо $\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \tau_{ij} \leq T_{nl}$.

Цей вираз прямує до одиниці при зменшенні сумарного часу переходів ІВС та обертається в нуль при наближеному сумарному часі переходу з одного стану до іншого в T_{nl} . Інтегральний показник ступеня гнучкості ГВС [66]

$$G = \left(1 - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n \tau_{ij}}{T_{nl}} \right) \cdot \left(1 - \frac{1}{n} \right)$$

Оцінювати гнучкість виробничих систем необхідно, визначаючи їх економічну ефективність і доцільність застосовування в різних виробничих умовах. Проектуючи нові та модернізуючи існуючі виробництва, необхідно приділити належну увагу гнучкості, маючи на увазі, що не всі виробничі показники залежать прямо пропорційно від ступеня гнучкості виробництва. Необхідно прагнути прогнозувати ступінь гнучкості та передбачати іноді запас потужності в системі, щоб надалі виконувати більш напружені виробничі завдання. Така гнучкість суперечить прагненню забезпечити максимальне завантаження обладнання. Проте без цього не може бути повної гнучкості, при якій можна розміщувати додаткові верстати без поліпшення роботи системи. Повна гнучкість ГВС відповідає можливості її використання для непередбачених цілей.

Можна також сформулювати поняття абсолютної гнучкості [17]. Це здатність ГВС обробляти будь-які деталі в будь-якій необхідній кількості або переходити на випуск нової продукції в будь-якій раптовій послідовності без додаткових капіталовкладень, збільшення оборотних засобів і затрат додаткового часу на переналагоджування. Абсолютної гнучкості можна буде досягти в майбутньому. Тоді обробні системи, побудовані за модульним принципом, будуть здатними змінювати свою структуру залежно від завдання на випуск продукції певного виду за найбільш ефективною технологією. На даному етапі розвитку обробного обладнання абсолютна гнучкість навряд чи економічно виправдана.

Поняття тактичної та стратегічної гнучкості пов'язані із розвитком виробництва [17, 20].

Тактична гнучкість характеризується обсягом робіт і засобів, необхідних для переходу з виробництва одного виду продукції на інший згідно з виробничою програмою. Головний показник тактичної гнучкості - час переходу на випуск нових виробів.

Стратегічна гнучкість характеризується повним обсягом заходів, необхідних для переведення виробництва на випуск нової продукції при зміні всієї виробничої програми, а також кількісними та якісними змінами

необхідних виробничих потужностей. Визначальні показники стратегічної гнучкості - сума нових капіталовкладень і масштаб реконструкції.

Різні види гнучкості перебувають у складних взаємозв'язках, тому вибираючи інтегральну оцінку гнучкості необхідно враховувати як істотні, так і прогнозовані виробничі фактори.

1.3. Структура ГАВ

Узагальнена структура ГАВ складається з трьох основних елементів: автоматичної системи технологічної підготовки виробництва (АСТПВ), автоматичної системи управління підприємством (АСУП) та однієї або кількох гнучких виробничих систем (ГВС). Залежно від структурного рівня виробничої одиниці ГАВ може являти собою ділянку, цех, завод, тому під АСУП розуміють автоматизовану систему управління саме цією виробничою одиницею. АСУП будується за ієрархічним принципом, згідно з яким передбачається підпорядкування задач нижчого рівня задачам вищого. Наприклад, команди, що подає АСУП цеху, обов'язкові для ГАД.

АСТПВ складається із системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПРТП), системи проектування різального інструменту й оснащення, системи підготовки управляючих програм для верстатів з ЧПУ та іншого програмно - управляючого обладнання.

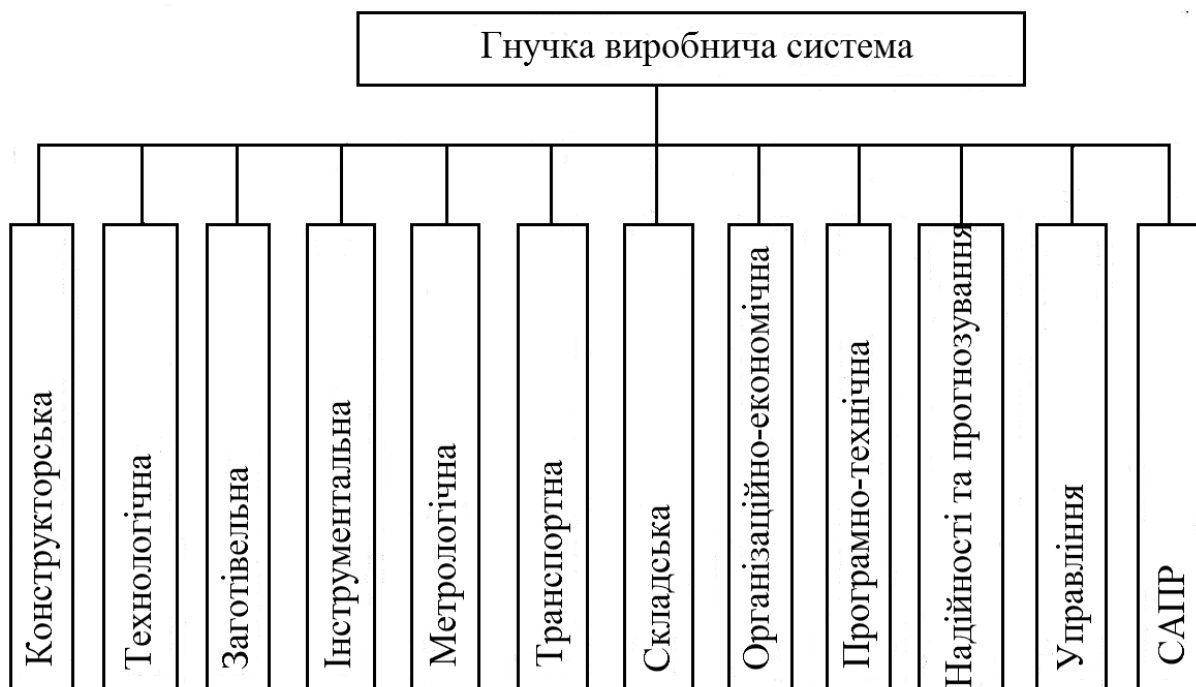


Рис. 2. Склад ГВС

Структура ГВС визначається рівнем її організації (ГАЦ, ГАЛ, ГАД, ГВМ), ступенем автоматизації та спеціалізації технологічних задач, номенклатурою та серійністю виробів, порядком запуску їх у виробництво. Структура ГВС перебуває в прямій залежності від складу та структури виробничої системи, в якій вона знаходиться. Розглядаючи ГВС як складну систему, її можна уявити у вигляді сукупності окремих підсистем (рис. 2), кожна з яких виконує певні функції.

Розрізняють технологічну, функціональну, елементарну, організаційну та інформаційну структури ГВС.

Технологічна структура - це характеристика об'єктів виробництва за їх службовим призначенням, серійністю випуску, типом виробничого обладнання, технологічним оснащенням та інструментом, видом технологічних процесів та їх часовими характеристиками, положенням у робочому просторі, способом транспортування. Технологічна структура - база для створення решти видів структури ГВС, оскільки вона визначає вихідні дані при проектуванні ГВС.

Функціональна структура - це склад задач, що розв'язуються ГВС у виробничому процесі. До цих задач належать планування, облік, диспетчеризація та контроль ходу виробництва; забезпечення та завантаження технологічного обладнання заготовками, інструментом і оснащенням; приймання, зберігання та використання управляючих програм; автоматичне управління всіма технічними засобами; контроль якості обробки, діагностика стану інструменту й обладнання; видалення відходів виробництва; технічне обслуговування, ремонт і прибирання технологічного обладнання.

Визначення функціональної структури ГВС супроводжується укрупненням задач, що розв'язуються її окремими підрозділами. Наприклад, транспортні системи заготовок і різального інструменту можуть об'єднуватися в одну та управлятися за єдиним алгоритмом. Розподіл структури ГВС на функціональні підсистеми та віднесення окремих задач до тієї або іншої підсистеми досить умовні, залежать від вибору елементної й організаційної структури конкретної ГВС і визначаються в кожному окремому випадку. Систему контролю якості обробки, наприклад, можна об'єднати із системою діагностики стану інструменту, оскільки його якість та ступінь зношеності безпосередньо впливають на точність обробки та шорсткість поверхні.

Функціональну структуру ГВС доцільно розподілити на такі підсистеми: організації та управління виробництвом, обробки, автоматизованого транспортування та складування, технологічної підготовки виробництва, забезпечення оснащенням та інструментом, контролю, ви-

далення відходів виробництва, забезпечення МОР, технічного обслуговування та ремонту, господарського обслуговування.

Функціональна структура - база для формування елементної структури ГВС, тобто визначення складу технічних засобів, програмного й інформаційного забезпечення й людських ресурсів. У процесі проектування функціональних підсистем ГВС визначаються їх завдання, розроблюються методи та способи їх розв'язування, вибираються технічні засоби для реалізації згаданих функцій, формулюються технічні вимоги до функціональних елементів, вузлів і систем. У результаті створюється елементна структура ГВС, яка складається з окремих модулів: обробки, контролю, транспортування, подання СОР, прибирання стружки тощо. Розроблюючи елементну структуру, розглядають оптимізаційні задачі вибору оптимального варіанта. Наприклад, з усього різноманіття наявних верстатів з ЧПК, здатних виконати певні функціональні завдання, вибирається найкращий за встановленим критерієм оптимальності (мінімальною вартістю, максимальною продуктивністю, мінімальною зайнятою площею тощо). Остаточно елементна структура ГВС визначається на стадії технічного проекту після конструкторської проробки.

Схеми основних складових компонентів елементної структури ГВС зображені на рис. 3. Звичайно ГВС складається із верстатних модулів обробки 9; транспортної системи 8, що забезпечує завантаження обладнання та постачає інструмент; комплектувального складу 1; управляючо - обчислювального комплексу 3 з відділенням 4 управління та технологічної підготовки виробництва; допоміжних служб: відділення контролю деталей 10, відділення мийки 2, пульта 5 диспетчера, відділення 6 підготовки інструменту, відділення складання пристосувань 7.

Визначення функціональної та елементної структур ГВС дає змогу вибрати її організаційну структуру, під якою розуміють склад виробничих підрозділів і відносини між ними, що забезпечують нормальне функціонування системи. Організаційні підсистеми можуть складатися з кількох функціональних підсистем, збігатися за значенням з функціональною підсистемою чи реалізувати лише частину її. Наприклад, організаційна служба завгоспу цеху збігається з функціональною підсистемою господарського забезпечення, а планово-диспетчерське бюро реалізує частину задач, що виконуються підсистемою управління.

Організаційна структура цеху, в якому функціонує ГВС, може змінюватись залежно від рівня автоматизації виробництва в результаті збільшення кількості ГВС. У структурі цеху виділяють загальні забезпечувальні підрозділи: групу розрахунку та налагодження управляючих програм, інструментально-роздавальну комору, групу складання та вимірювань інструменту, а також групу оснащення, склад матеріалів і

заготовок, бригаду ремонту та обслуговування технічних засобів цеху.

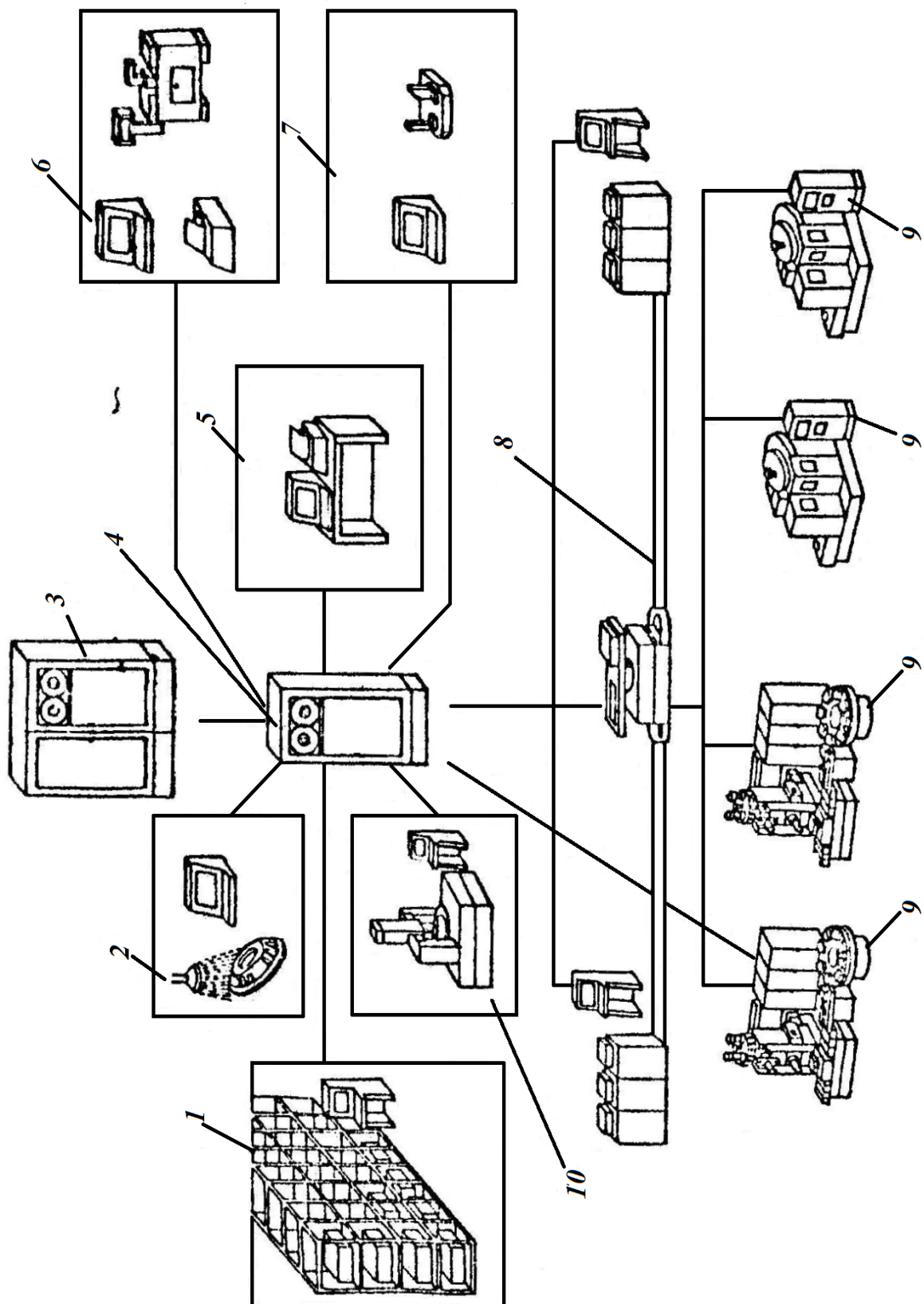


Рис. 3. Схеми основних компонентів ГВС

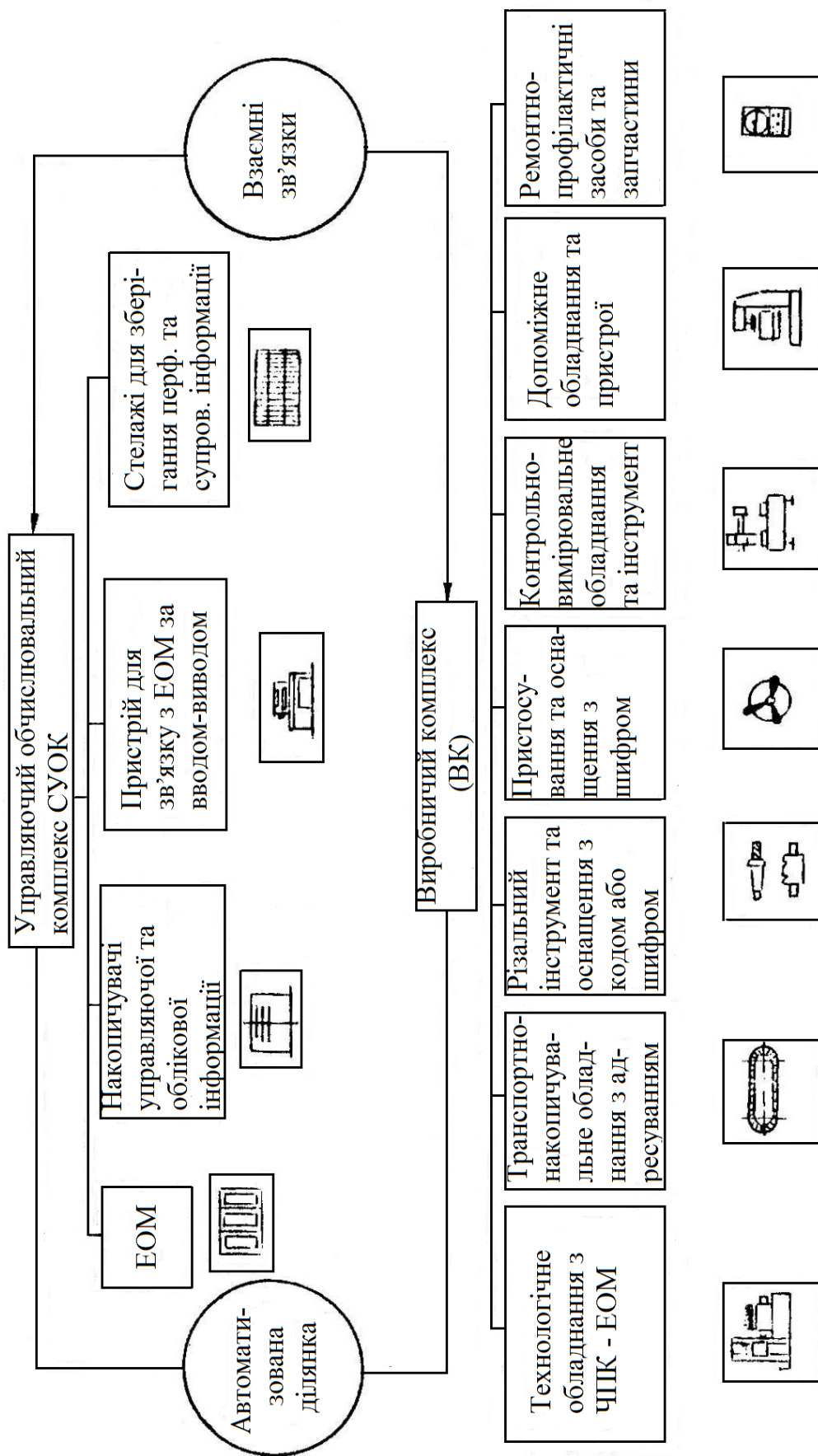


Рис. 4. Комплекс обладнання ГАд

Під інформаційною структурою розуміють набір інформаційно-управляючого обладнання та інформаційних потоків у ГВС. Для описання інформаційних потоків необхідно знати зміст, форму подання, обсяг, періодичність інформації, максимальну швидкість передавання даних, пріоритети [3, 83, 97, 111]. Формування інформаційної структури ГВС дає змогу правильно вибрати управляюче обладнання й оптимізувати інформаційні потоки.

Розробка структури ГВС на рівні проектування сприяє прийманню основних техніко-економічних та організаційних рішень, що зумовлюють злагоджену роботу всіх підсистем у процесі експлуатації.

Як приклад розглянемо структуру автоматизованої ділянки обробки деталей [21, 22, 31, 32, 44]. Ця структура деякою мірою повторюється та забезпечує функції звичайних виробничих ділянок, але на вищому рівні організації та автоматизації виробництва. Загальну структуру автоматизованої ділянки можна розподілити на два комплекси: обладнання (рис.4) і систем, (рис. 5).

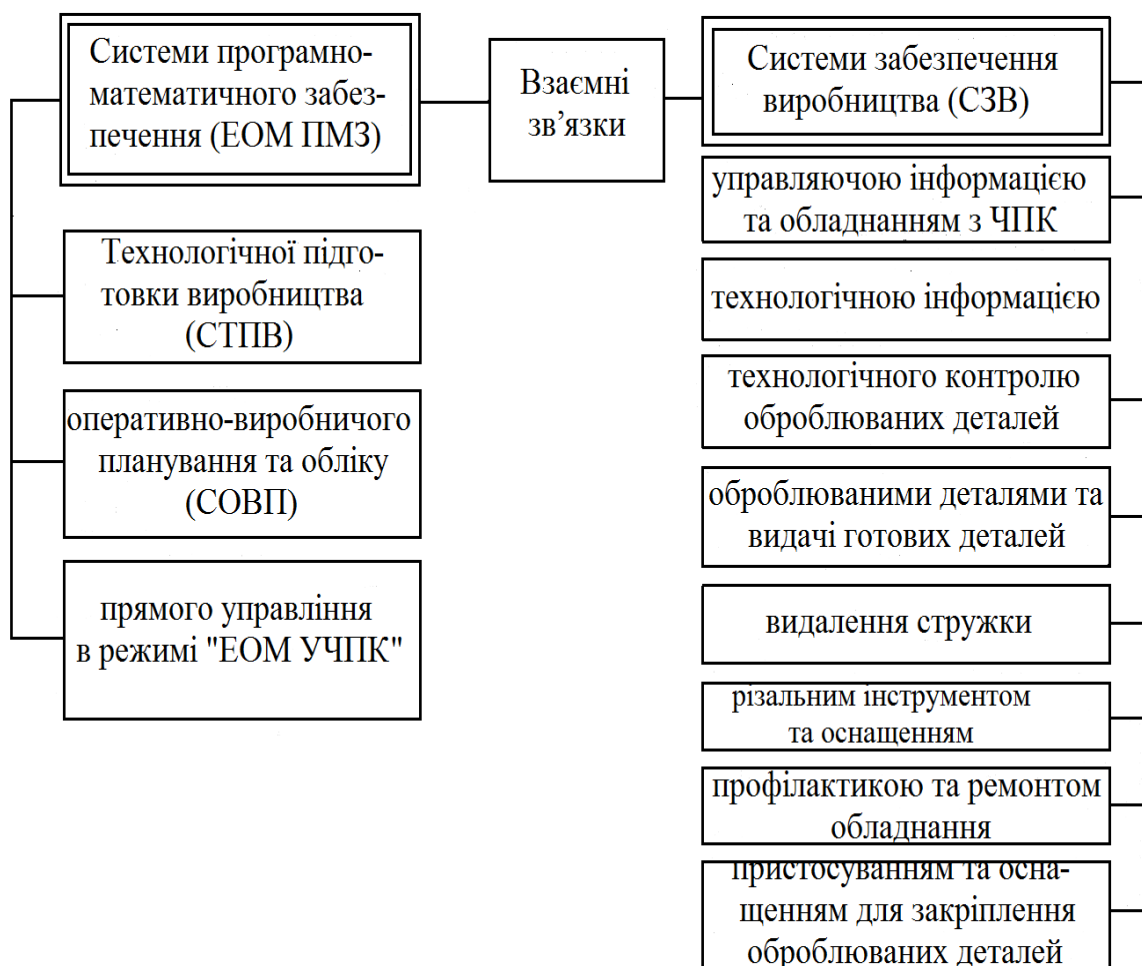


Рис. 5. Комплекс систем ГАД

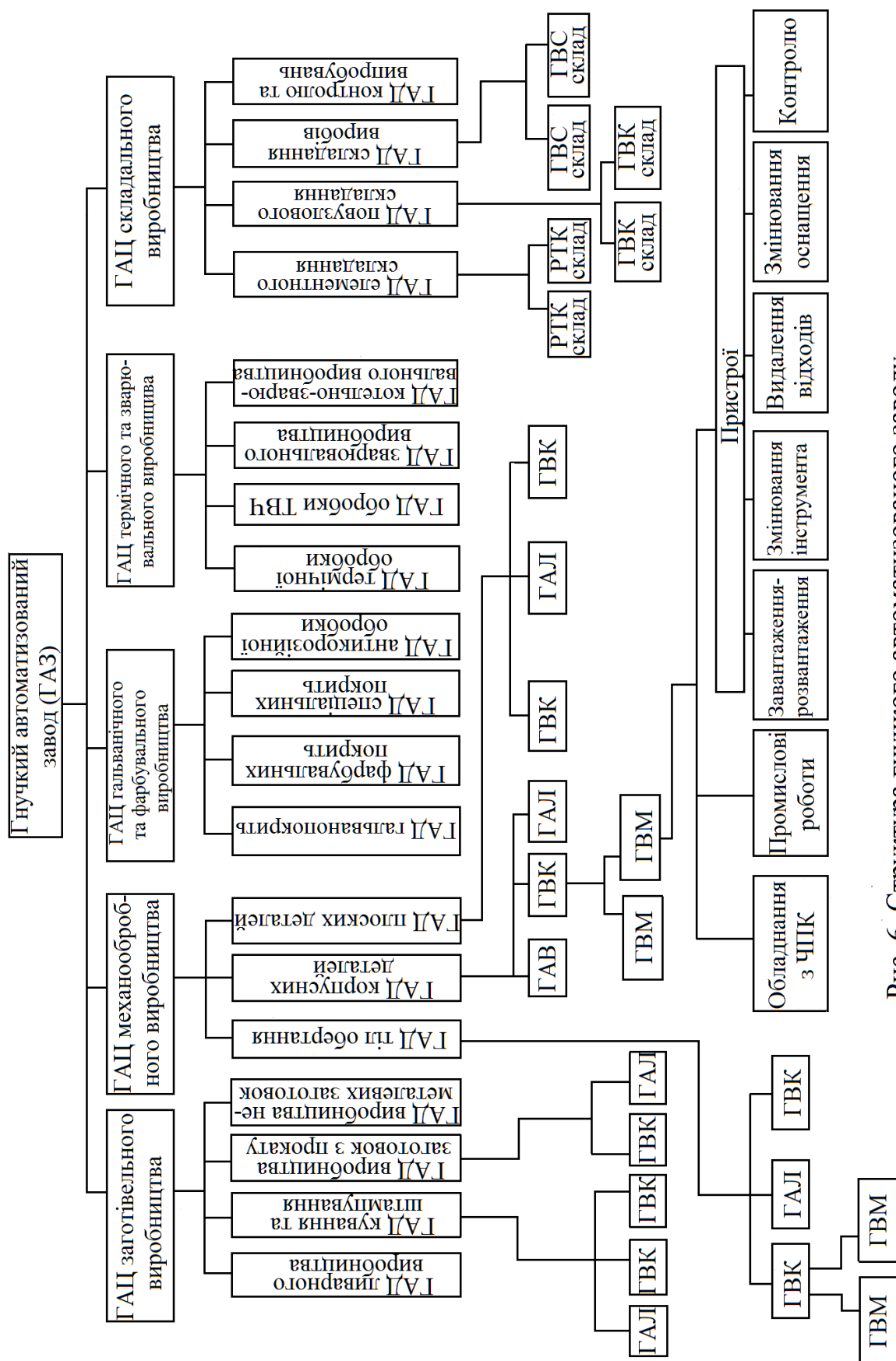


Рис. 6. Структура гнучкого автоматизованого заводу

Взаємозв'язок управляючого обчислювального комплексу (УОК) та виробничого комплексу (ВК) здійснюється використанням машинної техніки (при прямому управлінні верстатами в режимі ЕОМ – УЧПК) або за допомогою відповідного документообігу (при плануванні та обліку).

ЕОМ управляючого обчислювального комплексу має бути серійною і не повинна містити надмірності своїх можливостей.

Система програмно - математичного забезпечення (ПМЗ) розроблюється на основі аналізу реально діючих виробничих процесів і оптимальних рішень, що логічно впливають з них і математична формалізація яких дає змогу ввести їх в ЕОМ. ПМЗ - найважливіший засіб управління складними виробничими процесами, що відбуваються в умовах дрібносерійного виробництва, та невід'ємна частина систем забезпечення ділянок виробництва.

Системи забезпечення виробництва (СЗВ) мають різний рівень автоматизації в умовах дрібносерійного виробництва. Від їх технічних можливостей та експлуатаційної надійності залежить ефективність верстатів з ЧПУ.

Структуру гнучкого автоматизованого заводу, що складається з усіх традиційних підрозділів, які забезпечують випуск високоякісної продукції широкої номенклатури в умовах багатомономенклатурного виробництва, показано на рис. 6.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Основні терміни, що стосуються організації ГВС.
2. Що таке гнучка виробнича система?
3. Які види ГВС за організаційними ознаками ви знаєте?
4. Склад систем, які забезпечують нормальне функціонування ГВС.
5. Як підрозділяють ГВС за принципом організації та рівнем автоматизації виробництва?
6. У чому полягає гнучкість стану системи?
7. У чому полягає гнучкість дії?
8. Що таке гнучкість системи групування?
9. Що таке гнучкість технології?
10. В чому виражається гнучкість транспортної системи?
11. Що таке сумарна гнучкість верстатного комплексу?
12. Чим характеризується гнучкість системи управління?
13. В чому полягає організаційна гнучкість виробництва?
14. Як можна сформулювати поняття абсолютної гнучкості?
15. Чим характеризується тактична гнучкість?
16. Чим характеризується стратегічна гнучкість?
17. У чому полягає проблема визначення гнучкості технологічних систем?
18. Зв'язки між різними аспектами гнучкості.
19. Як кількісно визначається гнучкість технологічної системи?
20. Загальна структура ГАВ.
21. Принципи структурної побудови ГВС.
22. Система програмно - математичного забезпечення (ПМЗ).
23. Що таке система забезпечення виробництва (СЗВ).
24. Складові структури гнучкого автоматизованого заводу
25. Що таке комплекс обладнання та комплекс систем?
26. Які задачі розв'язують технологічна, функціональна, елементна й інформаційна структури?

2. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

2.1. Основне технологічне обладнання

Під основним технологічним обладнанням (ОТО) розуміють металообробні верстати, що входять до ГВС. Набір верстатів ГВС залежить насамперед від технологічного призначення системи. Верстатний парк ГВС має повністю забезпечувати технологічні потреби обробки групи деталей, для якої проектується ця система. Крім того, він повинен мати так званий запас технологічних можливостей, під яким розуміють можливе розширення номенклатури оброблюваних деталей у зв'язку із змінюваністю виробництва. Тільки за цих умов можна додержати принципу збереження „живучості” гнучкої системи.

Згідно з принципами побудови ГВС до основного технологічного обладнання ставляться такі вимоги: можливість обробки в автоматичному режимі широкої номенклатури деталей при максимальній концентрації операцій, що дає змогу скоротити обсяг обладнання та кількість переустановлена, підвищити якість обробки та скоротити тривалість виробничого циклу; необхідність ув'язувати технологічні бази заготовок з обладнанням та оснащенням; виконання принципу сталості баз при переході на інший верстат; забезпечення роботи обладнання в автоматичному циклі; можливість швидкого переналагоджування обладнання при зміні об'єкта виробництва; компонувальне та програмне узгодження обладнання з транспортно-складськими системами, вимірювальними пристроями.

У гнучкі системи обробки входять, як правило, верстати з ЧПК.

Іноді в систему включаються універсальні та автоматизовані верстати для виконання довідної операції. У гнучкі комплекси включаються від двох до 25 верстатів, причому їх кількість та якісний набір диктуються технологічними потребами системи. Щоб підвищити „живучість” комплексів, краще включати однотипні верстати або верстати - дублери. Загальна кількість верстатів визначається також можливостями управляючої ЕОМ. При малій кількості верстатів вона використовується неефективно, а при надмірно великій (перевищує 20) ускладнюється система управління гнучким комплексом.

Для використання верстатів з ЧПК в гнучких виробничих системах обробки необхідні конструктивні, технологічні та організаційні рішення, спрямовані на автоматизацію закріплення заготовок, зміни інструменту, контролю якості обробки, контролю за зношуванням і поламанням інструменту, видалення стружки із зони різання, очищення базових та установочних поверхонь пристосувань, закриття зон різання, діагностики несправностей основних механізмів тощо. Загальний підхід до підготовки

верстатів з ЧПК для вмонтовування їх у гнучкі системи полягає в тому, щоб забезпечити їх тривалу роботу (протягом однієї - двох змін) з випуску якісних деталей без участі оператора (з багатOVERSTATним наглядом).

Основний показник, що визначає можливість включення верстата в ГВС, - ступінь його автоматизації, який дає змогу без серйозних конструктивних перероблювань перевести верстат на роботу у складі ГВС.

При стикуванні верстатів з транспортними системами та промисловими роботами необхідно забезпечити такі умови: автоматизувати затискання - розтискання виробів і модернізувати електросхему верстата, що забезпечує зв'язок між верстатом і роботом; автоматизувати очищення базових поверхонь установочного пристосування чи стола верстата; переміщення огорожування робочої зони верстата, синхронізувати ці переміщення з рухами транспортно-завантажувальних пристроїв; автоматизувати встановлення та базування деталей або палетних пристроїв на верстатах; верстати мають оснащуватись системами подрібнення та видалення стружки із зони різання; розподілити зони дії ПР та обслуговуючого персоналу.

При формуванні ГВС і роботизованих технологічних комплексів (РТК) необхідно враховувати, що планування обладнання має забезпечувати вільний, зручний та безпечний доступ обслуговуючого персоналу до основного й допоміжного обладнання та органів управління, виключати перехрещення трас руху транспортних устаткувань; автоматизовані ділянки механічної обробки мають оснащуватись засобами захисту персоналу віддій виконавчих органів і засобами аварійної сигналізації та управління, доступ до яких має бути вільним.

Дотримання комплексу вимог до технологічного обладнання ГВС забезпечує високу надійність її роботи та підвищує ефективність використання основного технологічного обладнання.

Найзручніше для роботи в ГВС використовувати багатоцільові верстати чи обробні центри, що дають можливість ефективно використовувати принципи концентрації операцій, сталості баз, послідовно й одночасно обробляти деталі багатьма інструментами. Багатоцільові верстати для обробки деталей коробчатої форми оснащені супутниковими пристроями, які з нижнього боку мають уніфікований профіль, що дає змогу точно та міцно фіксувати на столі верстата супутник із закріпленою на ньому деталлю.

Обробний центр (рис. 7) має інструментальний магазин 4, з якого за допомогою пристрою 3 автоматичного змінювання інструменти потрапляють у шпиндель 5 верстата. Щоб забезпечити безперебійну роботу та допоміжний час, що витрачається на встановлення та знімання деталей, перекрити машинним, на верстаті встановлено пристрій 6 змінювання

палет. У позиції 1 палета завантажується заготовкою, у позиції 2 - заготовка обробляється. Заготовка змінюється прямолінійним переміщенням палети з позиції 1 у позицію 2.

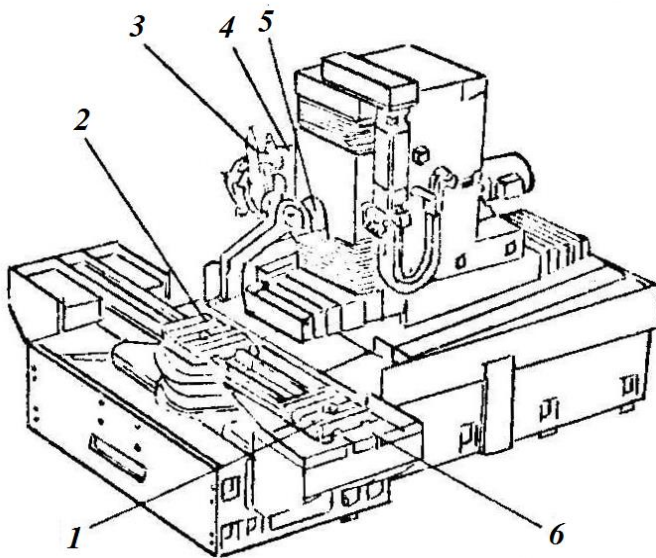


Рис. 7. Схема обробного центру

При створюванні багатоцільових верстатів збільшують місткість інструментальних магазинів встановленням здвоєних магазинів або організацією інструментального складу; повністю автоматизують змінювання інструмента за допомогою різних маніпуляторів; застосовують компактні касетні інструментальні магазини більшої місткості; автоматизують контроль якості та діагностики стану інструменту; оснащують

верстати багатопозиційними пристроями зміни пристосувань - супутників пов'язаних з накопичувачами чи з центральним складом; збільшують кількість шпинделів, які одночасно беруть участь у роботі; розширюють перелік виконуваних операцій додаванням до свердлильно-фрезерно-розточувальних операцій токарних і шліфувальних; забезпечують переведення робочих шпинделів з вертикального положення в горизонтальне та навпаки.

Приводи та системи ЧПК багатоцільових верстатів створюють діапазон робочих подач 0,01...10 м/хв, швидкість холостих ходів до 10...15 м/хв, час автоматичної зміни інструменту 2...6 с, час „від різку до різку” 3...10 с. Час, що витрачається на змінювання супутників із заготовками, дорівнює 10...40 с. Багатоцільові верстати забезпечують точність позиціонування $\pm 10...20$ мкм і повторного встановлення 50% допуску позиціонування, кутові переміщення $\pm 2...4''$. На верстатах за один установ можуть виконуватись чорнове та чистове точіння, свердління, фрезерування, розгортання, зенкерування, розточування, підрізка торців, нарізання різьби, шліфування, дернування та деякі інші роботи. Продуктивність багатоцільових верстатів може збільшуватись за рахунок нарощування потужності головного привода.

Це дає змогу використовувати високопродуктивні багаторізцеві інструменти та інтенсивні режими різання, значно збільшити швидкості робочих і холостих ходів, використовувати паралельні методи обробки за

рахунок застосування багатошпindelних автоматично змінюваних головок: суміщувати допоміжний час з машинним і максимально їх скорочувати.

Технічні характеристики деяких моделей вітчизняних і зарубіжних вертикальних багатоцільових верстатів з ЧПК наведені в табл. 1.

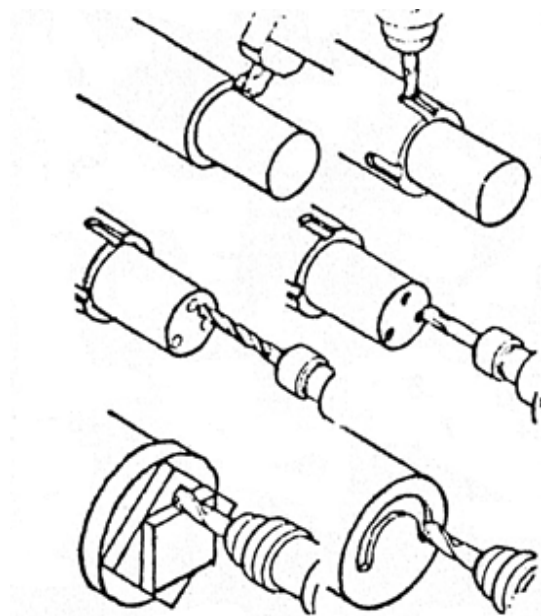


Рис. 8. До допоміжних операцій, що виконуються на токарних обробних центрах

Перспективне обладнання ГВС - це токарні обробні центри (ТОЦ), інструментальні головки яких оснащені інструментом, що обертається, завдяки чому крім основних токарних операцій при незмінному встановленні деталі можна виконувати різні оздоблювальні операції (рис. 8): обробка шпонкових пазів і шліців, свердлування отворів, обробка складних поверхонь на торцях деталі тощо. Основні дані деяких вітчизняних і зарубіжних ТОЦ наведені в табл. 2. На основі ТОЦ та одношпindelних токарних верстатів створюються ГВМ, оснащені промисловими роботами підлогового та порталного типів.

Застосовуючи порталні роботи, можна створювати ГВМ менших габаритних розмірів: мати доступ у робочу зону верстата з фронтального боку, встановлювати на порталі одно - та багаторукі роботи, що виконують крім завантаження – розвантаження змiну нерухомого те обертового інструменту, кулачків патронів або самих патронів тощо.

Функціональні можливості порталних роботів можна розширити за допомогою пристроїв автоматичної змiни захватів, в також використовуючи їх спільно з робочими.

ГВМ на базі багатоцільових верстатів призначені для обробки деталей призматичної форми типу корпусів, плит, складної криволінійної форми, дисків, важелів та інших деталей. У них деталь оброблюється одночасно з різних боків фрезеруванням, свердлуванням, нарізанням різьби в автоматичному режимі. Управління здійснюється від пристрою ЧПК та забезпечує високу точність позиціонування. Деталі закріплюються на супутниках, що дає можливість, застосовуючи транспортні роботи, легко вмонтовувати верстатний модуль у гнучку виробничу систему.

Технічні характеристики деяких моделей вертикальних багатопільових верстатів

Таблиця 1

Країна, фірма, завод-виготовлювач	Модель	Максимальний діаметр обробки, мм	Потужність головного приводу, кВт	Частота обертання, об/хв		Кількість інструментів	Тип системи ЧПК	Габаритні розміри, мм	Маса кг
				шпиндель	Головка				
Японія	Mazak	810	11	2400	3000	12	CNC Mazatrol	8484*3150	21420
	Miyano	34	7.5	5000		8	Miyano	2150*1290	2700
	NISSIN Machine Co., Ltd.	450	-	10000		28	CNC	2100*2885	6200
Німеччина	Optimum	30	3,7	3100		-	CNC	1130*910	490
	CHIRON	280	22.5	12000		24/40/60	Siemens / Heidenhain	-	-
	Smata	250	16	4000		36	-	1250x800 350x60x400	1000
	Makino	200	15	3500		60	Fanuc 6M	630x630	12000
США	DT-1	30	11.2	15000-20000		-	NGS	660*381	120
	SMiniMill	-	11.2	10000		10		730*305	-
	LIEBHERR	60	-	7000		1	-	-	-

Продовження табл. 1									
Швей- царія	Aciera	Cu25V	250	15	50...4000	32	-	700x400 500x310x410	-
Італія	Olivetti	Auctor- 400	-	12	45...4000	30	-	650x500 500x400x350	-
	Mandelli	Regent 1001	-	14	20...3000	40 і більше	-	770x700 1450x840x 200	-
	Comou	MSR-T20	-	15	20...2000	48/65	-	800x1000 1500x1500x 1500	-
Франція	Huron	MX-4	440	20-25	24000	36	-	-	-

Основні дані ТОЦ з мікропроцесорними системами управління

Таблиця 2

Країна, фірма, завод-виготовник	Модель	Максимальний діаметр обробки прутка, мм	Максимальний габарит обробляємої деталі, мм	Найбільше переміщення по осях координат X,Y,Z	Потужність головного приводу, кВт	Частота обертання, хв ⁻¹		Робоча подача, мм/хв	Кількість інструменту	Тип системи ЧПК	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
						шпинделя	Інструменту в револьверній головці					
ФРН												
Traub	TNS-42	42	450*490	X=160 Z=490	27	28...5600	2500	0.1-10000	12/6	Traub T2000	2500*1950	4000
	TNS-60	60				36...7000						
Monforts	VNC-600-4	80	520*600	X=290 Z=700	30-60	18...4000	3а замовленням	1...10000	12+6	NHC Sinamzrik 31	-	-
Rambold	EV-3D	38	200*100	X=250 Z=280	11	130...5500	120...1750	2400	12/12	GE 101050 HLX	2550*1070	3200
Index	GE 42	42	175*360	X=160 Z=488	22	31.5...5000	2500	2400	14/4	-	3010*1850	3540
	GE 65	-30	130*200	X=100 Z=80 X=200 Z=120	10.5	До 7500	До 3000		12+8+3 або(6+4)		2000*	3000
	GE 30-										1680	
Японія												
Ikegai	AT20	65	-	X=200 Z=400	15	160...4000	125...3150	1...4800	12/12	-	3300*3600	4500
	FT20					40...3500						
	AT25											
	FT25											
Mazak	PMЦ-3000U	81	520*620	X=290 Z=700	11	2400	3000	1-3000	12/6	CNC Mazatrol	5000*4000	6000

Основні напрямки розвитку одиничних модулів - збільшення їх технологічних можливостей у результаті збільшення обсягу інструментальних магазинів і способів кріплення деталей, зниження втрат допоміжного часу за рахунок удосконалення транспортно-завантажувальних пристроїв, уніфікації окремих елементів верстатних модулів (управляючих і транспортно-накопичувальних систем). Це сприяє широкому застосуванню модулів при створенні гнучких систем витого рівня.

При створенні гнучких систем найбільший ефект можна отримати, використовуючи агрегатно-модульний принцип побудови технологічного та допоміжного обладнання. Цей принцип має такі переваги: збільшення гнучкості при побудові компонентів і систем у цілому, перехід до типового проектування, що скорочує обсяг і строки розробки конструкторської документації; скорочення строків створення комплексів унаслідок запуску у виробництво основних його уніфікованих елементів паралельно з розробкою конструкторської документації; зниження вартості виготовлення уніфікованих елементів на спеціалізованих заводах; розширення обсягу робіт з автоматизації виробництва в машинобудуванні залученням потужностей заводів - споживачів для складання та монтажу агрегатів і систем з уніфікованих елементів; підвищення надійності роботи гнучких систем у зв'язку із застосуванням апробованих конструкцій уніфікованих елементів.

Агрегатно-модульний принцип базується на системному підході, який передбачав одночасний аналіз та узагальнення більшості відомих задач з автоматизації даного виробництва [2, 10, 68, 71, 73, 81, 102, 110, 111]. Розроблюється комплекс технічних засобів, що функціонально доповнюють один одного та дають можливість komponувати на них широку номенклатуру автоматизованого обладнання, яка забезпечує виконання будь-якої окремої задачі. Водночас має бути розроблений комплекс організаційно-технічних заходів, що дають можливість виготовляти, комплектувати, ефективно експлуатувати та ремонтувати ці технічні засоби.

Тут йдеться не про традиційні агрегатні металорізальні верстати спеціального призначення, а про елементи агрегування нового покоління, на базі яких можна побудувати агрегатні верстати.

Основні уніфіковані елементи верстатів, що управляються за числовою програмою: ті, що виконують взаємне просторове переміщення інструменту та оброблюваної деталі - столи прямолінійного та кругового переміщення; ті, що забезпечують необхідну швидкість і силу різання - шпиндельні бабки. Переналагоджування верстата для обробки різних деталей полягає у змінюванні довжини шляху та швидкості (подачі) взаємного переміщення ріжучого інструмента й оброблюваної деталі, змінюванні

режимів обробки (швидкості та сили різання), а також у замінюванні ріжучого інструмента.

Основна особливість уніфікованих елементів верстатів нового покоління - спроможність управляти їх роботою від пристроїв з ЧПК. Це й забезпечує швидке автоматичне переналагоджування верстатів, зібраних з цих елементів, на обробку інших деталей. Верстати, що складаються з уніфікованих елементів, якими управляють за числовою програмою пристрої ЧПК, називають агрегатними верстатами з ЧПК.

Типове компонування агрегатного верстата з ЧПК показано на рис. 9 [22].

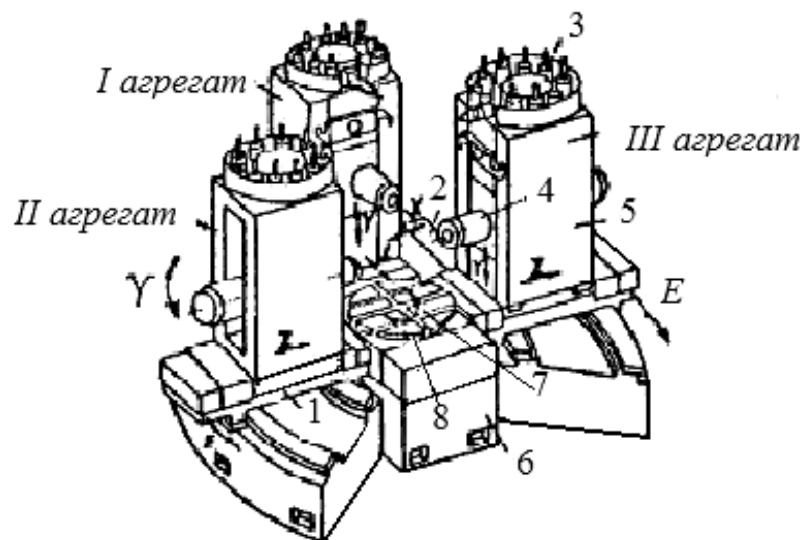


Рис. 9 Агрегатний верстат з ЧПК

Верстат складається з уніфікованих вузлів: поворотного стола 8; центральної станини 6; арочного стояка 5 із вмонтованою шпиндельною бабкою 4 (три стояка). На кожному стояку розміщено механізм 3 автоматичної зміни інструмента, хрестовий стіл 2 та два хрестово-поворотних стола 1. Оброблювану заготовку закріплюють на планшайбі поворотного стола, встановленого на центральній станині, та обробляють з трьох боків одночасно трьома силовими агрегатами. На кожному агрегаті заготовка переміщується по трьох координатах. На всіх трьох силових агрегатах шпиндельні бабки переміщуються по напрямних стояків у вертикальному напрямі (координати Y). Стояк із шпиндельною бабкою на I агрегаті встановлений на хрестовому столі та переміщується у напрямках осі шпинделя (координата Z) та перпендикулярно до цього напрямку (координата X). На II та III агрегатах стояки із шпиндельними бабками встановлені на хрестово-поворотні столи та переміщуються в напрямі осі шпинделя (координата Z) та по дузі, центр якої збігається з віссю планшайби поворотного стола (координата E). Можливість переміщення по координаті E дає змогу змінити кут між осями трьох шпинделів та

одночасно трьома агрегатами обробляти поверхні, розташовані на заготовці під різними кутами. Кожний силовий агрегат оснащений інструментальним магазином і механізмом автоматичної зміни інструмента. На верстаті можлива автоматична комплексна обробка за один установ. Отже, агрегатні верстати з ЧПК належать до класу обробних центрів.

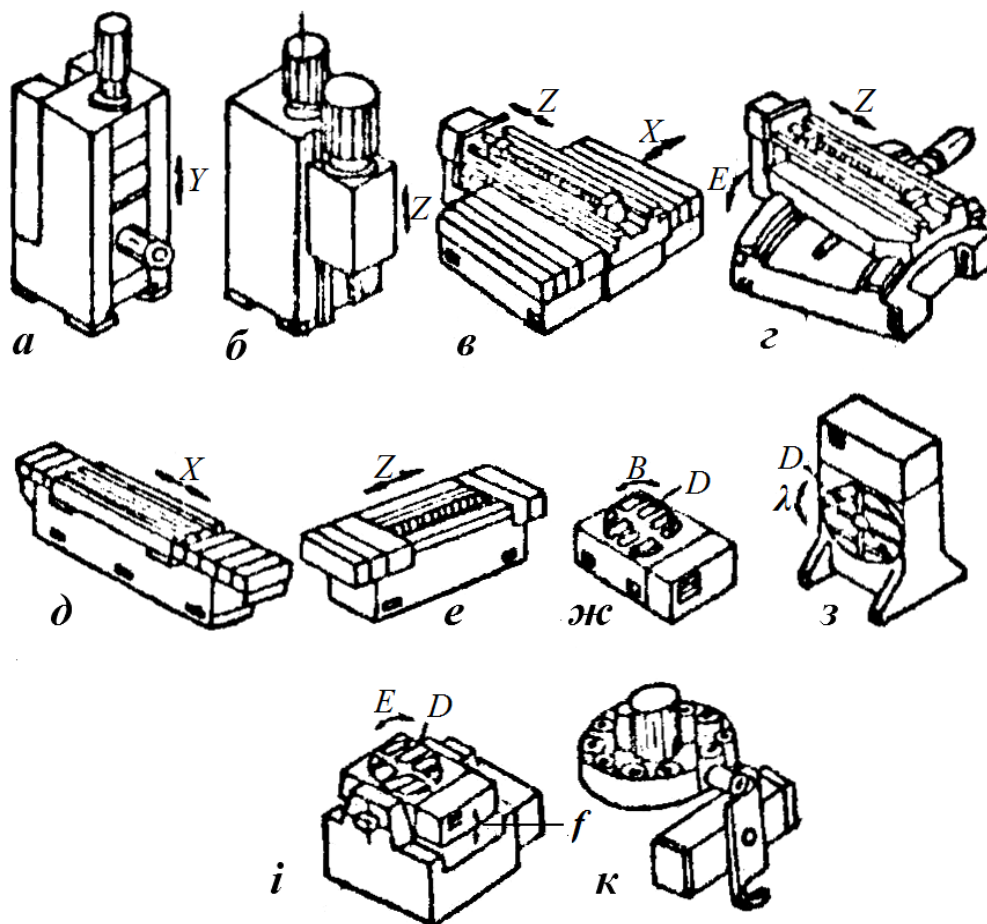


Рис. 10. Уніфіковані вузли агрегатних верстатів з ЧПК:

а - стояк з горизонтальною шпиндельною бабкою; б - стояк з вертикальною шпиндельною бабкою; в - стіл хрестовий; г - стіл хрестово-поворотний; д - стіл поздовжній; е - стіл поперечний; ж - стіл поворотний з вертикальною віссю обертання; з - стіл поворотний з горизонтальною віссю обертання; і - стіл поворотно-нахилений; к - механізм автоматичної зміни інструмента

В основу компонувань агрегатних верстатів з ЧПК покладені уніфіковані вузли (рис. 10), що включають у себе стояки зі шпиндельними бабками, поворотні, прямолінійні та хрестові столи, механізми зміни інструмента. На розроблених десяти типах уніфікованих вузлів можна виконати до тридцяти різних компонувань верстатів, типові варіанти яких показані на рис. 11.

Існуючі ГВС за складом обладнання, ступенем автоматизації технологічного процесу та конструкторсько-технологічними характеристиками оброблюваних деталей можна умовно розподілити на три групи [1, 13, 22, 23, 68, 73, 75, 81, 84, 100, 102].

До першої групи належать ГВС що організовані за принципом ділянок механічної обробки серійного та дрібносерійного виробництва.

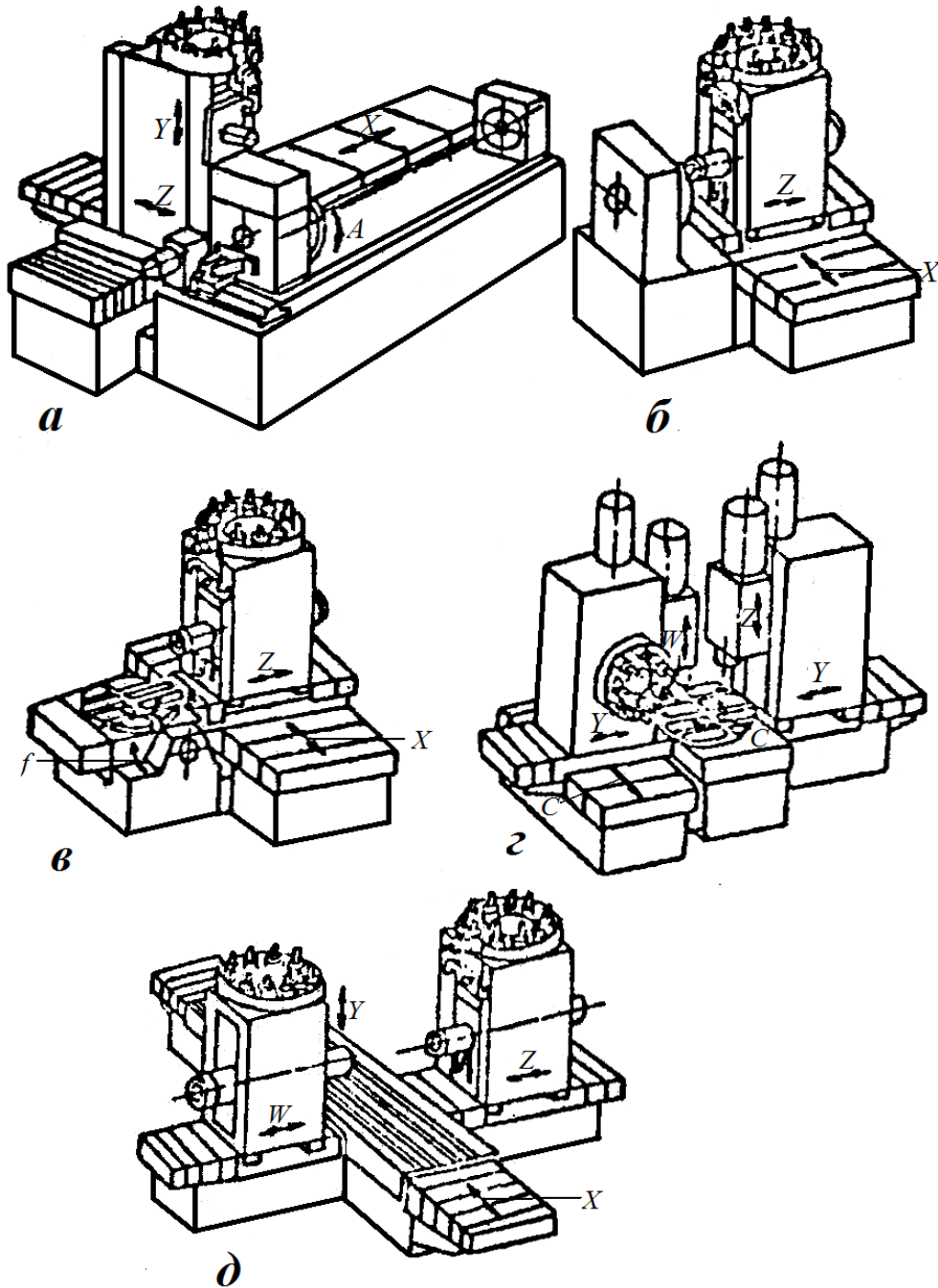


Рис. 11. Типові компонування агрегатних верстатів з ЧПК:
а, б - верстати типу АТПВ-1.3; в - верстат типу АТПН – 1.3; г - верстат типу АГП - 2.3;
д - верстат типу АГПР-2.2

У ГВС входять верстати з ЧПК, що забезпечують обробку деталей згідно з технологічними вимогами. Припускається включати також універсальні та спеціалізовані верстати. Управління здійснюється від ЕОМ, що забезпечує роботу транспортних пристроїв та постачання верстатів з ЧПК управляючими програмами. Переналагоджування на обробку деталей іншого найменування виконують оператори.

До другої групи належать ГВС, що призначені для обробки невеликої групи деталей, однорідних за своїми конструкторсько-технологічними ознаками. Обробка виконується за груповим маршрутним технологічним процесом. Єдині для всієї групи технологічні маршрути дають можливість спеціалізувати обладнання за видами обробки або за типами оброблюваних деталей, що сприяє підвищенню ефективності обладнання з ЧПК.

До складу такої групи можна вводити агрегатні багатошпиндельні верстати з ЧПК або верстати, оснащені багатошпиндельними насадками.

До третьої групи належать багатофункціональні ГВС, що призначені для обробки деталей широкої номенклатури дрібними партіями. Вони мають оснащуватись обладнанням, здатним перебудовуватися на виготовлення інших деталей без зупинки виробництва. Цій вимозі найповніше відповідають багатоцільові верстати з широкими технологічними можливостями. При експлуатації ГВС цієї групи найважливіша задача - раціональне завантаження обладнання при повному використанні його технологічних можливостей. В такому випадку доцільніше використовувати однотипне обладнання. Це дає змогу зберігати працездатність ГВС при виході з ладу частини верстатів, а також відлагоджувати технологічні процеси та нові програми без зупинки роботи обладнання.

2.2. Автоматизована транспортно-складська система

Автоматизовані транспортно-складські системи (АТСС) ГВС взаємопов'язують технологічне обладнання, заготівельні ділянки, склади та ділянки готової продукції. АТСС складається з таких основних елементів: транспортного пристрою (системи), перевантажувальних пристроїв, накопичувачів, автоматизованих складів та обладнання, то обслуговує склади.

Розрізняють такі способи транспортування заготовок у ГВС: роздільний (на піддонах-держаків, супутниках), накопичувальний (магазин, накопичувальний піддон), комбінований. Способи накопичування заготовок поділяються на централізований, децентралізований, комбінований.

Потік заготовок організовують трьома способами: з одним транспортним пристроєм (рис. 12,а); з кількома транспортними пристроями

(рис. 12,б); з конвеєром, який безперервно рухається (рис. 12,в) [50, 51, 52, 53, 97].

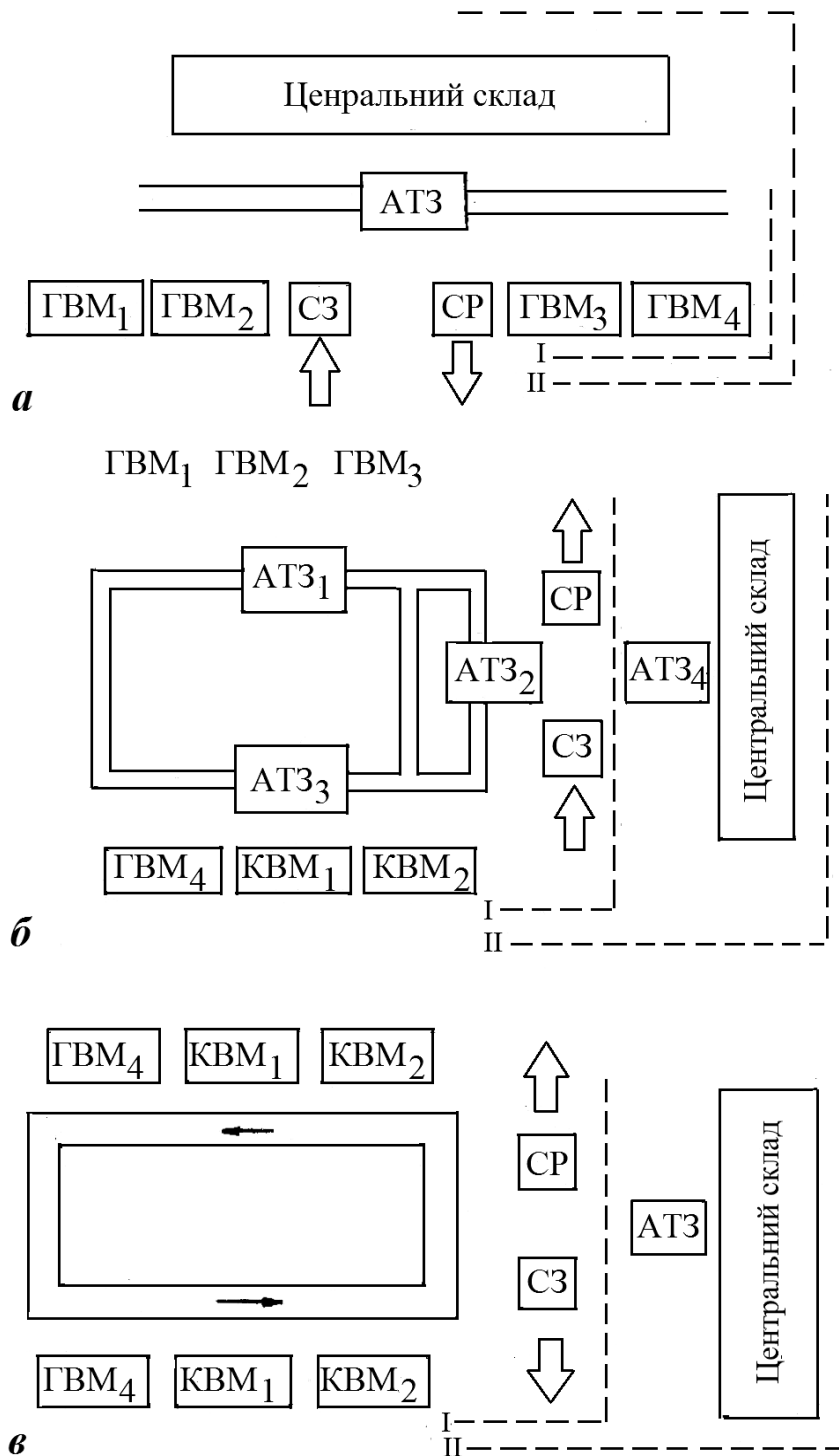


Рис. 12. Способи організації потоку заготовок:
 АТЗ - автоматизований транспортний засіб; ГВМ - гнучкий виробничий модуль;
 СЗ - секція завантаження; СР - секція розвантаження; КВМ - контрольно-вимірвальна машина

На рис. 12 варіант I відповідає децентралізованому нагромадженню заготовок, варіант II - комбінованому, а стрілки вказують відповідно вхідний і вихідний матеріальні потоки в систему.

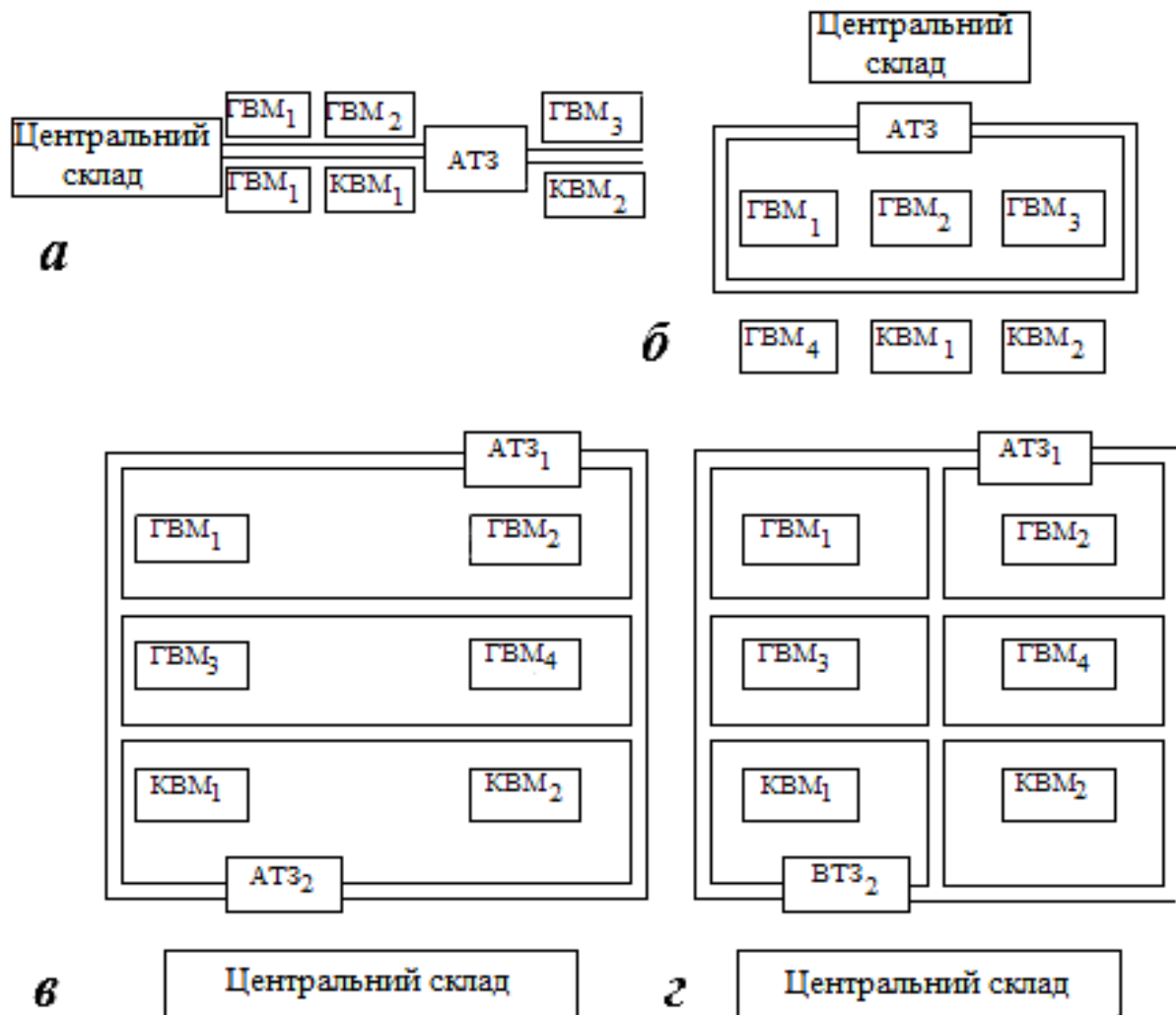


Рис. 13. Види транспортних систем ГВС

За принципом організації вантажопотоків виділяють транспортні системи: з прямою трасою обслуговування (рис. 13,а), із замкненою трасою обслуговування (рис. 13,б), з розгалуженою трасою (рис. 13,в), з трасою матричного типу (рис. 13,г) [22; 50, 95, 97].

Транспортні системи з прямою трасою обслуговування використовують при лінійному чи лінійно – паралельному розташуванні ГВМ, що обмежує гнучкість ГВС [97].

Системи із замкненою трасою обслуговування мають більшу гнучкість, ніж з прямою, і дає можливість застосовувати одночасно кілька транспортних засобів, що додатково підвищує гнучкість системи.

Транспортні засоби з розгалуженою трасою необхідні при багаторядному розташуванні ГВМ і виконанні одним транспортним засобом кількох функцій, наприклад забезпечення заготовками, інструментом, прибирання відходів тощо.

Транспортні системи з трасою матричного типу забезпечують ГВС найбільшу гнучкість і короткі транспортні переміщення при багаторядному розташуванні ГВМ.

Автоматизовані транспортні засоби виконують такі функції: отримання заготовок зі складів та автоматичне транспортування їх до заданого робочого місця; завантаження робочих місць необхідними заготовками; розвантаження робочого місця та транспортування виробів на наступне робоче місце чи склад; планування оптимальних маршрутів; обслуговування робочих місць за заданим критерієм якості; згідно з переліченими функціями транспортні засоби мають задовольняти таким вимогам: підмикатись до основного технологічного обладнання (ОТО) без великих змін його стандартної конструкції; компонуватися незалежно від верстата, уникаючи передачу йому вимушених коливань; замінювати деталі, що оброблюються на верстаті, забезпечуючи при цьому високу точність установки; маніпулювати необробленими та оброблюваними деталями для повної їх обробки; забезпечувати вільний доступ оператора до основних робочих органів верстата.

Транспортне обладнання АТСС може бути двох видів: стаціонарні конвеєри (стрічкові, ланцюгові, рольганги, одно -, багаторядні та ін.) та транспортні роботи (робокари, пересувні візки, промислові роботи наземного, підвісного типу та ін.).

Конвеєрні транспортні засоби потребують збільшення витрат матеріалів та обсягу робіт з виготовлення металоконструкцій, знижують гнучкість виробництва, сприяють більш ущільненому розташуванню ОТО за рахунок зменшення відстані між станками. Недоліки наземних конвеєрів: громіздкість, обмеження доступу до верстатів, необхідність устаткування кантувачів і перевантажувачів.

Конвеєрні пристрої доцільно застосовувати при обробці деталей великими партіями при насиченому потоці подачі заготовок до обмеженої кількості робочих місць. Підвісні конвеєри застосовуються обмежено, через те що вони перешкоджають роботі мостових кранів. Їх використовують в основному для транспортування інструмента.

Прогресивною є блочно-модульна конструкція конвеєрних систем [1, 16, 32, 56, 57, 59, 61, 68, 110, 112]. Вона дає можливість складати будь-яку матрицю з транспортної системи й обслуговувати і окремий верстатний модуль, і кілька верстатних модулів у системі. Конвеєрна система (рис.14) складається з окремих блоків 2 різного призначення, конвеєрів 3-6 різної

довжини і може використовуватися для обслуговування багатоцільового верстата 1 і накопичення необхідної кількості заготовок.

Досить широко в конвеєрних системах застосовуються рольганги, оскільки при використанні в транспортній системі завантажуючих, відвідних і буферних напрямних, побудованих за принципом гравітації, не витрачається енергія на переміщення матеріалів.

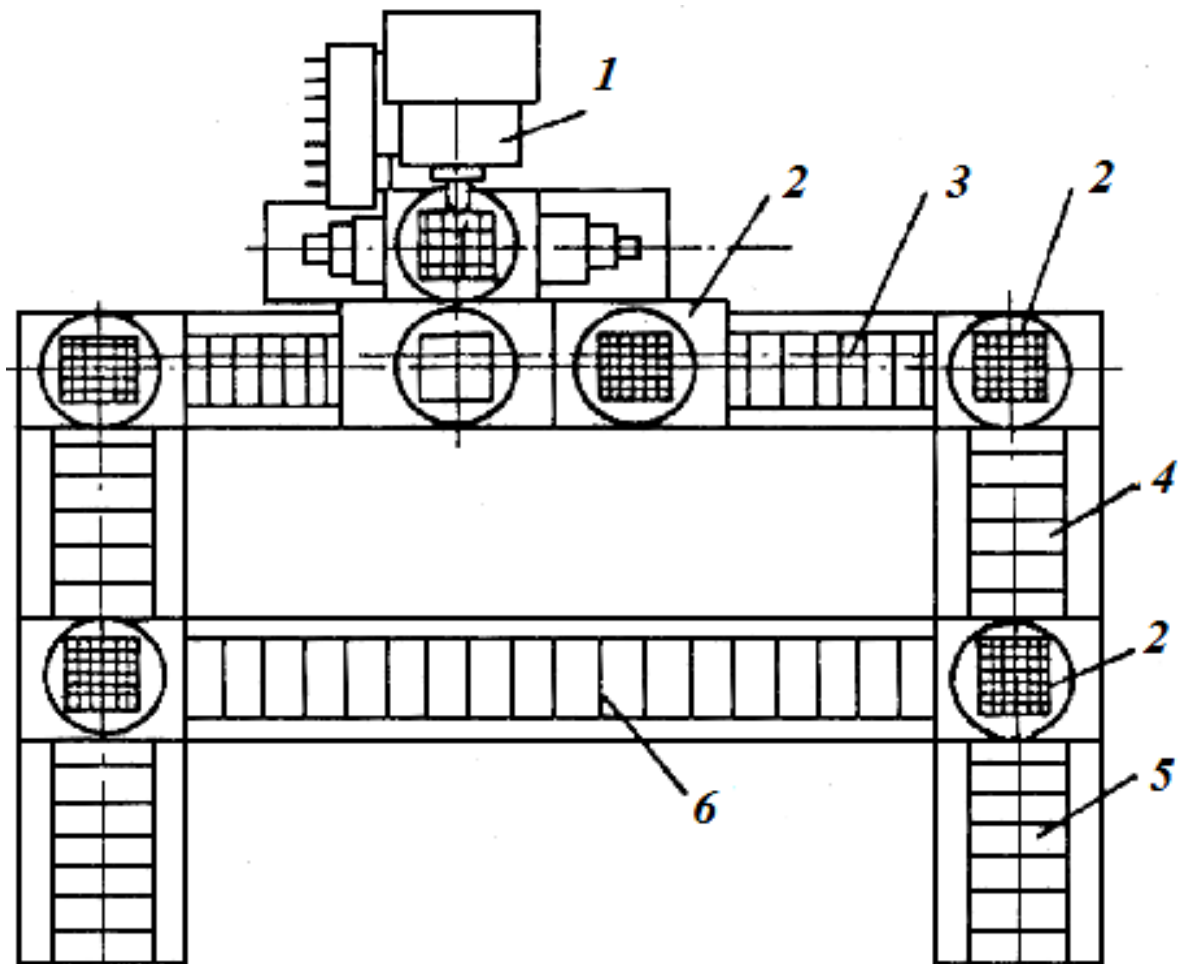


Рис. 14. Блочно-модульна конструкція конвеєрної транспортної системи

Рольганги забезпечують високу надійність транспортних зв'язків, прості у виготовленні і можуть виконуватися на базі конвеєрного обладнання, яке застосовується в промисловості.

Основні недоліки конвеєрних систем: обмежена гнучкість і складність переналаджувань при змінюванні об'єкта транспортування.

Транспортні роботи, що застосовуються в АТСС, мають високу гнучкість маршруту прямування, невеликі габаритні розміри та інші переваги. Класифікація транспортних роботів, що використовуються в ГВС, показана на рис. 15.

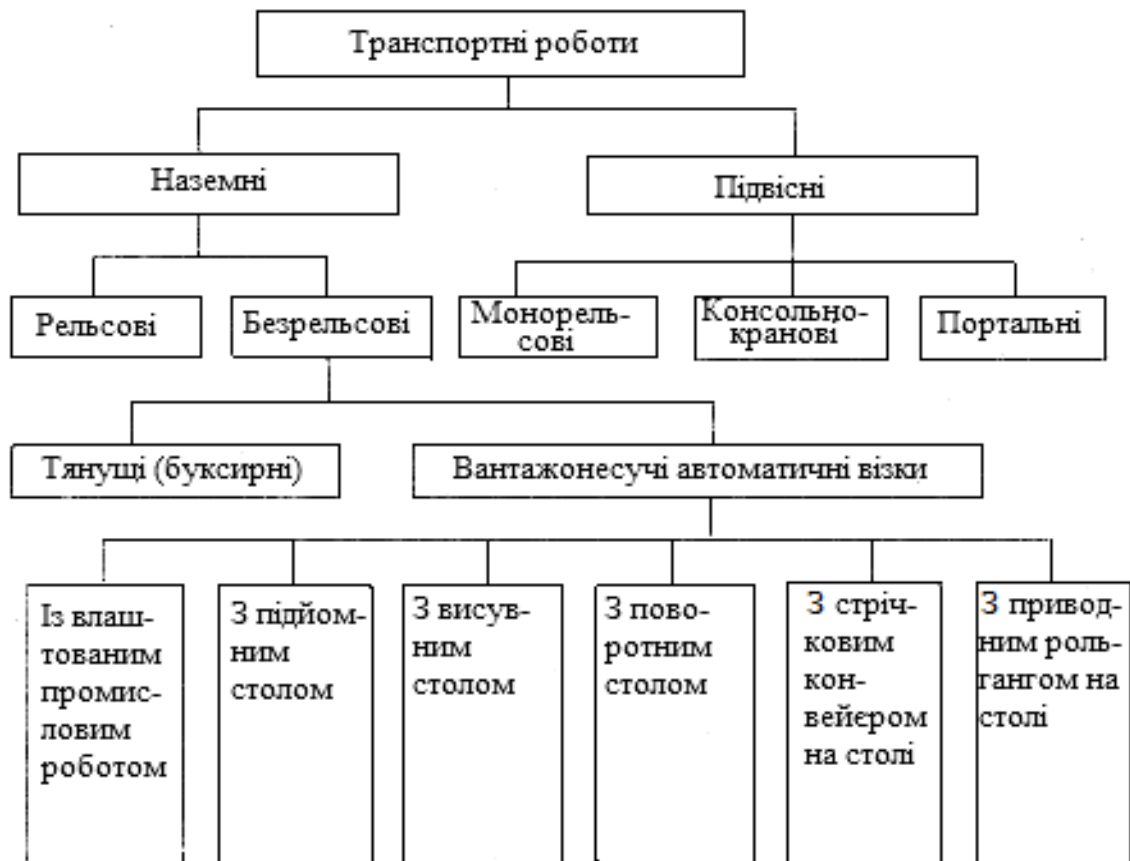


Рис. 15. Класифікація транспортних робіт

Транспортні роботи бувають між- та приверстатними.

Як міжверстатний транспорт використовують роботи наземного, Підвісного типу та роботовізки (робокари). Технічні характеристики наземних транспортних робіт наведені в табл. 3.

Джерелом енергії в роботах є акумуляторні батареї, вид привода електромеханічний. Пристрої управління створені для моделі Телер 20/500 на базі ЕОМ „Електроніка-80”, для моделі ТВР-500 - УВКМ-500, для решти - на базі ЕОМ „Електроніка - 60М”. Способи навігації для моделі Телер 20/500 - реперні точки, віддзеркалений промінь, для моделей МП-14Т, МП-15Т, МП-18Т - по реперній лінії, для решти моделей - по світловідбиваючій смугі. Тип навігаційних датчиків для Телер 20/500 - оптичний, для МП-14Т, МП-15Т, МП-18Т - фотодатчики на ЛПЗС, для решти - лінійки дискретних фотодатчиків. Робот моделі ТВР-500 (рис. 16) (виготовлювач - ВО „Конвейер”) призначений для автоматизації завантаження (розвантаження) підвісних конвеєрів навішуванням (зніманням) вантажу в уніфікованій стандартній тарі на підвіску (із підвіски) підвісного конвеєра та встановлення її на поворотний стіл або в стелаж-накопичувач, а також для роботи із стелажними кранами-штабелерами та обслуговування технічного обладнання.

Технічні характеристики наземних транспортних роботів

Таблиця 3

Параметр	Trumpf C 60	МП-12Т	МП-14Т, МП-15Т	МП-137	«Електроник» НЦ-ТМ-2,5	«Електроника» КЦ-ТМ-1,5	ТВР-500
Вантажопідйомність, кг:							
шасі	800	400	700	700	500	500	500
маніпулятора	40	15	30	60	250	50	-
Габаритні розміри, мм	2200*1800*1150	1900*1700*1000	2000*1900*1050	2000*1600*1050	2000*290*700	2000*1500*700	2200*980* 1925
Маса, кг	750	450	530	590	490	510	1300
Швидкість пересування, м/с	0,45	0,7	1,0	0,8	0,8	0,6	-
Радіус повороту, м	0	1,5	0,1	0,1	0,5	0,5	-
Похибка позиціонування, мм							
поздовжня	±7	±10	±5	±5	±20	±20	±5
поперечна	±3	±10	±3	±3	±5	±5	±5
кутова	1,5°	2°	2°	2°	2°	2°	-
Переміщення/швидкість/за степенями рухомості маніпулятора:							
поворот, град/с	±170 /0...90/	±165 /0...90/	±165 /0...90/	±165 /0...12/	±90	±165 /0...120/	-
підйом, м	0,6 /0...0,5/	0,4 /0...0,5/	1,2 /0...0,2/	0,6 /0...0,5/	0,6 /0...0,5/	0,5 /0...0,5/	2,1
висування, град/с	0,8 /0...0,7/	0,8 /0...0,7/	1,0 /0...0,5/	1,0 /0...0,8/	-	1,0 /0...0,5/	0,92
ротація захвата, м/с	±170 /0...90/	±165 /0...12/	±155 /0...120/	±165 /0...120/	-	±165 /0...0,5/	-
Час безперервної роботи, год	18	3	10	10	3	2	-

Він переміщує вироби на відстань до 60 м. Кількість рухів, що програмуються і одночасно управляються, - три. Ємність пам'яті системи управління - 64 Кбайт, кількість команд у програмі - 255, програм - п'ять.

Адаптивне управління дає можливість збирати та обробляти інформацію з датчиків, пристроїв системи адресування, постів і пультів управління; доставляти вантажі до робочих місць згідно з технологічним процесом або заданою адресою; синхронізувати транспортно-технологічним обладнанням; контролювати працездатність комплексу технологічних засобів, аварійну сигналізацію та відновлення системи управління після усунення аварій.

Датчики несправності забезпечують перевірку працездатності таймера, постійно запам'ятовуючого пристрою та пристрою зв'язку з об'єктом; контроль вхідної та вихідної інформації за допустимими граничними значеннями, наявності заборонених кодових комбінацій; логічні протиріччя окремих даних. Середнє напруження роботи на відмову - 668 год.

Підвісні транспортні роботи призначені для завантаження та розвантаження підвісного вантажонесучого конвеєра без зупинки навішуванням або зняттям підвіски з набором вантажів на гак вантажної каретки або на інше технологічне обладнання. Технічні характеристики цих робіт наведені в табл. 4. Схематичне зображення робота типу МАК-2-320 показано на рис. 17.

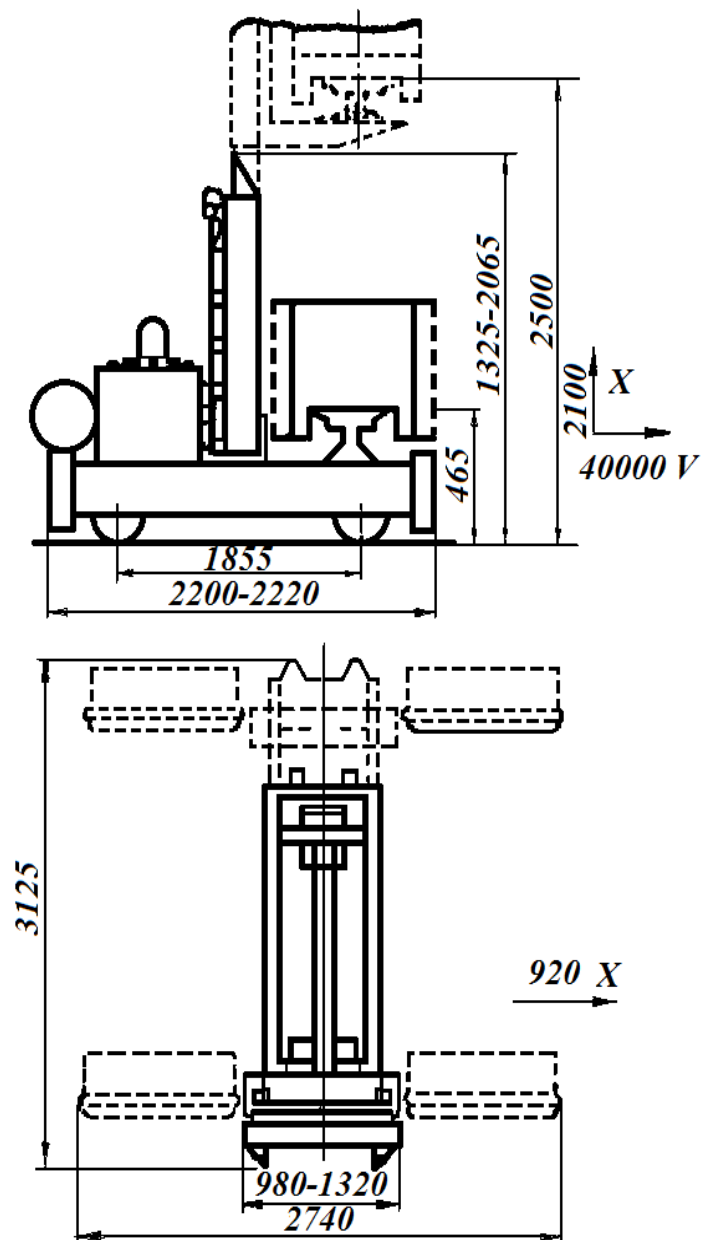


Рис. 16. Транспортний робот напольного типу

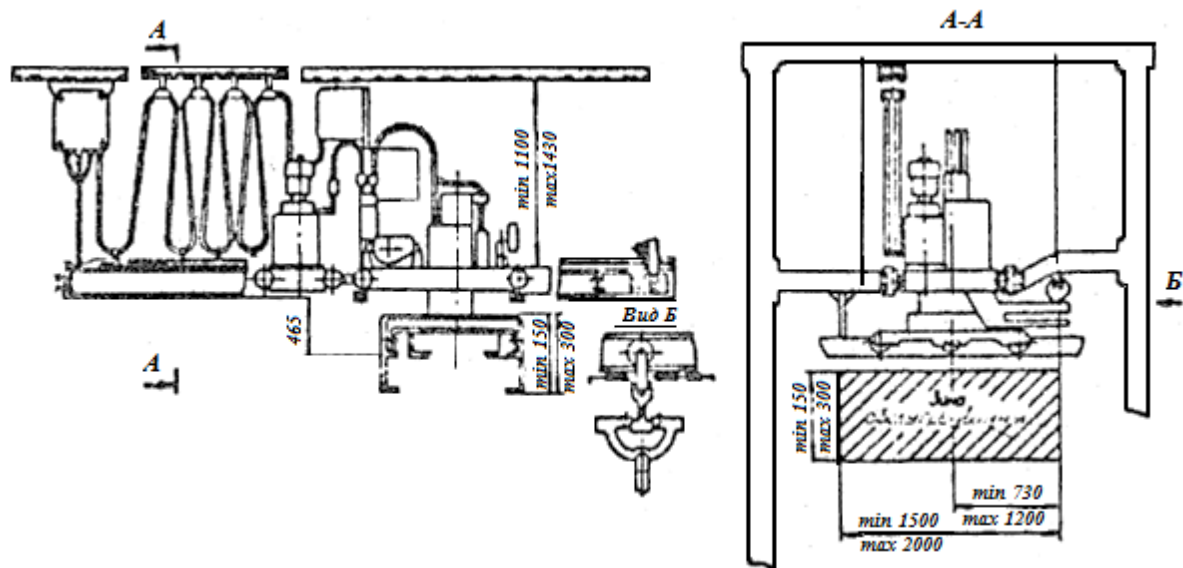


Рис. 17. Транспортний робот підвісного типу.

Таблиця 4

Технічні характеристики
підвісних транспортних роботів

Параметр	МАК-1-50АМ	МАК-2-320
1	2	3
Вантажопідйомність, кг	50	320
Похибка позиціонування робочого органу, мм	±3	±3
Число ступенів рухомості	4	3
Лінійні переміщення маніпулятора, мм		
по осі X	500	-
по осі Y	2500	-
по осі Z	1000, 800, 600	-
Кутове переміщення захвату, град	90	-
Вид привода	гідравлічний	-
Вид управління	позиційний	-
Модель пристрою управління	УВКМ-201, УВКМ-202 (на базі ЕОМ СМ-1800)	-
Число програмованих координат	3	1
Число рухів, що управляється одночасно за ступенями рухомості	1	1
Ємність пам'яті, Кбайт	4	8
Число команд у програмі Число каналів зв'язку із зовнішнім обладнанням	255	-
на вхід	64	64
на вихід	48	46
Спосіб програмування	Аналітичний	-
Середнє напруження на відмову, год	150	500

Таблиця 4. Продовження

Споживча потужність, кВт	3	3
Тиск у гідросистемі, МПа	5...6,3	-
Швидкість лінійних переміщень, м/с		
по осі X	0,1...0,3	-
по осі Y	0,1...0,5	-
по осі Z	0,2...0,7	-
Найбільша швидкість обслуговування конвейєра, м/с	0,267	-
Швидкість кутового переміщення захвату, град/с	30	-
Габаритні розміри, мм	2200*1720*/2455-2470/ 1600*1775*1985	-
Маса, кг		
робота	750	960
гідростанції	265	-
Ціна з системою управління, тис.грн.	30	30

Для організації міжверстатного транспорту широко використовуються автоматичні транспортні візки, що управляються від ЕОМ, - робокари. Вони мають суттєві переваги перед іншими роботами:

- невеликі габаритні розміри рухомого состава;
- гнучка структура, що змінюється залежно від технологічного процесу;
- високий рівень автоматизації при швидкому переналагоджуванні;
- низький рівень шуму;
- високі швидкості переміщення та гнучкість транспортних маршрутів;
- простота створення нових транспортних шляхів; автоматизація управління переміщенням і завантажувально-розвантажувальними операціями; широкий діапазон регулювання продуктивності (за рахунок введення додаткових транспортних засобів);
- повне вивільнення проїздів після проходження;
- високі енергоекономічність та автономність;
- екологічно чисті.

Робокар (рис. 18) - три - або чотириколісна платформа, на якій встановлені індивідуальний привод з електроживленням від акумуляторних батарей, електроавтоматика управління пристроїв вводу коду (адреси) прямування та пам'яті адрес, прилади для розпізнавання маршруту прямування та втримування візка від сходження з траси при русі, пристрою приймання затарених вантажів на візок 1 видачі їх з нього, а в разі необхідності - пристрою штабелювання та взяття вантажів із штабелів, система захисту від наїзду на перепони та включення різних приладів і пристроїв на трасі.

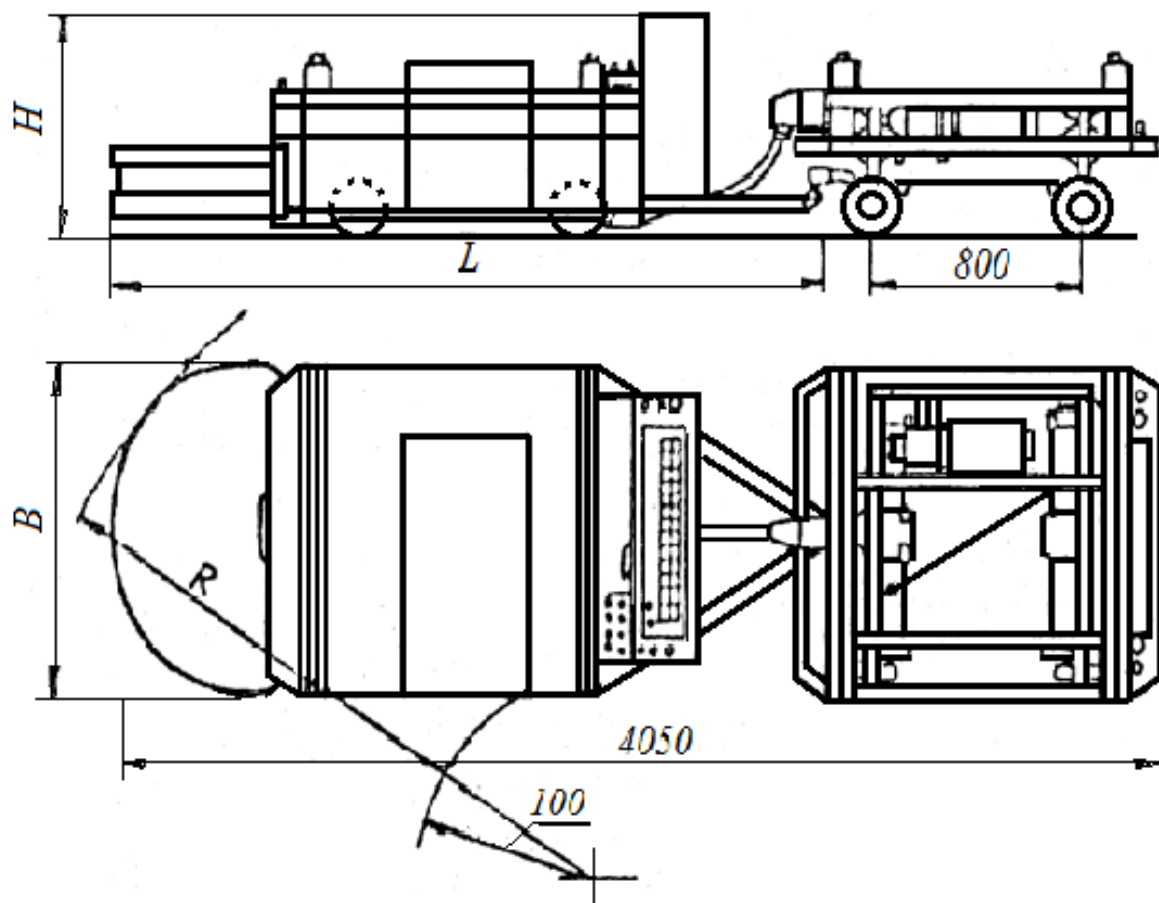


Рис. 18. Схематичне зображення робота

Як механізми переміщення найчастіше використовуються колеса, що приводяться в дію електродвигунами постійного струму та кроковими електродвигунами. Іноді роботар приводиться в рух за допомогою двох прецизійних крокових двигунів, що управляються незалежно.

У ГВС роботари управляються від бортової чи центральної ЕОМ, а траєкторія руху задається та регулюється за допомогою рейок, індуктивних шляхопроводів, а також оптичних смуг. Такі візки здатні обслуговувати обладнання тільки в межах прокладеної траєкторії.

Системи маршрутопрямовання роботар можуть бути механічними (з напрямним роликком або додатковим колесом), індуктивними, радіокерованими та оптоелектронними.

В оптоелектронних, у свою чергу, використовуються флюоресцентна смуга та датчики, що працюють в ультрафіолетовому спектрі, світловідбиваюча або біла смуга з чорною окантовкою та контрастними датчиками двох кольорів.

Більшість транспортних засобів, що застосовуються у виробництві, використовують спрямовуючий магнітопровід індуктивного типу.

В умовах малої частоти транспортування та високого завантаження транспортних одиниць система з магнітопроводом найбільш економічна та має високу пристосовуваність до виробничих умов, що змінюються, при будь-яких об'ємно-планованих рішеннях приміщень. Єдина вимога їх застосування - наявність рівних підлог і забезпечення необхідної культури виробництва (відсутність на трасі металевих ошукрок, стружки тощо).

Система транспортування з індуктивним управлінням передбачає окрім рухомого складу генератори високої частоти закільцьовані контури транспортних маршрутів, датчики для зчитування та передавання інформації, що забезпечує переміщення рухомого складу за заданою адресою, центральний пульт управління, зарядну станцію для акумуляторних батарей.

Маршрут руху задається провідником (замкненим контуром). Провідник укладено в підлогу в канавці на глибині 20...32 мм і залито цементом (або іншим наповнювачем). Кількість маршрутів руху визначається кількістю прокладених по цеху замкнених контурів. Геометрія укладання провода для задання маршруту не обмежується.

У кожний контур від височастотного генератора подається змінний струм певної частоти (у більшості систем - 5...32 кГц). Уздовж провідника створюється змінне магнітне поле. Як чутливі пристрої використовуються дві електромагнітні котушки, які встановлюються в нижній частині візка. ЕРС, що наведена в котушках, передається в електронний пристрій порівняння, який при появі неузгодженості подає сигнал на електропривід рульового управління. Система постачається фільтрами для вибору частоти, що відповідає своєму маршруту.

Для зупинки (вручну або дистанційно) візка в закодованих пунктах і визначення його місцезнаходження на трасі на контурі, що задає маршрут руху, встановлюються датчики постійної інформації.

Структура програмного забезпечення складається з шести основних модулів: початкового запуску; управляючого; обміну інформацією з зовнішніми пристроями; відпрацювання переривання відбиття інформації; стандартних і прикладних програм. Транспорт з індуктивним управлінням виконується в таких варіантах; тягачі з причепними візками, візки з низьким підйомом вил, візки з різними вантажозахватними пристроями та візки-штабелери.

Болгарське підприємство „Інтрасмаш” постачає робокари-візки з підйомною платформою КН10М-01, з роликовою платформою КН10Р-01 та робокари-тягачі КТ10-01. Технічні характеристики робокар наведені в табл. 5.

Як приверстатний операційний транспорт використовуються різні промислові роботи. їх технічний рівень визначається вантажністю, видом

Технічні характеристики
робочар підприємства „Інтрасмаш”

Параметр	КН10М-01	КН10Р-10	КТ10-10
Вантажність, кг	1000	1000	-
Хід підйому, мм	60	-	-
Швидкість руху, м/с	1,0/0,3/0,3	0,25	1,0
Мінімальний радіус повороту, мм	1500	1500	1500
Тягова сила, кг	-	-	100

управління (цикловим, позиційним, контурним), способом програмування (за упорами, навчанням, аналітичним), ємністю пам'яті системи управління, типом приводе (пневматичним, гідравлічним, електромеханічним, електрогідравлічним), кількістю ступенів рухомості, швидкість переміщень. За типом основних координатних переміщень застосовувані в ГВС промислові роботи поділяють на такі групи: ті, що працюють у плоскій прямокутній системі координат (рис. 19) (портальні чи монтовані на передній бабці токарного верстата, що призначені для роботи в комплексі з одним верстатом); портальні з маніпулятором колінчасто-важільної конструкції, що працюють в ангулярній циліндричній системі координат (рис. 20) (призначені для обслуговування групи з трьох-шести верстатів, мають ЧПК); ті, що працюють у циліндричній системі координат (рис. 21); універсального типу, що працюють у сферичній (ангулярній сферичній) системі координат (рис. 22).

Промислові роботи компонуються з допоміжним обладнанням, яким використовуються тактові столи, магазини-накопичувачі та крокові транспортери. Тактові столи (рис. 23,а) призначені для транспортування деталей у зону захвата робота. Заготовку можна встановлювати безпосередньо на пластину стола чи на супутники. На рис. 23,б,в зображено схеми магазинів для деталей типу тіл обертання. Деталі 2 встановлюють на щоках І з ложементами. На багатоцільових верстатах для підвищення продуктивності застосовують спеціальні пристрої, що забезпечують автоматичну зміну оброблюваних заготовок. Це багато позиційні завантажуючі столи, на яких під час обробки однієї заготовки встановлюють і закріплюють наступну, що підлягає обробці. Усі використовувані системи автоматичної зміни заготовок передбачають застосування палет і завантажувально-розвантажувальних пристроїв. Для базування та закріплення палет на столі верстата передбачено вбудовані або накладні затискні елементи.

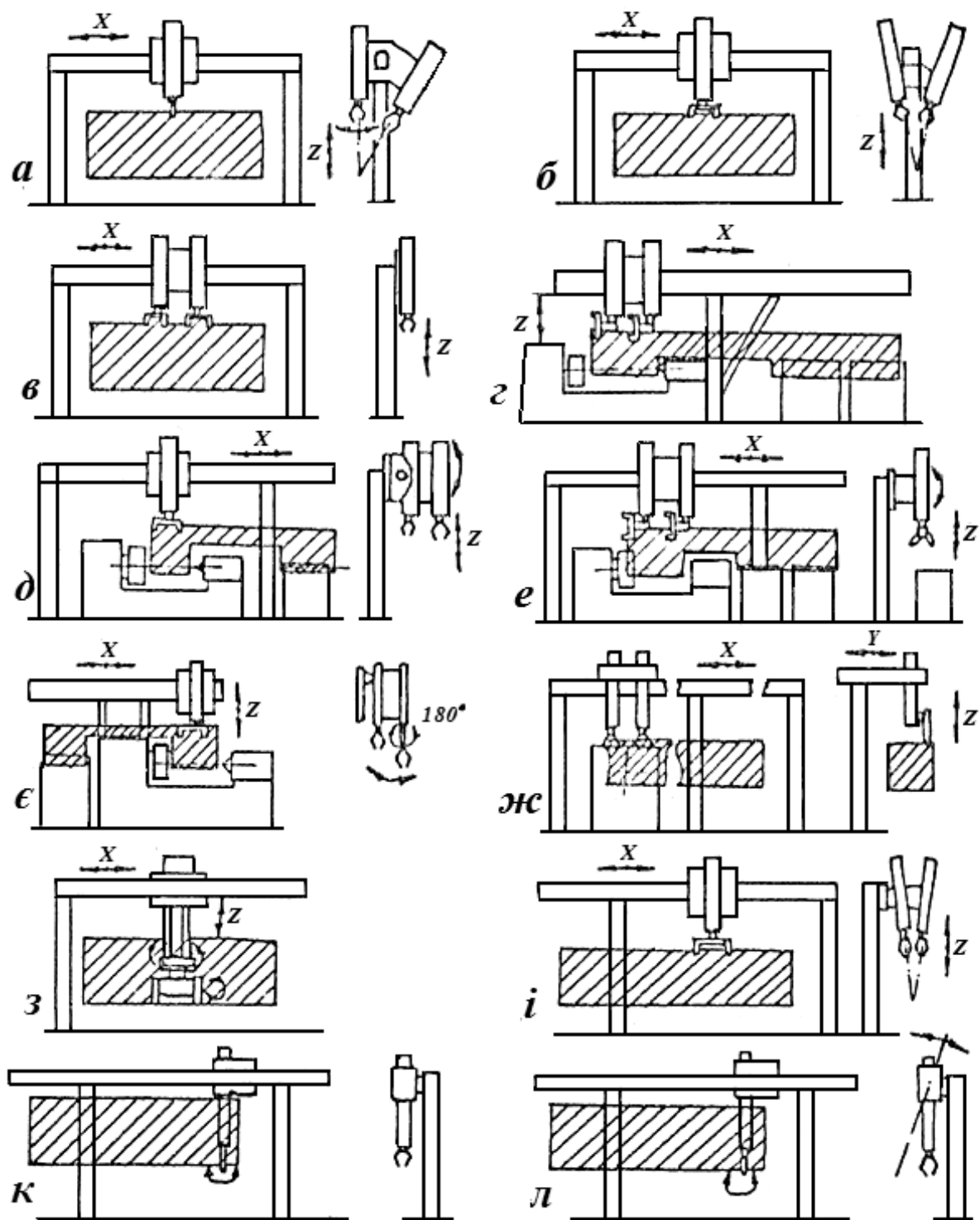


Рис. 19. Схеми промислових роботів з плоскою прямокутною системою координат:

а – М-21; б – М63-34, М40П.08.01; в – М63-54; г – МА80Ц05.15; д – МА80Ц49.01; е – МА80Ц49.25; е – СМ80Ц48.11, СМ80Ц.15; ж – РТП-25; з ІР2Р2(НДР); і – М63-02; к – МА80Ц2505; л – МА80Ц48І7

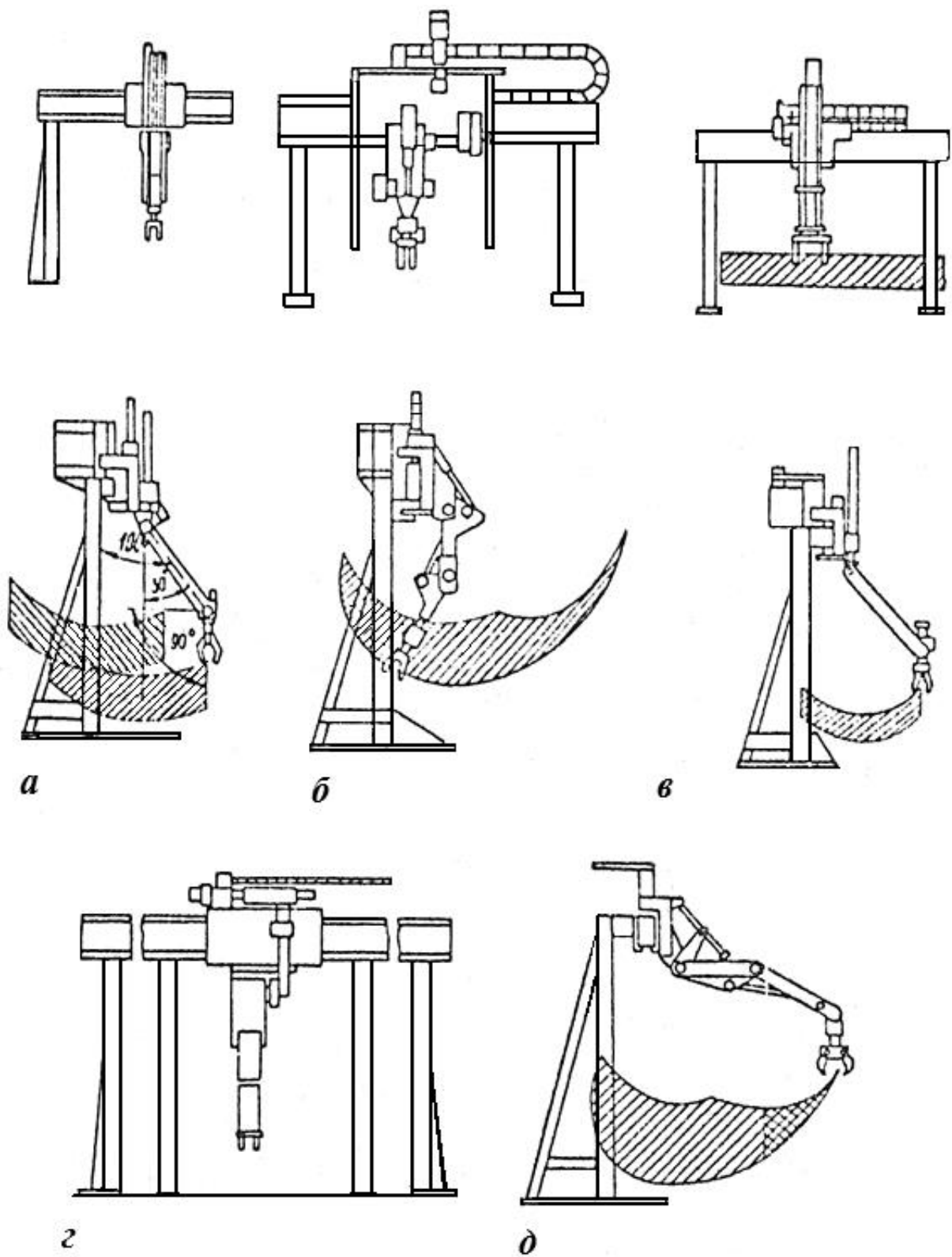


Рис. 20. Схеми порталних промислових роботів з маніпулятором колінчасто-важільної конструкції:
а - М40П.05.02; б - СМ40Ф2.80.0І; в - МА160П.51.01;
г - УМ160ОФ2.81.01; д - УМ160

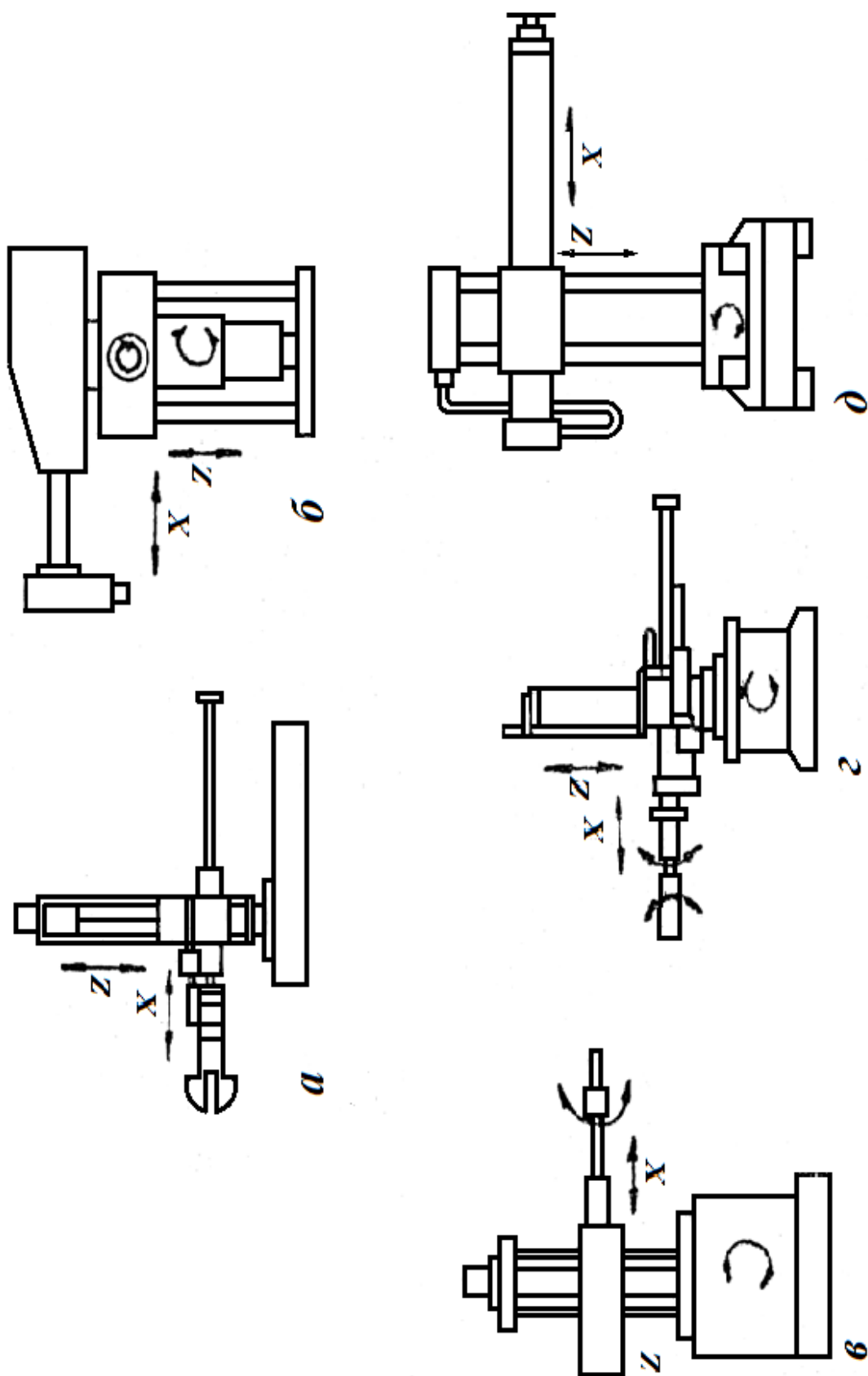


Рис. 21. Схеми промислових роботів з циліндричною системою координат: а – МР10 /НДР/; б – РМ-104; в – М20П.40.01; г – ІР5-15 /НДР/; д- РРАМ-01

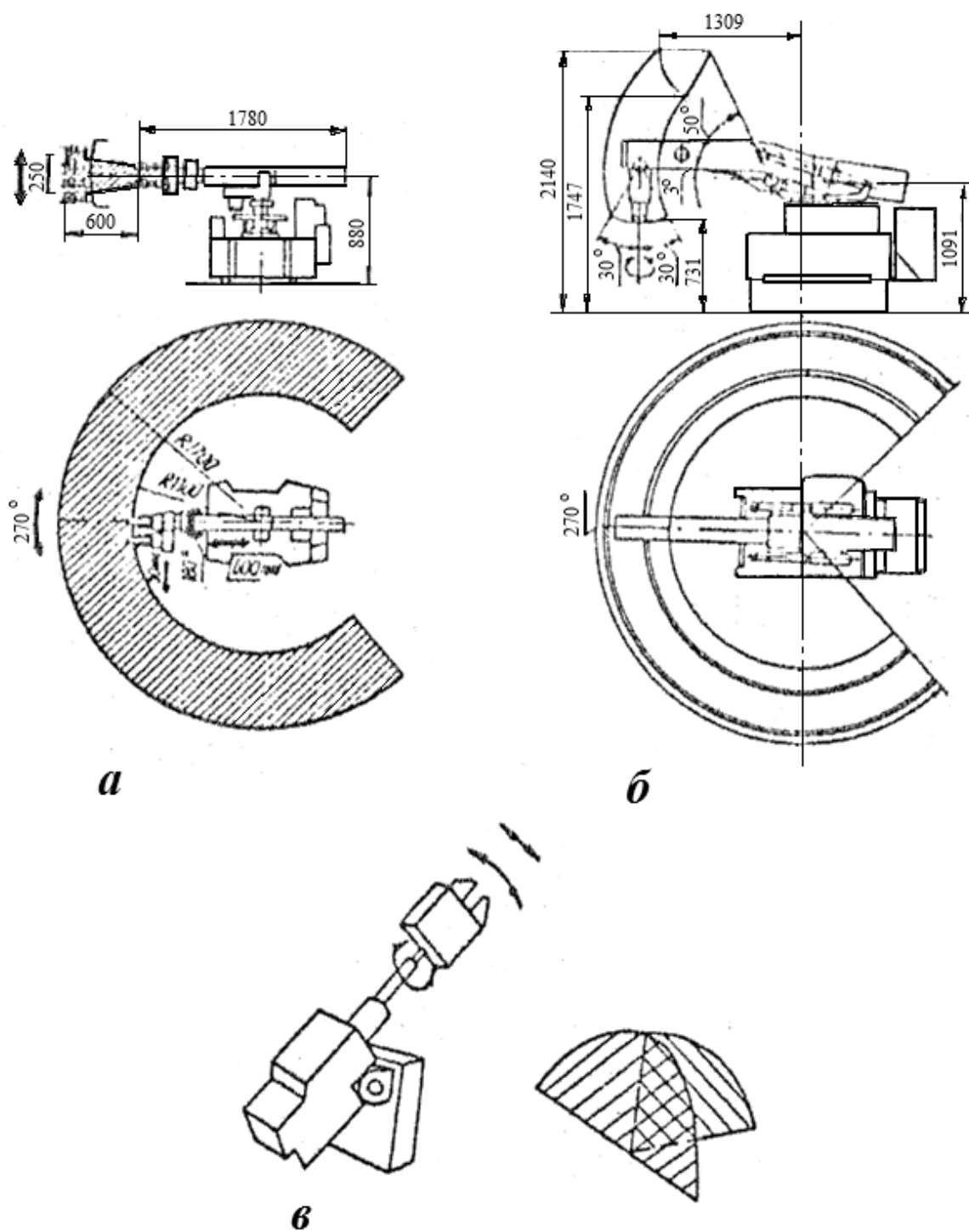
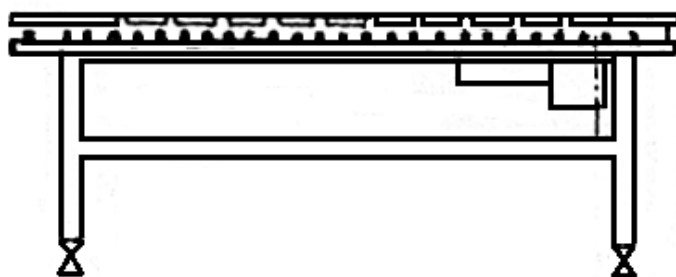
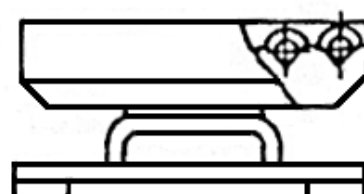
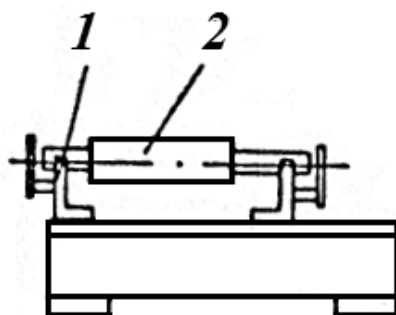


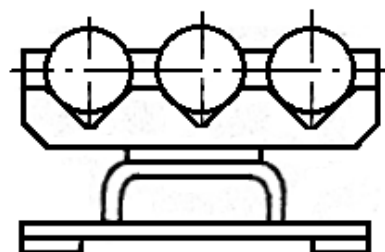
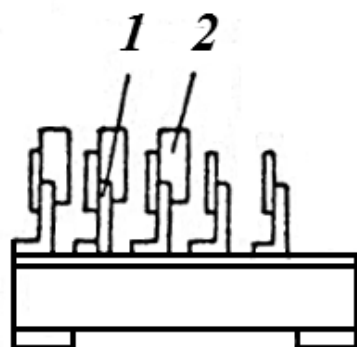
Рис. 22. Схеми промислових роботів із сферичною системою координат:
а – P505Б; б – PPO30Д /ПНР/; в – M10П.02.01



a



б



в

Рис. 23. Схеми: а - тактового стола; б, в – магазинів - накопичувачів для деталей типу тіл обертання

Схеми пристроїв автоматичної зміни заготовок на багатоцільових верстатах зображені на рис. 24. Палети із заготовками на багатопозиційні столи та їх розвантаження можуть подаватися за допомогою робокар.

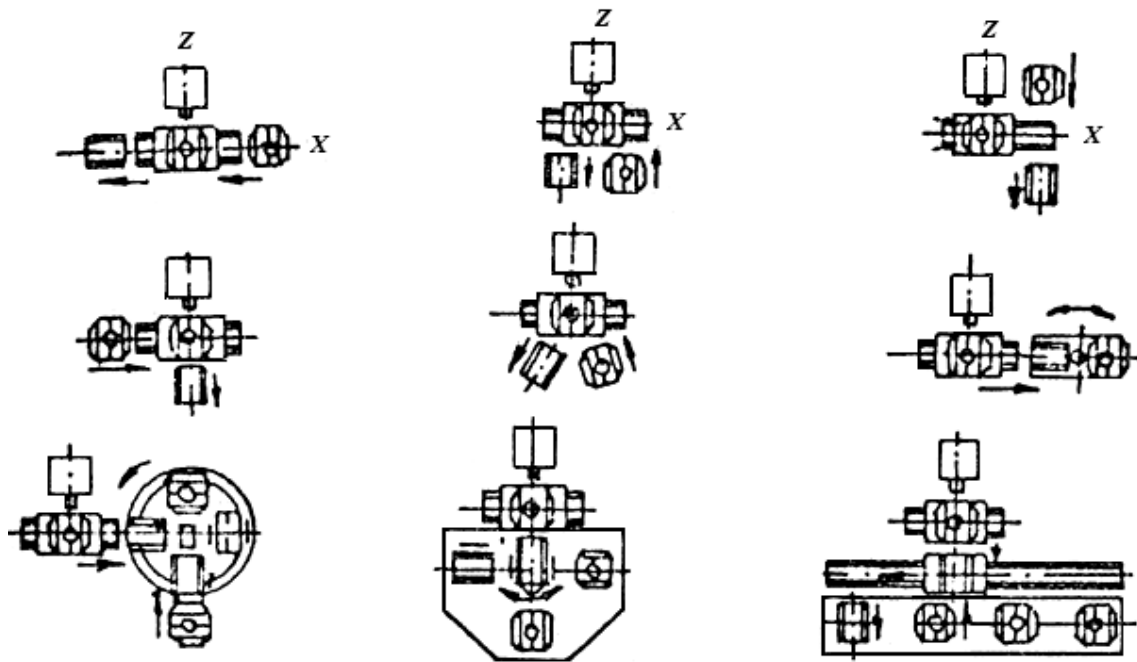


Рис. 24. Схеми пристроїв автоматичної зміни заготовок на багатоцільових верстатах

Склади ГВС спільно з транспортним обладнанням призначені для виконання таких основних функцій: приймання з внутрішньозаводського або внутрішньоцехового транспорту сировини, матеріалів, заготовок, інструменту, порожньої тари та їх складування; видачі цих вантажів за заздалегідь передбаченим графіком, порядком або на основі команд; приймання від транспортної системи ГВС готових виробів, відходів виробництва, бракованої продукції та їх тимчасове зберігання; видачі на внутрішньозаводський або внутрішньоцеховий транспорт цих вантажів за командами або у міру надходження транспортних засобів. Склади мають важливе організуюче значення ГВС, оскільки вони взаємодіють із зовнішніми системами підприємства, а також приймають та надсилають усі матеріальні вантажопотоки, що необхідні для успішного функціонування основного технологічного обладнання.

Класифікація автоматизованих складів ГВС показана на рис. 25. Найпоширенішими є склади з автоматичними стелажними кранами-штабелерами та стелажні склади з автоматичними мостовими кранами. Технічні характеристики автоматизованих складів, що найчастіше застосовуються в ГВС, наведені в табл. 6.

Таблиця 6

Автоматизовані складські комплекси
конструкції ВВТелектро

Параметр	РСК-50				РСК-250	РСК-500	РСК-1000
	Виконання						
	00	01	02	03			
Вантажопідйомність складського робота, кг	50				250	500	1200
Габаритні розміри, мм:							
довжина	300				420	640	1260
ширина	200				620	840	1860
висота	215				435	650	650
Число вантажних місць у стелажах:							
за довжиною	41	41	53	53	30	35	20
за висотою	8	15			9	8	7
загальне	656	1230	8	590	540	560	280
Швидкість, м/с:							
пересування складського робота	1,07/0,04				1/0,06	0...2,5	0...2,5
підйому каретки висування вантажозахвата	0,1				0,13	0,2	0,2
Встановлена потужність, кВт	0,6				2,7	11,4	13,0
Габаритні розміри комплексу, мм:							
довжина	19740	19740	24420	24420	20420		40225
ширина	1595				2250		2960
висота	3300	5800	3000	5800	5800		7050

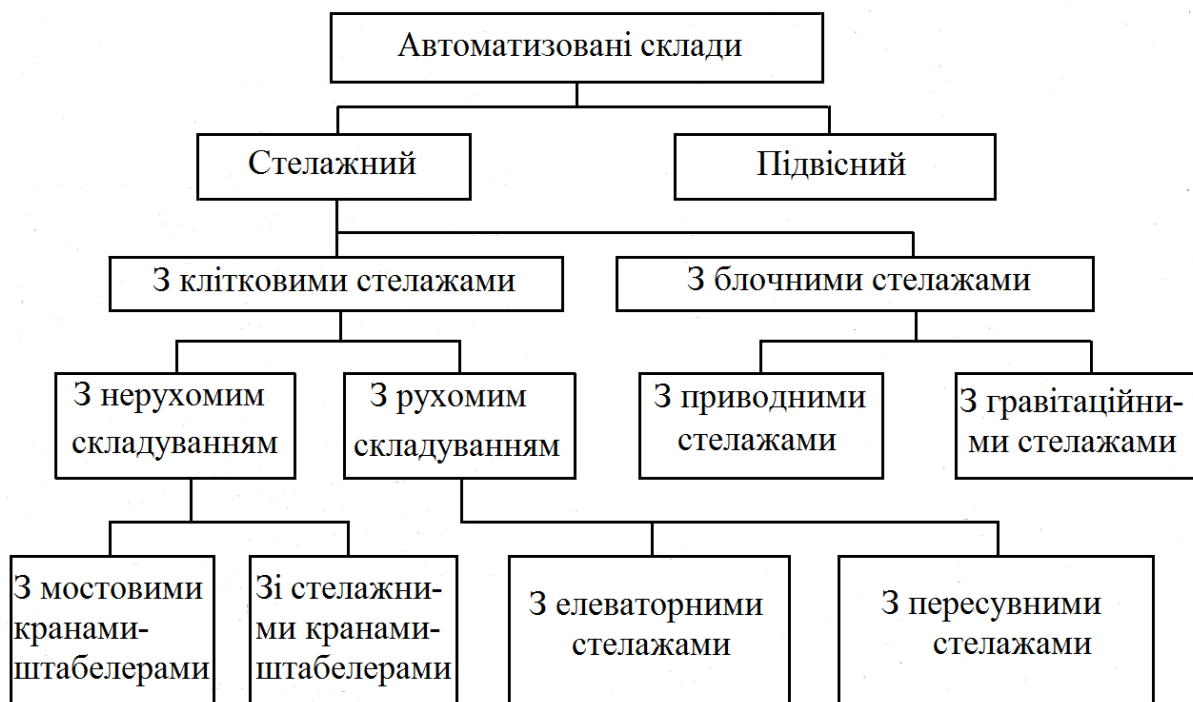


Рис. 25. Класифікація автоматизованих складів

Типові схеми компонувань автоматизованих складів зображені на рис. 26, в схема робота-штабелера типу РШ-500 - на рис. 27. Рама 2 (основа конструкції) переміщується від приводе 5 з гальмовим пристроєм 6 по нижній опорній 7 та верхній напрямній 1 балкам. Вантажопідійомник 3 з подвійним захватом вантажу 4 приводиться в дію приводом 8 підймання захвата.

Автоматизований цех працює так. Оператор набирає на пульті ЕОМ коди заготовок або деталей, які необхідно спрямувати зі складу на робочу позицію ГВС. ЕОМ визначає номер потрібного вічка складу та видає команду роботу - штабелеру. Під час переміщення робота сигнали від датчиків положення надходять в обчислювальний пристрій, який порівнює коди поточної та заданої позицій і при їх збіганні видає сигнал на зупинку штабелера. Робот - штабелер захоплює тару (палетку, піддон, касету тощо) та надсилає її на приймальну позицію складу чи безпосередньо на робочу позицію.

Використовувані при цьому малі ЕОМ (мініЕОМ) - надійні, недорогі і зручні в експлуатації комп'ютери, що володіють декілька більш низькими в порівнянні з великими ЕОМ можливостями.

МініЕОМ (і найбільш потужні з них суперміні ЕОМ) володіють наступними характеристиками:

продуктивність - до 100 MIPS;

ємність основної пам'яті - 4-512 Мбайт;
ємність дискової пам'яті - 2-100 Гбайт;
число підтримуваних користувачів-16-512.

Основні їх особливості: широкий діапазон продуктивності в конкретних умовах застосування, апаратна реалізація більшості системних функцій вводу-виводу інформації, проста реалізація мікропроцесорних і багатомашинних систем, висока швидкість обробки переривань, можливість роботи з форматами даних різної довжини.

До переваг мініЕОМ можна віднести: специфічну архітектуру з великою модульністю, краще, ніж у великих ЕОМ, співвідношення продуктивності / ціна, підвищена точність обчислень.

МініЕОМ орієнтовані на використання їх в якості керуючих обчислювальних комплексів. Традиційна для подібних комплексів широка номенклатура периферійних пристроїв доповнюється блоками межпроцесорного зв'язку, завдяки чому забезпечується реалізація обчислювальних систем із змінною структурою.

Мікрокомп'ютери - це комп'ютери, в яких центральний процесор виконаний у вигляді мікропроцесора.

Продвинуті моделі мікрокомп'ютерів мають декілька мікропроцесорів. Продуктивність комп'ютера визначається не тільки характеристиками застосовуваного мікропроцесора, але і ємністю оперативної пам'яті, типами периферійних пристроїв, якістю конструктивних рішень і ін.

Мікрокомп'ютери представляють собою інструменти для вирішення різноманітних складних завдань. Їх мікропроцесори з кожним роком збільшують потужність, а периферійні пристрої - ефективність. Швидкодія - близько 1 - 10 мільйонів операцій в сек.

Різновидність мікрокомп'ютера - мікроконтролер. Це спеціалізований пристрій, що оснований на мікропроцесорі, якій вбудовується в систему керування або технологічну лінію.

Родоначальником сучасних мініЕОМ можна вважати комп'ютери PDP-11 (Program Driven Processor - програмно-керований процесор) фірми DEC (Digital Equipment Corporation - Корпорація дискретного обладнання, США), вони стали прообразом і наших вітчизняних мініЕОМ - Системи Малих ЕОМ (СМ ЕОМ) : СМ 1, 2, 3, 4, 1400, 1700 і ін.

Системи управління складами вітчизняних ГВС будують на базі мікро-ЕОМ „Електроника-60”, „Електроника С5-12”, СМ-1800, міні - ЕОМ СМ-2, М-6000, СМ-1420 та ін. [117].

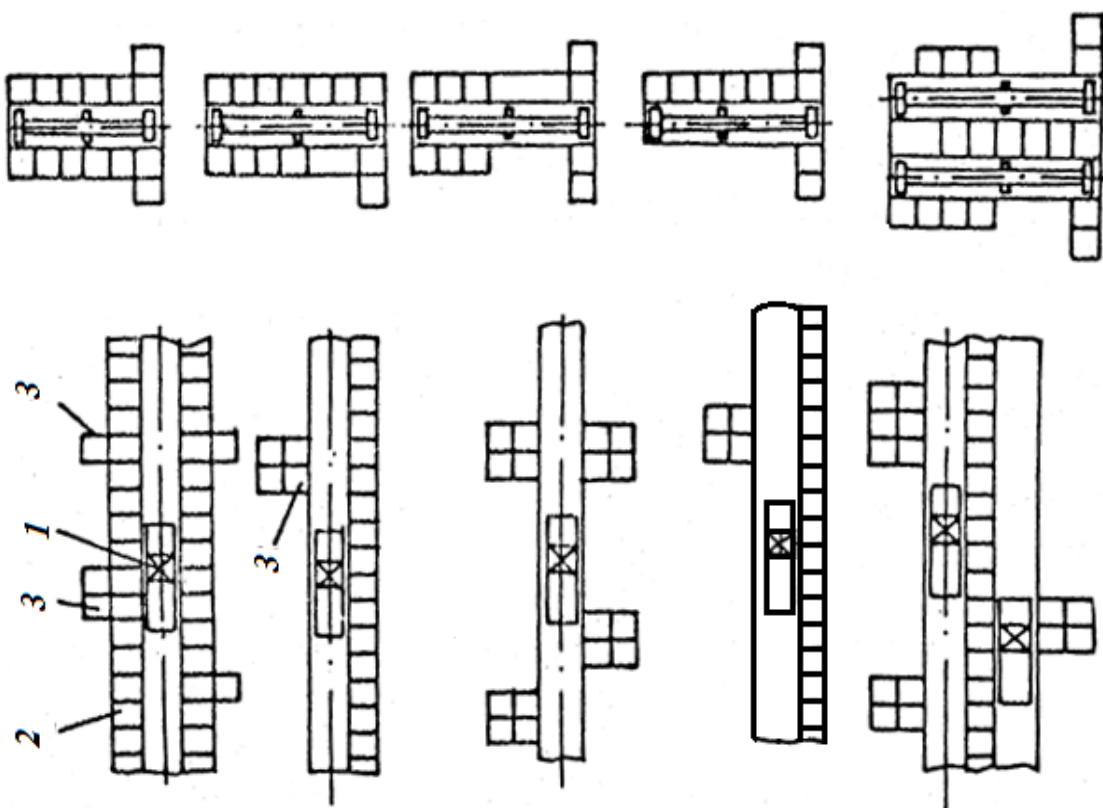


Рис.26. Типові схеми компонентів автоматизованих складів: 1 - робот-штабелер; 2 - стелажі; 3 - пріамально-видавальні пристрої

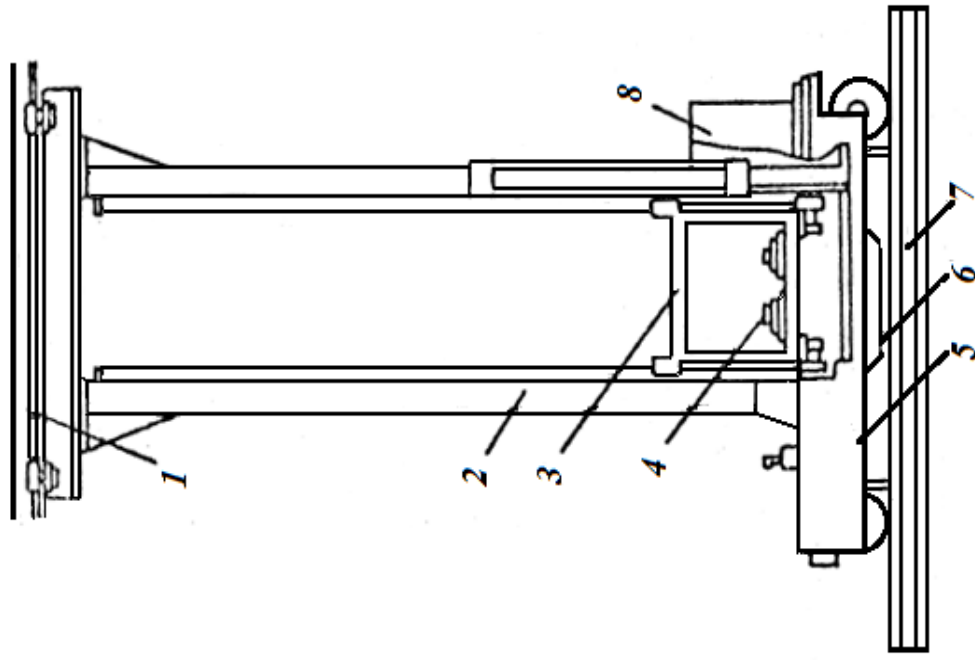


Рис. 27. Схема робота-штабелера РМ-500

2.3. Пристрої технологічного оснащення

У сучасному верстатобудуванні затрати на технологічне оснащення досягають 15-40% вартості обладнання. Тому при створенні та впровадженні ГВС важливо розробити раціональні схеми базування деталей і швидкопереналагожувальні засоби технологічного оснащення.

Змінний характер гнучкого виробництва визначив специфічні вимоги до пристосувань, що застосовуються в ГВС. Для підвищення ступеня автоматизації ГВС верстатні пристосування мають забезпечувати: автоматичне стискання - розтискання заготовок за допомогою пневмо-, гідро- або електроприводів за командою ЧПУ з регулюванням сили затискання; надійне затискання заготовок при аварійному відключенні енергоносія; правильне базування заготовок і жорсткий зв'язок базуючих елементів пристосувань з початком координат верстата; автоматичний контроль наявності та положення заготовки в пристосуванні та супутника на столі верстата.

При закріпленні деталі в ГВС застосовують безсупутниковий спосіб базування деталей і базування на супутнику.

Безсупутниковий спосіб прийнятний в основному для базування деталей типу тіл обертання при закріпленні деталей у кулачках патронів або в центрах верстата. Основна проблема при базуванні деталей типу тіл обертання - можливість швидкого переналагоджування патронів при змінюванні типорозміру деталі та переході в ід патронної обробки до обробки в центрі.

У ГВС на базі токарних верстатів з ЧПК та токарних обробних центрів деталі типу фланців, верстатів, втулок, дисків установлюють у самоцентруючих патронах. Завантаження-розвантаження деталей здійснюється промисловими роботами. До патронів токарного обладнання висуваються такі вимоги [37, 38, 63]: вільний доступ руки робота в зону завантаження-розвантаження заготовки; достатній радіальний хід кулачків, що забезпечує зазори між заготовкою та кулачками патрона у межах не менше двократної точності позиціонування робота; блокування, що припускає переміщення кулачків лише за відсутності обертання заготовки; автоматичний контроль наявності та положення заготовки в патроні; наявність системи датчиків, що забезпечують команду на стискання заготовки лише після спрацювання всіх датчиків, що контролюють потрібне положення заготовки в патроні; передача крутячого моменту при чорновій обробці, який забезпечує використання повної потужності верстата зниження впливу відцентрових сил на стискання заготовки в патроні при високих частотах обертання шпинделя; скорочення тривалості простоювання токарних верстатів з ЧПК при змінюванні заготовок завдяки

поєднанню встановлення та знімання заготовки з роботою верстата (на верстатах два патрони встановлюють у двопозиційних револьверних головках, в одному з патронів, з'єднаних із шпинделем верстата, обробляють заготовку, в іншому - замінюють її).

Гнучкість токарного обладнання підвищується за рахунок автоматичної зміни токарних патронів, кулачків, швидкого переналагоджування з патронної на центрову обробку, обробки в одному патроні як штучних, так і пруткових заготовок. У наш час розроблені та впроваджені швидкопереналагоджувані патрони з ручною зміною кулачків. Такі патрони можна застосовувати в ГВС при обробці деталей порівняно великими партіями. Для ГВС, що працюють в умовах швидкої зміни об'єктів виробництва, необхідно створити системи автоматичної зміни патронів і кулачків.

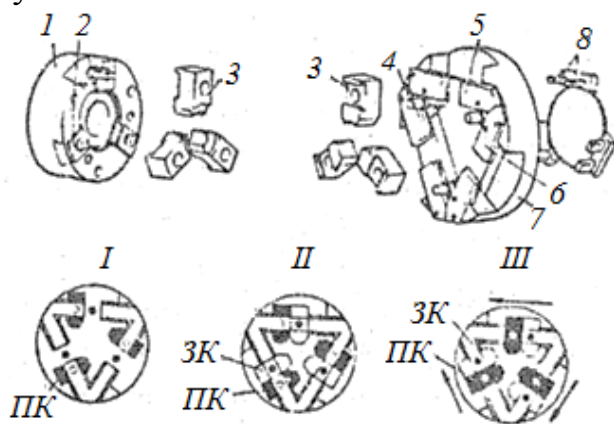


Рис. 28. Система автоматичної зміни кулачків патрона

Систему автоматичної зміни кулачків, яка розроблена німецькою фірмою „Форкхардт” [38] показано на рис. 28. Вона складається з трикулачкового патрона 1 з основними кулачками 2 та із швидкозмінюваними кулачками 3, пристрою 7 автоматичної зміни кулачків, що управляється системою ЧПУ, та магазину-накопичувача кулачків. Система забезпечує швидке переналагоджування кулачків на

потрібний розмір, заміну кулачків незакаленими, заздалегідь розточеними на певний діаметр; використання фасонних кулачків, а також перевстановлення кулачків для закріплення заготовки на зовнішній або внутрішній поверхні. Змінні кулачки встановлюють за допомогою пазів на основні кулачки та фіксують підпружиненим пальцем.

Пристрій 7 має напрямні 5, на які встановлюється (рис. 28 поз. 1) комплект потрібних кулачків (ПК) і напрямні 6 для розміщення комплекту замінюваних кулачків (ЗК). При замінюванні кулачків пристрій підводять до торця патрона (рис. 28, поз. II), фіксаторні пальці основних кулачків утеплюються, а пальці 4 входять в отвори патрона. Замінювані та потрібні кулачки розташовуються попарно, потім ведучі пальці 8, що працюють від одного центрального привода, зсувають кулачки за напрямними на величину, що дорівнює їх ширині, та відбувається заміна кулачків (рис. 28, поз. III).

При обробці деталей типу фланців, дисків, втулок, колекторів пристрій

автоматичної заміни кулачків розмішують на заданій бабці, що управляється системою ЧПК. При цьому поворотний магазин - накопичувач з п'ятьма та більше комплектами встановлюють на рухомому супорті задньої бабки.

При обробці валів з використанням центра задньої бабки (рис. 29) пристрій заміни кулачків переміщується за допомогою робота 3 за напрямними портала 2. Магазин - накопичувач 1 комплекту змінних кулачків встановлюють на передній бабці. Час заміни кулачків з використанням автоматичного пристрою 1 не перевищує кількох секунд.

При розробці пристосувань для токарних верстатів з ЧПК, що вмонтовуються в ГВС, необхідно враховувати вимоги автоматичного завантаження заготовок ПР, універсальності пристосувань у широкому діапазоні номенклатури деталей типу

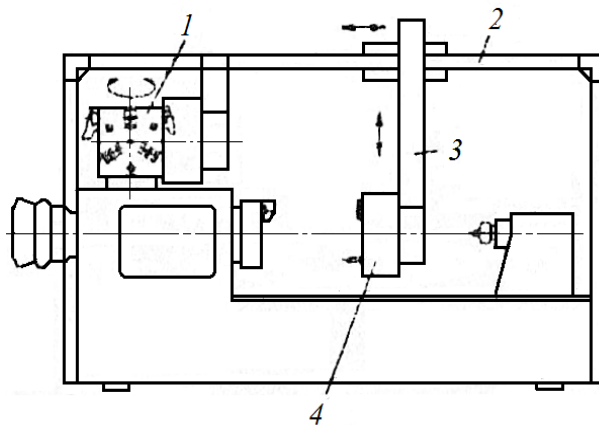


Рис. 29. До зміни кулачків при обробці деталей у центрах

тіл обертання; забезпечування умов базування за допомогою засобів контролю, пов'язаних із системою ЧПК верстата.

Класифікація пристосувань, що застосовуються в ГВС для обробки корпусних деталей, показана на рис. 30. При використанні стаціонарних пристосувань завантаження-розвантаження заготовок здійснюють промисловим роботом. Такий спосіб встановлення є рентабельним лише в серійному виробництві. При обробці деталей невеликими партіями потребується часта заміна пристосувань на верстаті та захватних пристроїв промислових роботів, що призводить до подовження простоювань верстатів, а також потребує присутності робітників біля верстатів.

Корпусні деталі на верстатах з ЧПК, що входять у ГВС базуються та закріплюються переважно за допомогою пристосувань - супутників. Особливість побудови технологічних процесів у ГВС - максимальна концентрація послідовно виконуваних технологічних переходів із застосуванням автоматично змінюваного ріжучого інструменту при найбільш повній реалізації принципу єдності баз.

При обробці корпусних деталей структура технологічного процесу має забезпечувати обробку на перших операціях основних технологічних баз із базуванням по чорних поверхнях, а також обробку допоміжних баз із базуванням на основних технологічних базах.

Базування корпусних деталей на супутниках, що забезпечують автоматичне проходження оброблюваних деталей на робочі позиції верстатів, значно розширює технологічну гнучкість і підвищує ефективність використання обладнання. Проте застосування супутників збільшує похибку встановлення заготовки, оскільки видовжуються технологічні розмірні ланцюги.

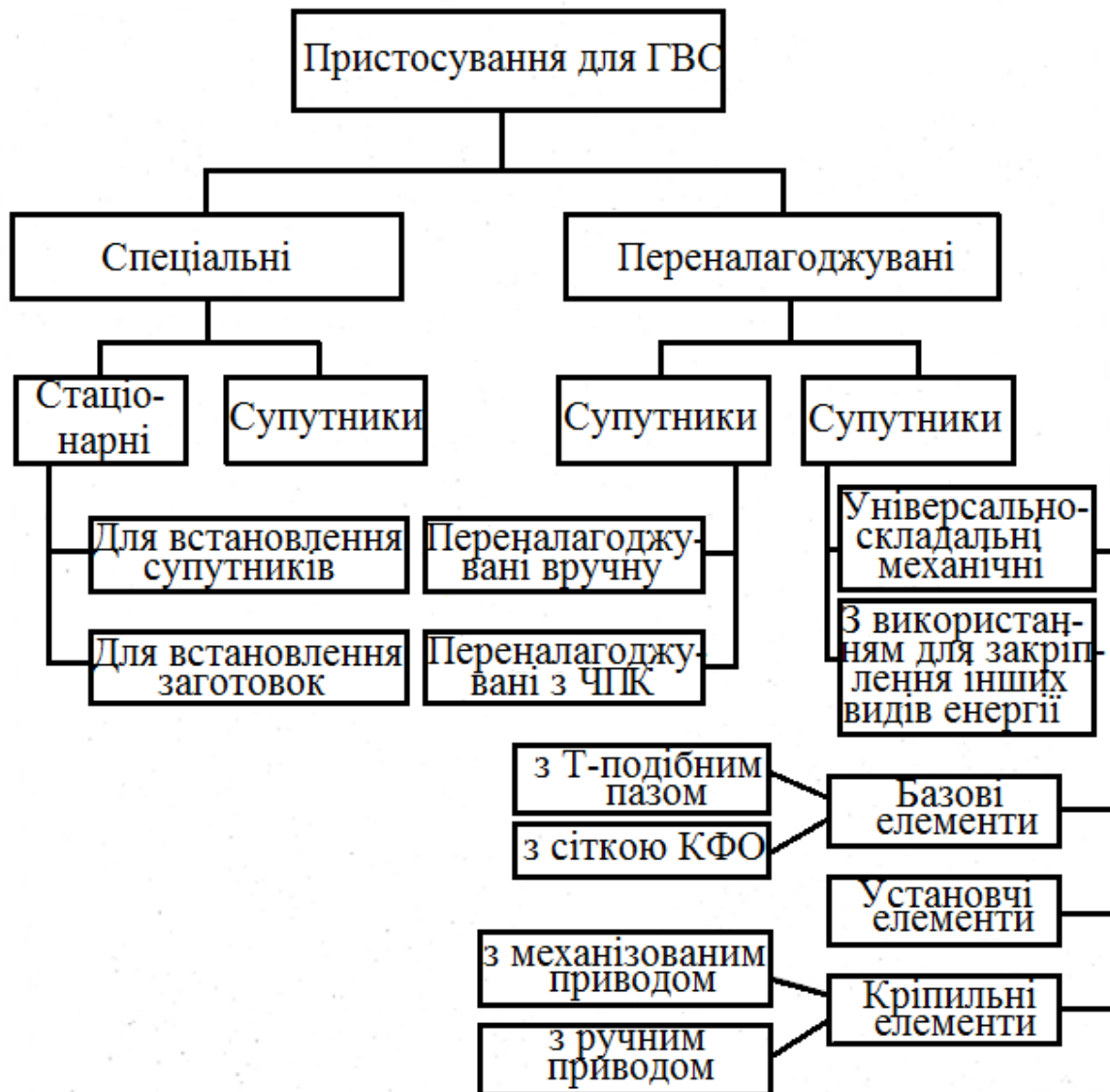


Рис. 30. Класифікація пристосувань, що застосовуються для обробки

Конструкція супутника показана на рис. 31. На верхній поверхні супутника розташовані елементи для базування деталей: Т-подібні пази (рис. 31, а) або такі самі пази в поєднанні із сіткою координатно-фіксуєючих отворів (КФО) (рис. 31,б). На нижній частині супутника виконані пази, що служать для його позиціонування на столі верстата.

Використання оснащення багаторазового застосування сприяє підвищенню продуктивності обробки деталей у ГВС. Для цього створено загальномашинобудівний комплекс оснащення багаторазового застосування, що складається з ряду уніфікованих деталей і складальних одиниць, з яких можна в різних конструктивних варіантах збирати складальні оборотні пристосування для верстатів з ЧПК та ГВС в умовах одиничного, дрібносерійного та серійного виробництва [37, 63]. На базі оснащення багаторазового застосування створені системи переналагоджуваних пристосувань з різними способами агрегування складових елементів. Відмінні ознаки систем пристосувань - способи їх переналагоджування чи перекомпонування, що характеризують ступінь універсальності.

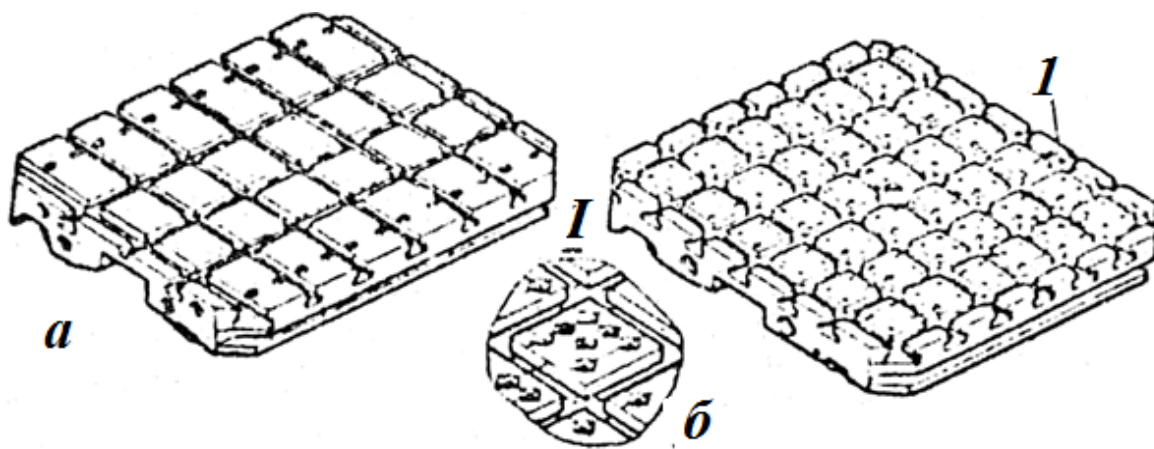


Рис. 31. Схеми супутників для базування корпусних деталей

За ступенем універсальності та способом переналагоджування переналагоджувані пристосування поділяють на універсально-безналагоджувані пристосування (УБП); універсально-налагоджувані пристосування (УНП); спеціалізовані налагоджувані пристосування (СНП); універсально-складальні пристосування (УСП) і складально-розкладальні пристосування (СРП).

УБП забезпечують встановлення різних заготовок. Конструкції пристосувань - це закінчені механізми довгочасної дії, з постійними (нерознімними) елементами. В них застосовуються універсальні регулюючі пристосування багаторазового використання, що не потребують виготовлення спеціальних деталей. Переналагоджування УБП здійснюється регулюванням положення встановлювально-затискних елементів. Ці пристосування доцільно застосовувати на токарних, фрезерних, свердлильних верстатах з ЧПК в дрібносерійному виробництві.

УНП забезпечують встановлення заготовок за допомогою спеціальних змінних налагоджувальних. Вони складаються з конструкцій універсального базового агрегату та змінних налагоджувальних - елементарних складальних одиниць, призначених для встановлення конкретних заготовок на базовому пристосуванні. При зміні об'єктів виробництва базова частина, а також універсальні елементи та вузли змінних налагоджувальних, якими комплектуються УНП, використовуються багаторазово. Проектуванню та виготовленню підлягають лише спеціальні налагоджувальні - найпростіша та дешева частина пристосувань. УНП доцільно застосовувати на верстатах з ЧПК в дрібносерійному виробництві, особливо при використанні групових методів обробки. Цикл оснащення операції УНП складається з проектування, виготовлення пристрою, налагоджувальних на базовому агрегаті.

На рис. 32 показано схеми комплекту елементів УНП „Система-500”, призначеного для встановлення заготовок корпусних деталей при обробці на багатоцільових верстатах ІР50СМФН та ІР80СМФ4 в одиничному та дрібносерійному виробництві. Цей комплект складається з таких базових деталей: плит 2 (300х300х500 мм), чотирибокових призм 1 (460х500х600 мм) та 3 (300х300х500 мм), а також установлювальних та стискних елементів 4-25. На установлювальних поверхнях базових деталей виконано сітку ступінчатих (гладких і різьбових) координатно-фіксуючих отворів (КФО) для базування та закріплення установлювальних та затискних елементів.

СНП забезпечують базування та закріплення споріднених за конфігурацією заготовок різними габаритними розмірами з ідентичними схемами базування.

СНП складається із спеціалізованого (за схемою базування та видом обробки типових груп оброблюваних деталей) базового агрегату та змінних налагоджувальних. У СНП застосовуються багатомісні пристосування, отже, ефективна галузь застосування СНП - серійне виробництво. Такі пристосування застосовуються також при груповій обробці в серійному виробництві.

УСП komponують із стандартних елементів з високим ступенем точності. Елементи та вузли короткочасної дії УСП складається з деталей та вузлів багаторазового використання з пазами шириною 8, 12 та 16 мм. Висока точність елементів УСП забезпечує складання фіксують системою шпонка - паз. Як спеціальні пристосування пристосувань без наступної механічної обробки. Після використання komponувань їх розбивають на складальні одиниці (рис. 33), які багаторазово використовуються в різних сполученнях у нових komponуваннях.

За експлуатаційними ознаками всі складальні одиниці розподілені на

підгрупи: базові, установлювальні, кріпильно-притискні та різні.

До базових належать складальні одиниці, що входять до найрізноманітніших поворотних та ділительних пристосувань для фрезерних, свердильних, розточувальних та інших робіт.

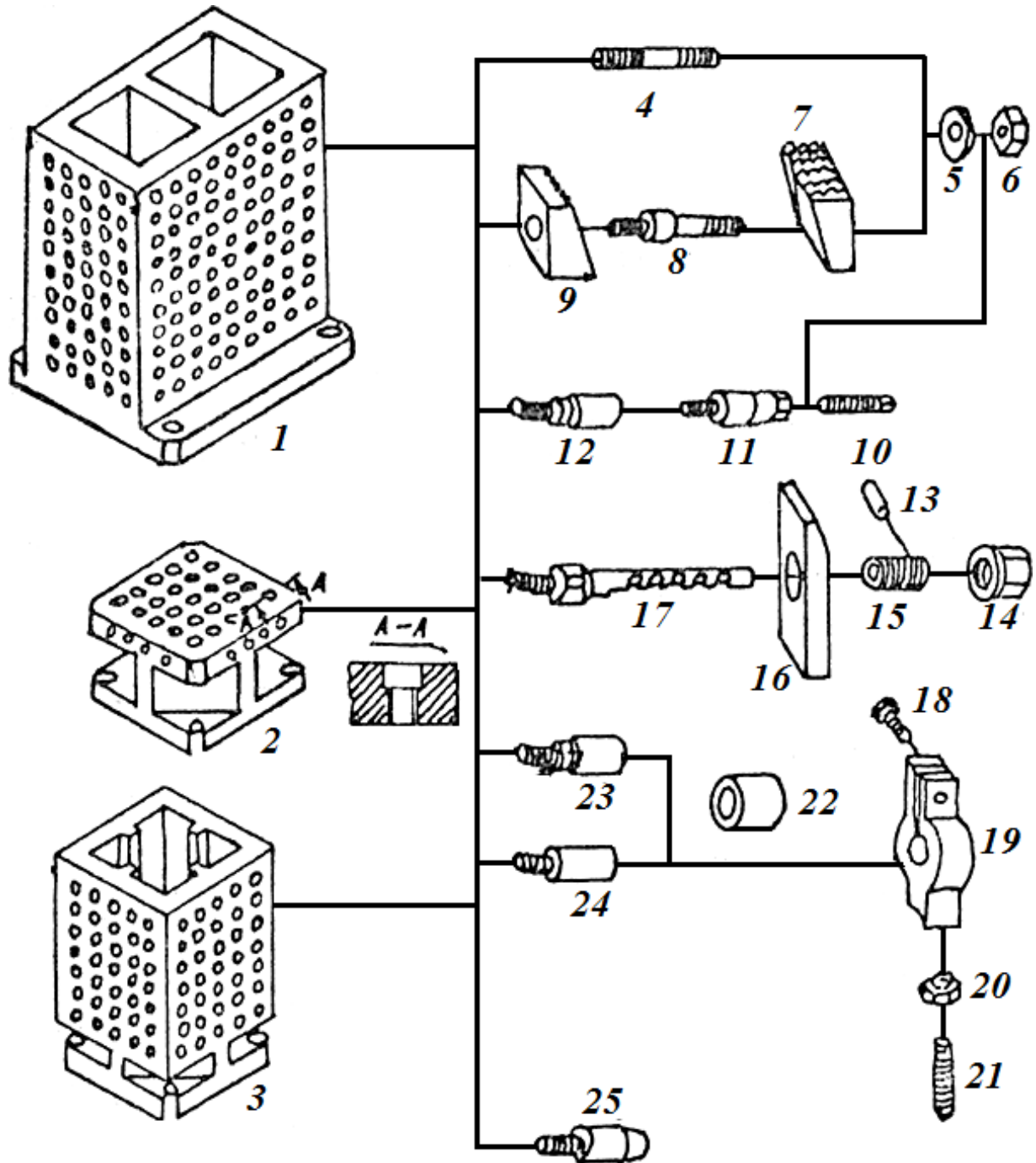


Рис. 32. Схема комплекту УНП „Система-500”

До цієї підгрупи належать поворотні головки (рис. 33, а), а також кронштейни (рис. 33, г). До установлювальних складальних одиниць належать опори поворотні та кутові (рис. 33, б), центрові бабки (рис. 33, д, е) (для встановлення деталей за центровими отворами), фіксатори (рис. 33, є, ж), відкидні планки (рис. 33, з, і), ділильні диски (рис. 33, к-м). До затискних пристроїв належать рухома призма (рис. 33, н), затискачі кулачковий (рис. 33, о), ексцентриковий (рис. 33, п), клиновий (рис. 33, р).

Склад комплекту УСП може значно коливатися залежно від специфіки виробництва та обсягу продукції, що випускається, на конкретному підприємстві.

СРП компонують із стандартних деталей і складальних одиниць, що фіксуються відносно один одного системою палець - отвір. Для цього в базових деталях є сітки точних координатно-фіксуючих отворів.

До підгрупи базових складальних одиниць (рис. 34) належать плити - прямокутні (рис. 34, а), прямокутні з гідравлічним приводом (рис. 34, б), круглі (рис. 34, в), круглі з гідравлічним приводом (рис. 34, г): губки нерухомі (рис. 34, д) та рухомі (рис. 34, е); призми (рис. 34, є); кутники (рис. 34, ж) та кутники рамкові (рис. 34, з); ділильні стояки (рис. 34, і).

До підгрупи притискних деталей і складальних одиниць (рис. 35) належать елементи, що призначені для закріплення заготовки, встановленої у пристосуванні. Притискачі мають таке призначення: відвідний (рис. 35, а) застосовують для ручного закріплення заготовок: кутовий (рис. 35, б) - для досилання заготовки в кут перед її закріпленням; гідравлічний з пересувною опорою (рис. 35, в) та хиткі (рис. 35, д) - для закріплення заготовок малої висоти; з відкидною планкою (рис. 35, г) - для закріплення заготовок типу тіл обертання; Г-подібний (рис. 35, е), Г-подібний гідравлічний (рис. 35, є) - при обмеженій площі для встановлювання; гідравлічний відвідний (рис. 35, ж) - для закріплення заготовок малої висоти; високий з гідроциліндром (рис. 35, з) - для закріплення значних за висотою заготовок.

Решта деталей та складальних одиниць СРП-ЧПК утворюють елементи, що призначені для базування заготовок у пристосуванні, фіксації елементів, спряження при агрегуванні пристосування та виконання інших функцій.

На базі переналагоджуваного оснащення багаторазового використання створюються групові пристосування. У цих пристосуваннях деталі, що входять до групи, встановлюються та закріплюються заміною, переустановленням, переналагоджуванням або регулюванням напрямних, установлювальних, притискних і кріпильних деталей та складальних одиниць, змінних налагоджувальних елементів. Конструктивні особливості набору елементів групових пристосувань відбивають специфіку технології

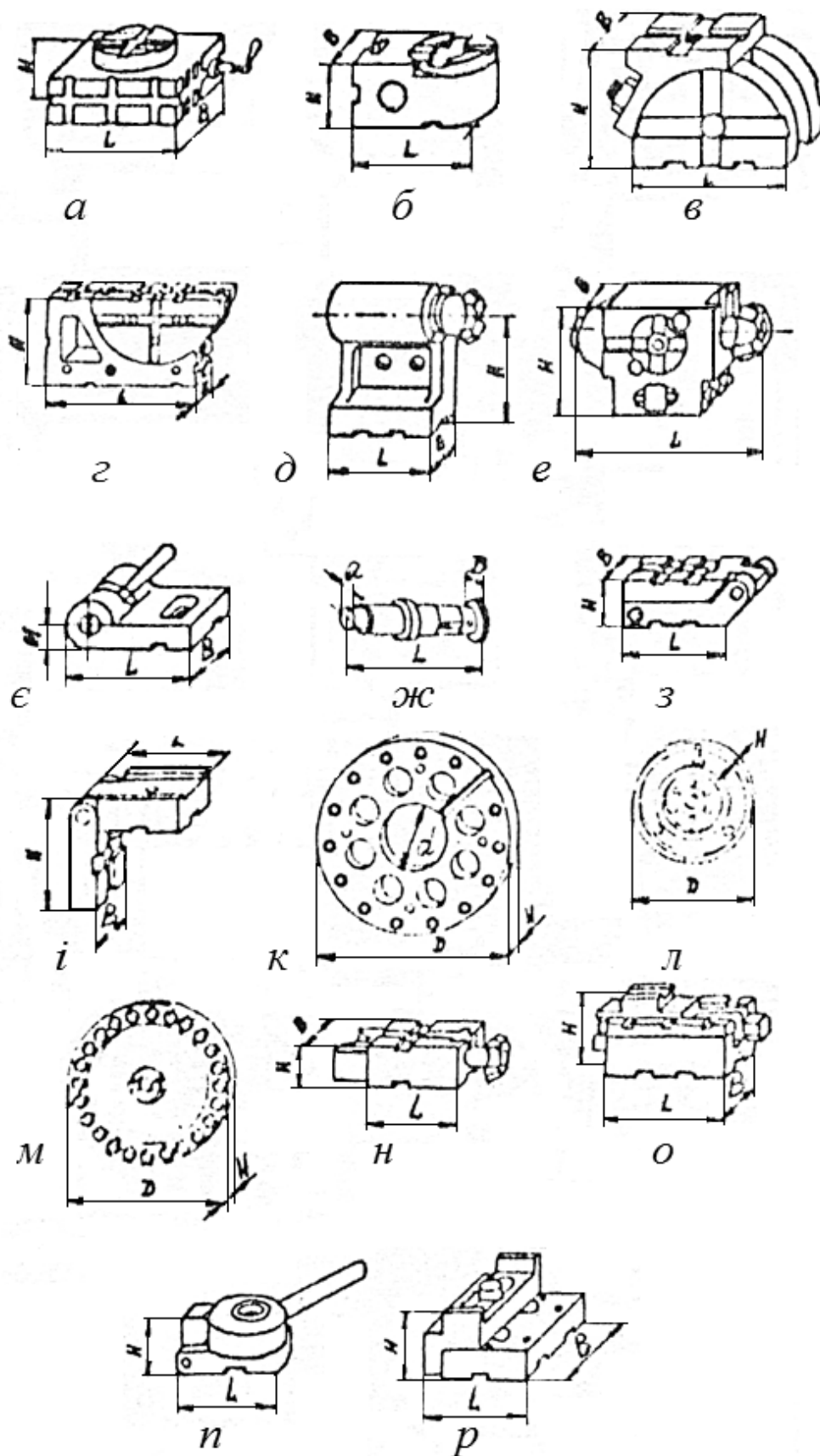
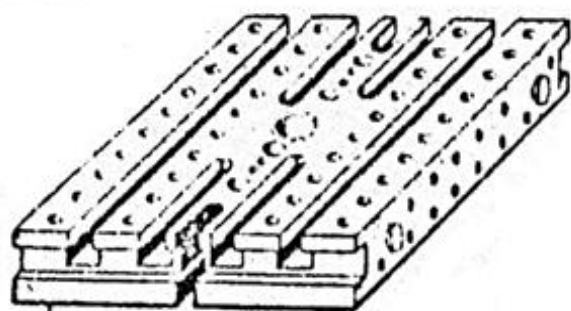
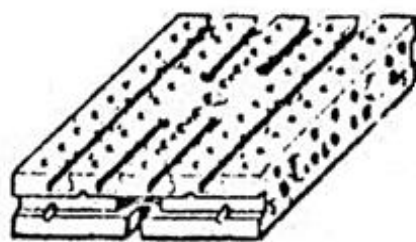


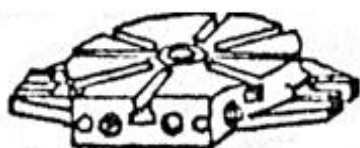
Рис. 33. Схемы складальных единиц УСП



a



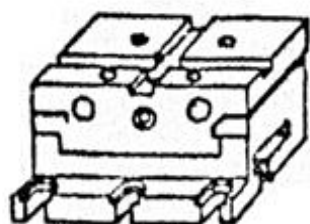
б



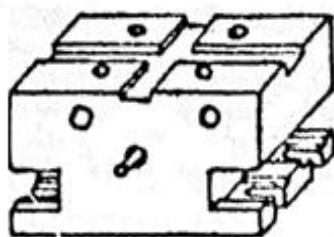
в



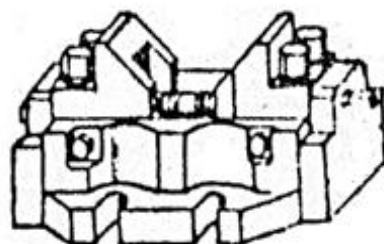
г



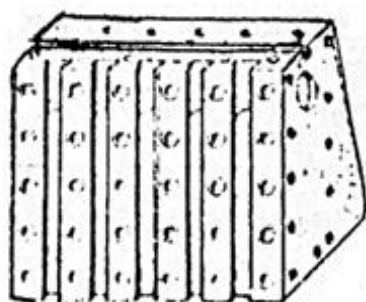
д



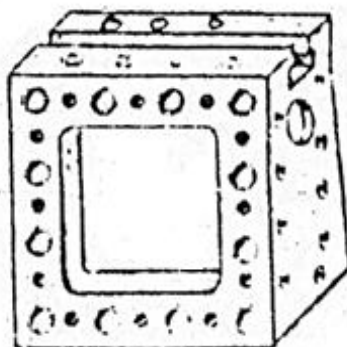
е



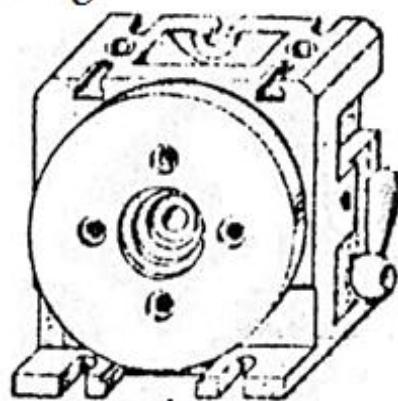
е



ж



з



и

Рис. 34. Базові складальні одиниці СРП

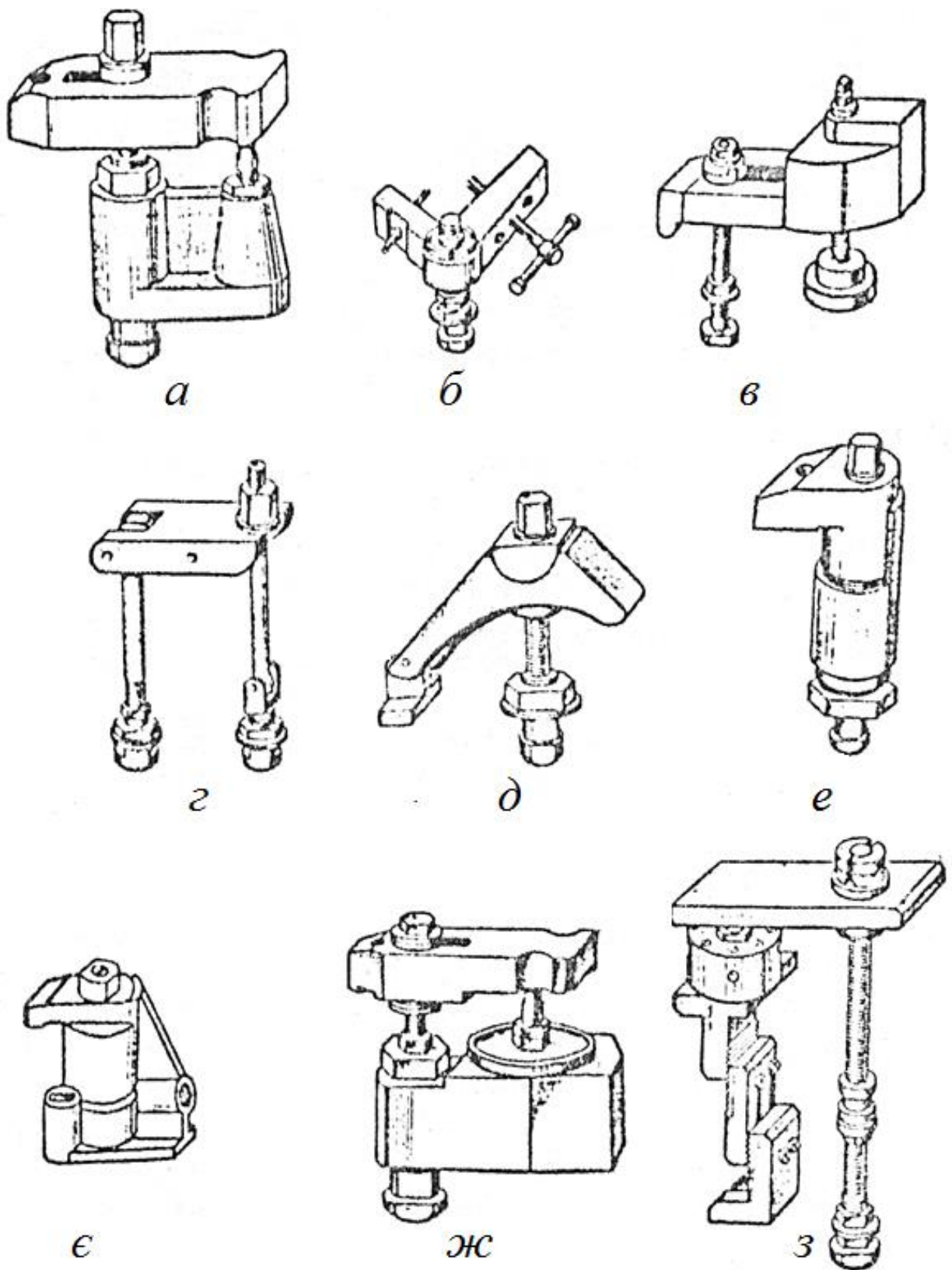


Рис. 35. Притискні складальні одиниці СРП

обробки групи деталей, а розміри групи та партії запуску мають бути такими, щоб виправдати затрати на конструювання та виготовлення пристосувань.

Ефективність застосування групових пристосувань залежить від їх універсальності, тобто спроможності обробляти деталі широкої номенклатури. Головний спосіб підвищення ефективності групового переналагоджуваного оснащення - створення системи базових широко-універсальних, механізованих складальних основ з наборами змінних налагоджуваних елементів, з яких як найшвидше можна створити пристосування різного призначення.

Групові пристосування створюються на базі міжгалузевих класифікаторів деталей, аналізу кожної групи з точки зору доцільності їх обробки в одному груповому пристосуванні, можливості обробки з одного пристрою якнайбільшої кількості поверхонь.

Найдоцільніше створювати групове переналагоджуване оснащення, проектуючи типові базові основи та змінні налагоджування. Чим більша кількість деталеоперацій оснащується за допомогою базової основи та, отже, більша кількість змінних налагоджувань припадає на неї, а також чим довше вироби знаходяться у виробництві, тим нижче сумарні затрати на групові пристосування. Базові основи мають бути надійними та довготривалими й оснащені механізованими затискними елементами. Ступінь їх уніфікації має бути достатньо високим, щоб забезпечити їх універсальність.

Змінні налагоджування створюються на основі аналізу та типізації поверхонь оброблюваних деталей у широких діапазонах. Це дає змогу сполучати універсальність базових основ із спеціалізацією змінних налагоджувань. Як налагоджувані елементи використовуються стандартні деталі універсально-складальних пристосувань. Загальна тенденція при створенні групових пристосувань - заміна окремих деталей складальними одиницями, які за призначенням замінюють кілька деталей, скорочують число стиків і час на складання пристосувань.

Якість оснащення багаторазового застосування безпосередньо впливав на найважливіші параметри, що характеризують рівень виробництва: продуктивність праці, якість продукції, строки та затрати на технологічну підготовку, ефективність виробництва. Якість пристосувань відбивається в їх точності, жорсткості та віброусталеності. Ці характеристики, у свою чергу, безпосередньо впливають на точність і жорсткість поверхні оброблюваних деталей. Жорсткість та віброусталеність пристосувань передумовлюють вибір швидкості та глибини різання, подачі та числа робочих ходів, а отже, впливають на продуктивність обробки. Жорсткість пристосувань необхідно підвищувати не за рахунок

збільшення металомісткості конструкцій, а вибором оптимальних варіантів окремих елементів: ребер жорсткості, пазів, отворів, які дають змогу протистояти власним і контактним деформаціям, що виникають за несприятливих умов навантаження.

Переналагоджувані пристосування не вирішують проблему автоматизації процесу базування та закріплення заготовок, оскільки для переналагодження необхідно організувати поза ГВС позиції налагодження та завантаження, що вимагають застосування ручної праці. Тому у верстатобудуванні особливо актуальною залишається проблема створення оснащення, здатного автоматично Переналагоджуватись для базування різноименних деталей за командами від пристрою ЧПК верстатами, що входять до ГВС.

Програмнокеровані пристосування, що здатні виконати переналагодження установочних і стискних елементів, виготовляють стаціонарними та встановлюють або на столі верстата, або в безпосередній близькості від нього.

Схеми базування різних деталей заносяться до пам'яті та реалізуються в процесі встановлення деталі точним позиціонуванням базових елементів і вибором відповідних схем і пристроїв затиску.

У вільнопрограмованих пристосуваннях використовуються безсупутникові схеми базування деталей. Унаслідок цього підвищується доступність деталі для обробки з кількох боків, а іноді виключається перебазування деталі в процесі обробки, що позитивно впливає на її якість.

Пристосування з ЧПК мають високу швидкодію, що сприяє зменшенню допоміжного часу в загальній структурі штучного часу. У їх складі організується кілька позицій, за рахунок чого час на встановлення та знімання деталі перекидається машинним. Звичайно програмно керовані пристосування проектуються для обробки певної групи деталей.

Переналагоджувані пристосування з ЧПК та трьома програмованими переміщеннями опор (рис. 36) застосовують для базування та закріплення заготовок з платиками [37, 38]. Заготовка встановлюється площиною на три основні 3, 7, 11 опори та затискаються Г-подібними поворотними прихватами 8. Опора 10 допоміжна. Опори 3 та 11 з Г-подібними прихватами встановлені на нерухомій траверсі. Опора 3 нерухома, а опора 11 може переміщуватись у поздовжньому напрямі в необхідне положення за командою ЧПК. Опори 7 та 10 встановлені на траверсі 6, яка може переміщуватись у поперечному напрямі. Опори 10 та 11 переміщуються у каретці 5 у поздовжньому напрямі за заданою програмою, траверса та каретки - від окремих приводів, що складаються з електродвигунів 1 та 2 і шарикових гвинтових пар 9 та 4.

Схема вільнопрограмованого пристосування з револьверними голов-

ками та його встановлювання біля верстата показані на рис. 37. Таке пристосування (рис. 37, а) складається з верхньої головки, в якій встановлено револьверні головки з ексцентрично розташованими затискними елементами $З_1, З_2, З_3, З_4$; нижньої головки, в якій встановлено револьверні головки з ексцентрично розташованими базуючими елементами $Б_1, Б_2, Б_3$, та підвідною опорою $О_1$; бічної головки, в якій розташовані револьверні головки з ексцентрично розміщеними підвідними опорами $О_2$ та $О_3$. Верхня, нижня та бічні револьверні головки можуть повертатися відносно своїх осей.

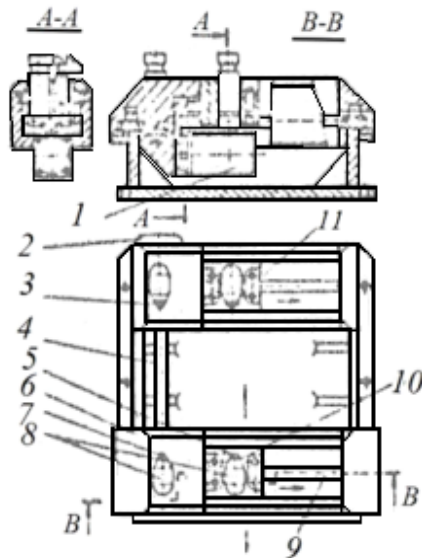


Рис. 36. Схема переналагоджуваного пристосування з ЧПК

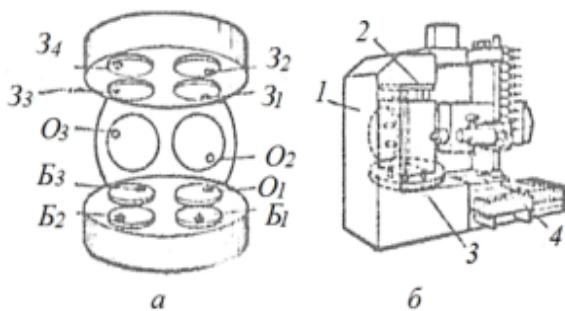


Рис. 37. Схема вільно програмованого пристосування

Такі пристосування завантажуються та розвантажуються промисловим роботом.

Пристосування монтують у С-подібному корпусі 1 (рис. 37, б), на нижній частині якого встановлюють головку 3 із базуючими елементами, а на верхній - головку 2 із затискними елементами. Робочі переміщення інструмента за трьома програмованими координатами здійснюються відповідними переміщеннями колони, шпиндельної бабки та пінолі 4. Вільнопрограмовані пристрої забезпечують повну автоматизацію завантаження, але тепер у нашій країні та за кордоном створено системи з програмним керуванням. Цьому необхідно приділяти особливу увагу, оскільки технологічне оснащення для базування та закріплення деталей в умовах ГВС - один з елементів, які стримують комплексну автоматизацію та перешкоджають створенню ГВС, що працюють у безлюдному режимі.

2.4. Автоматизована система інструментального забезпечення

Ефективність роботи будь-якої технологічної системи залежить від рівня організації й автоматизації інструментального господарства. Для

підвищення продуктивності обробки деталей у ГВС і можливості її роботи в безлюдному режимі необхідно створювати автоматизовані системи інструментального забезпечення, які забезпечують збереження, налагодження та автоматичну зміну інструмента.

Автоматизована система інструментального забезпечення складається з автоматизованого центрального інструментального складу; пристроїв автоматичної заміни інструмента на верстатах і в магазинах, засобів Автоматичного транспортування інструмента в тарі; контролю стану інструмента на верстаті; секції підготовки інструмента зі стелажми для ріжучого та допоміжного інструмента і з пристроями розмірного настроювання й автоматичного кодування інструмента; системи управління.

Системи інструментального забезпечення, які дають можливість оснащувати верстати ГВС практично необмеженою кількістю необхідного для обробки інструмента, бувають двох типів.

У системах першого типу використовуються змінні магазини, а в системах другого інструмент автоматично замінюється в магазині обмеженої місткості під час роботи верстата. Системи першого типу оснащені автооператорами для заміни магазинів, які монтуються на спеціальних ложементх з напрямними. Магазини замінюються так. Магазин з відпрацьованим інструментом переміщується спеціальним пристроєм на рухомий накопичувач змінних магазинів, розташований за верстатом. Накопичувач переміщується у поздовжньому напрямі верстата до суміщення необхідного магазину зі стойкою, розташованою на верстаті. Після цього магазин переміщується у вертикальному напрямі та фіксується не стойці верстата. Окремий інструмент у шпинделі замінюється автооператором верстата. Змінні магазини доставляються до верстата на робокарах. Вони заповнюються інструментом на складі, де його складають, розкладають і настроюють на розмір. Такі системи призначені для обслуговування всіх верстатів однієї або кількох ГВС.

Недоліки систем першого типу: жорсткий цикл заміни магазинів, неможливість використовувати інструмент, що не досяг критичного зношування при примусовій заміні магазину, велика кількість інструментів-дублерів і великі затрати на транспортування та настроювання інструмента.

Системи першого типу доцільно використовувати при обробці деталей великими партіями (до 50 шт.), що потребують невеликої кількості інструмента (до 25 шт.), а також тоді, коли на автоматичну заміну інструмента в магазині витрачається більше часу, ніж при технологічному переході.

Системи інструментального забезпечення другого типу більш уні-

версальні та дають змогу включати в ГВС серійні багатоцільові верстати з магазинами середньої місткості, що додатково оснащуються пристроєм автоматичної заміни інструмента. При використанні магазину, оснащеного приводом, необхідно узгодити час пошуку інструмента для заміни його в шпинделі з часом пошуку інструмента для заміни з тари, щоб скоротити або уникнути простоювання верстата.

Існують системи другого типу, в яких магазин ланцюгового типу розташований збоку на стойці верстата, а додатковий багатопозиційний магазин - за верстатом паралельно основному. На корпусі додаткового магазину встановлено пристрій заміни інструмента основного магазину. Додатковий магазин завантажують вручну або автоматично в міру необхідності у зручний час, не перериваючи циклу обробки. Інструмент доставляють зі складу, що входить до ГВС, за допомогою ручного візка або робокара.

Більш складні системи другого типу, в яких автоматизований інструментальний склад, що входить до ГВС, є додатковим магазином. У цьому випадку інструмент настраюють на розмір на ділянці, що входить до ГВС, а складають і розкладають на центральному інструментальному складі.

Ріжучий інструмент, що використовується в ГВС, має відповідати таким вимогам: висока стійкість і стабільність ріжучих властивостей; стійке формування, дрібнення та відведення стружки; забезпечення характеристик точності та шорсткості оброблюваної поверхні; застосування на верстатах інструмента різних типів для виконання різноманітних переходів; швидкозамінюваність при переході на обробку іншої деталі чи при заміні зношеного інструмента; зручність попереднього настроювання та контролю стану; монотонність характеристики зношення в часі тощо.

Вибір раціональних конструкцій ріжучого інструмента, інструментального матеріалу та режимів обробки при дотримуванні норм зношення інструмента дає можливість підвищити надійність і стабільність роботи ГВС.

Основні напрями вдосконалення ріжучого інструмента: створення та вдосконалення складеного твердосплавного інструмента, оснащеного змінними багатогранними пластинами; застосування зношувальностійких покриттів ріжучого інструмента; широке використання нових інструментальних матеріалів; створення інструмента з автоматичною зміною ріжучих пластин за програмою; автоматизація переналагоджування інструмента; створення інструмента з програмно керованими геометричними параметрами.

У ГВС широко застосовується інструмент з нових матеріалів - синтетичних надтвердих матеріалів типу композитів 0,1; 0,5 та 10; ріжучої

кераміки марок ВОК-60 та ін., безвольфрамових твердих сплавів марок КНТ16 і ТН20.

Велика кількість типів верстатів з ЧПК зумовила необхідність уніфікувати способи кріплення та фіксації ріжучого інструмента. Для верстатів з ЧПК певних груп створено системи допоміжного та спеціального інструмента, що забезпечують надійне закріплення всього стандартного ріжучого інструмента, необхідне для якісного виконання його технологічних функцій.

Допоміжний інструмент має задовольняти таким вимогам: мінімізація номенклатури інструмента; точність, жорсткість, і вібростійкість з урахуванням інтенсивних режимів різання; кріплення інструмента; забезпечення правильного положення ріжучих кромок відносно координат

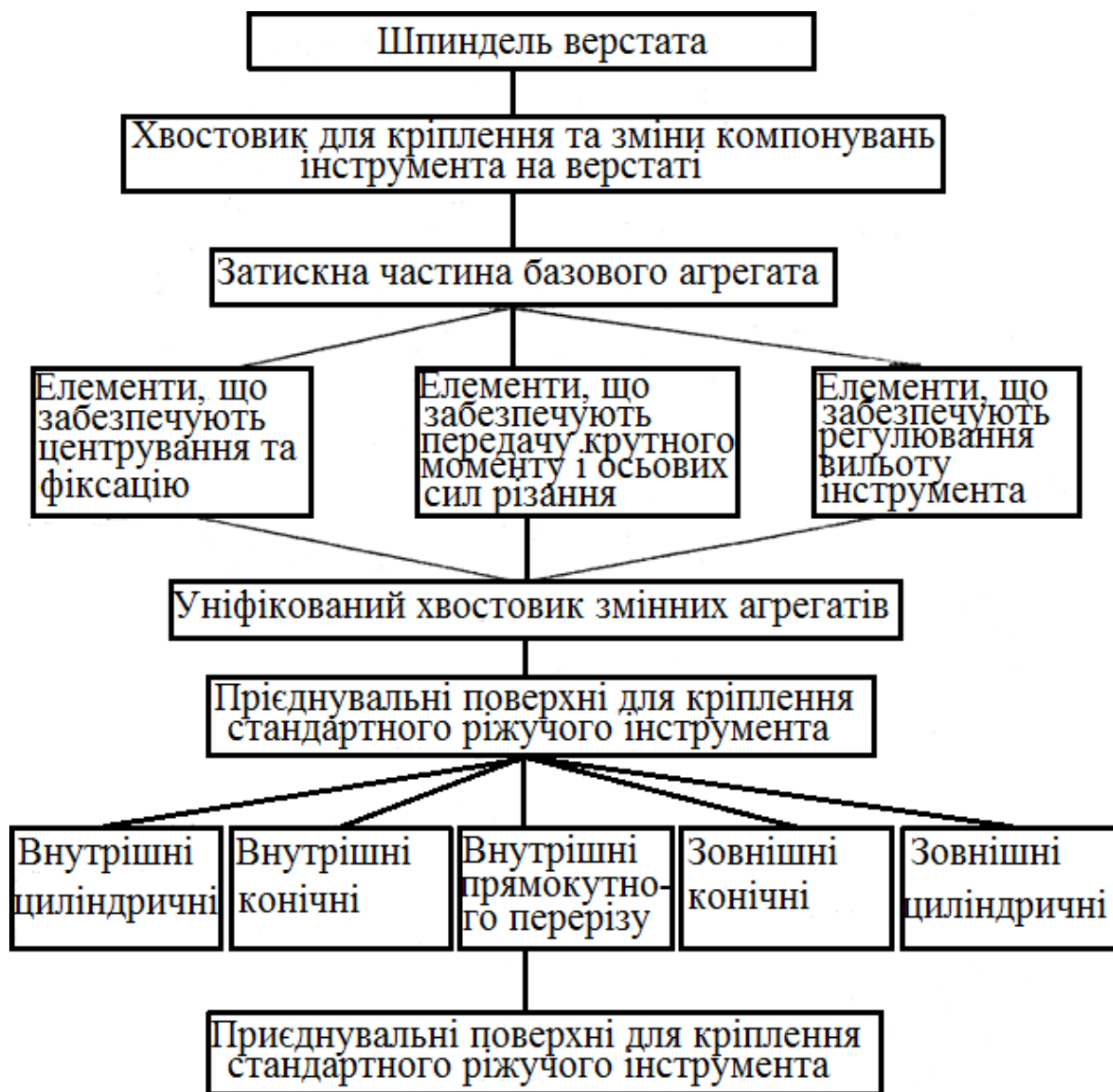


Рис. 38. Схема побудови системи допоміжного інструмента

системи ВПД, регулювання інструмента; зручність у роботі елементів системи, достатні швидкозмінюваність і технологічність у виготовленні.

При створенні системи допоміжного інструменту враховують перш за все умови мінімізації та уніфікації її елементів. Допоміжний інструмент уніфікується типізацією технологічних переходів обробки елементарних поверхонь. Це дає можливість обмежити номенклатуру приєднувальних поверхонь, довжин і діаметрів ріжучого інструмента, стандартизувати спосіб регулювання положення ріжучих кромek і т.д.

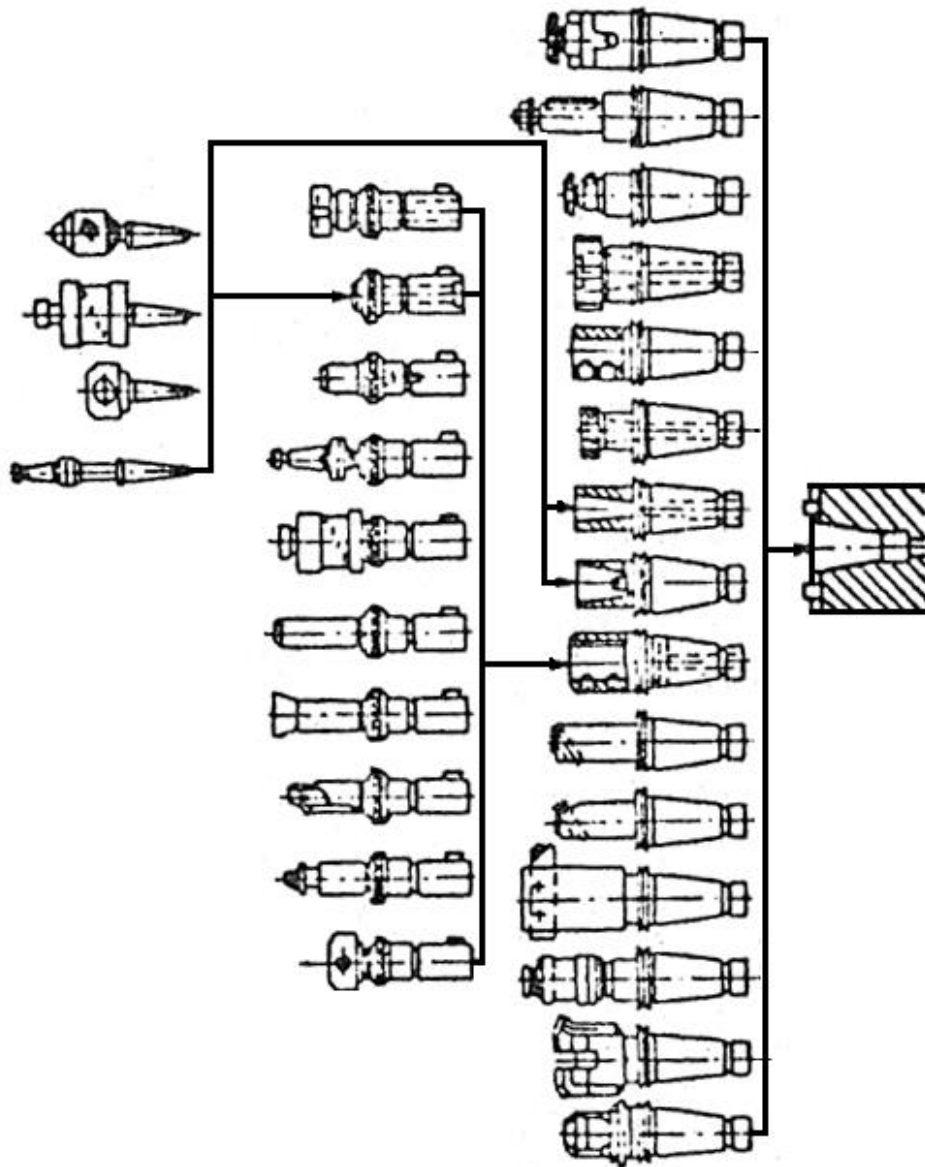


Рис. 39. Система інструментального оснащення для верстатів з ЧПК

Найважливіше уніфікувати приєднувальні елементи інструмента, за допомогою яких він кріпиться до верстата. У більшості типів верстатів з ЧПК прийнято систему кінцевого кріплення ріжучого інструмента з

використанням конічних хвостовиків. Такий спосіб кріплення застосовується не лише для кінцевих інструментів, а й для різцевих блоків. Конічний отвір шпинделя більшості верстатів з ЧПК виконано з конусністю 7:24, що дає можливість використовувати для всіх інструментів уніфіковані хвостовики.

Узагальнену схему, що забезпечує перехід від хвостовика будь-якого інструмента до шпинделя верстата за допомогою стандартних перехідних інструментів, зображено на рис. 38.

Системи допоміжного інструмента створюються за наведеною схемою для верстатів окремих типів. Схему системи інструментального оснащення верстатів з ЧПК, що розроблена на базі допоміжного інструмента за кресленнями ВНДІ інструмент з урахуванням вимог СТ СЭВ 1858-79 на інструментальні хвостовики, показано на рис. 39.

Складений у блок інструмент закріплюється за допомогою уніфікованої оправки з хвостовиком конусністю 7:24 (рис. 40). Приймальний отвір оправки може бути циліндричним або конічним. Він дає можливість регулювати інструмент за довжиною.

Оправки виготовляють із сталі 20Х або І8ХГТ з цементацією вглиб на 0,6...1,0 мм і завалюванням до HRC 53-57. Хвостовики мають шийки з головками для захвату оправок пристроями, що закріплюють допоміжний інструмент у шпинделі верстата. На циліндричній частині оправки виконано кільцеву канавку під захват пристрою для автоматичної заміни інструмента.

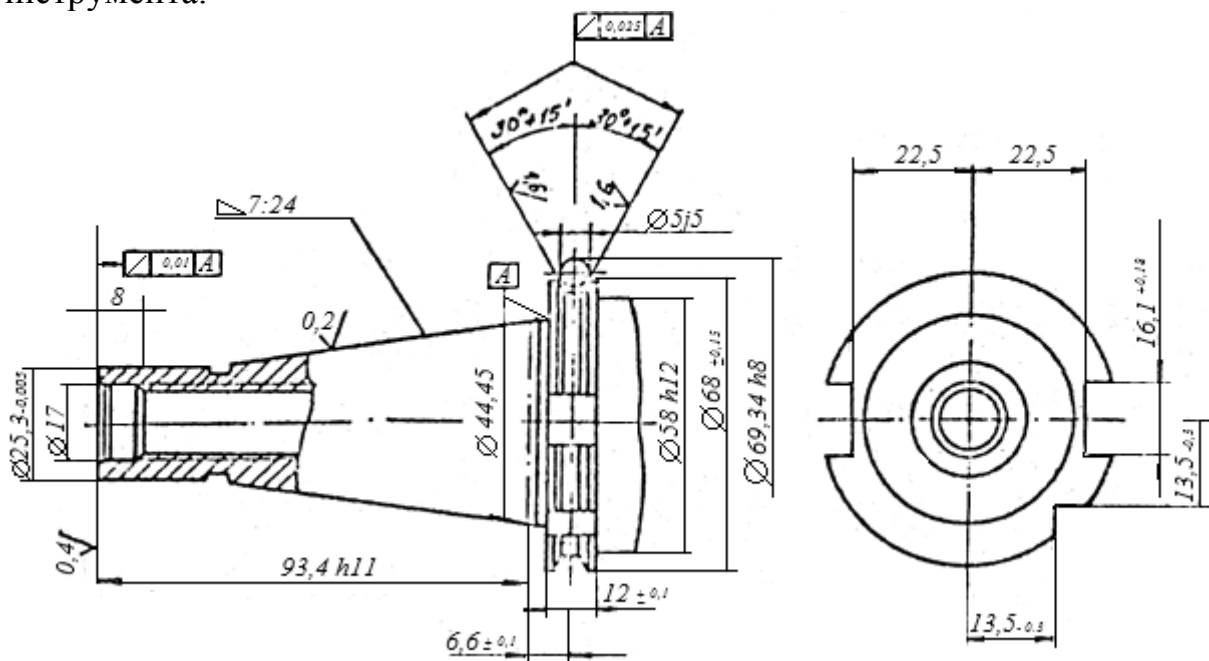


Рис. 40. Схема уніфікованої оправки

У сучасному світовому верстатобудуванні відомо кілька тисяч типорозмірів допоміжного інструмента, що значно утруднює обмін технікою та технологією і перешкоджає взаємозамінюваності окремих систем інструментального забезпечення.

Доцільно розробити типові комплекти інструментального забезпечення ГВС, створені на основі узагальнення виробничого досвіду в рамках окремих підприємств, галузей і промисловості в цілому. Типові системи інструментозабезпечення ГВС можна створити на агрегатно-модульній основі, що передбачає використання основи модульної технології, типізації та уніфікації технологічних процесів, а також типові елементарні переходи для обробки окремих елементів форми та комплексів поверхонь. Така робота, що проведена з використанням сучасних методів оптимізації, дасть змогу створити стандарти на системи інструментального забезпечення, які дадуть можливість блочної побудови та нарощування і забезпечать оптимальне живлення інструментів, створюваних і створених ГВС.

Один з основних факторів, що визначає можливість вмонтовування верстата з ЧПК в гнучкий комплекс, - наявність, конструкція й основні характеристики пристроїв автоматичної заміни інструмента. Ці пристрої скорочують допоміжний час і простоювання верстатів, пов'язані з заміною інструмента. Основні елементи цих пристроїв: інструментальні магазини для накопичування та збереження інструмента; завантажувально - розвантажувальні пристрої для знімання та встановлення інструмента в шпинделі верстата; проміжні транспортні пристрої для передачі інструмента від магазинів, накопичувачів і транспортних засобів до завантажувально-розвантажувальних пристроїв.

До пристроїв автоматичної заміни інструмента ставляться вимоги, що визначають ефективність їх роботи: мінімальні затрати часу на заміну інструмента; висока надійність роботи, достатня місткість інструментального магазину; максимальне суміщення часу заміни інструмента з часом роботи верстата; мінімальний вплив маси інструмента на точність обробки; мінімальний вплив динаміки роботи магазину на якість оброблюваної поверхні; зручність обслуговування магазину під час роботи верстата; зручність і безпека спостереження за обробкою, захищеність магазину та розміщеного в ньому інструмента від попадання стружки та ЗОР; мінімальна додаткова площа, яку займає магазин; можливість збільшення місткості магазину без суттєвих змін конструкції решти вузлів пристрою заміни інструмента і верстата; можливість застосування принципів агрегування.

Конструктивне та компоновальне рішення механізмів автоматичної заміни інструмента залежить від типу верстата, його технологічних

можливостей, розташування шпинделя, типу застосовуваного інструмента, тривалості заміни інструмента. Основна відмінність компоновки полягає в розташуванні інструмента відносно шпинделя верстата. Схеми розташування інструментальних магазинів верстатів з ЧПК на шпиндельній бабці показані на рис. 41, а, на стойці зверху - на рис. 41, б, на стойці збоку - на рис. 41, в, поруч із верстатом - на рис. 41, г.

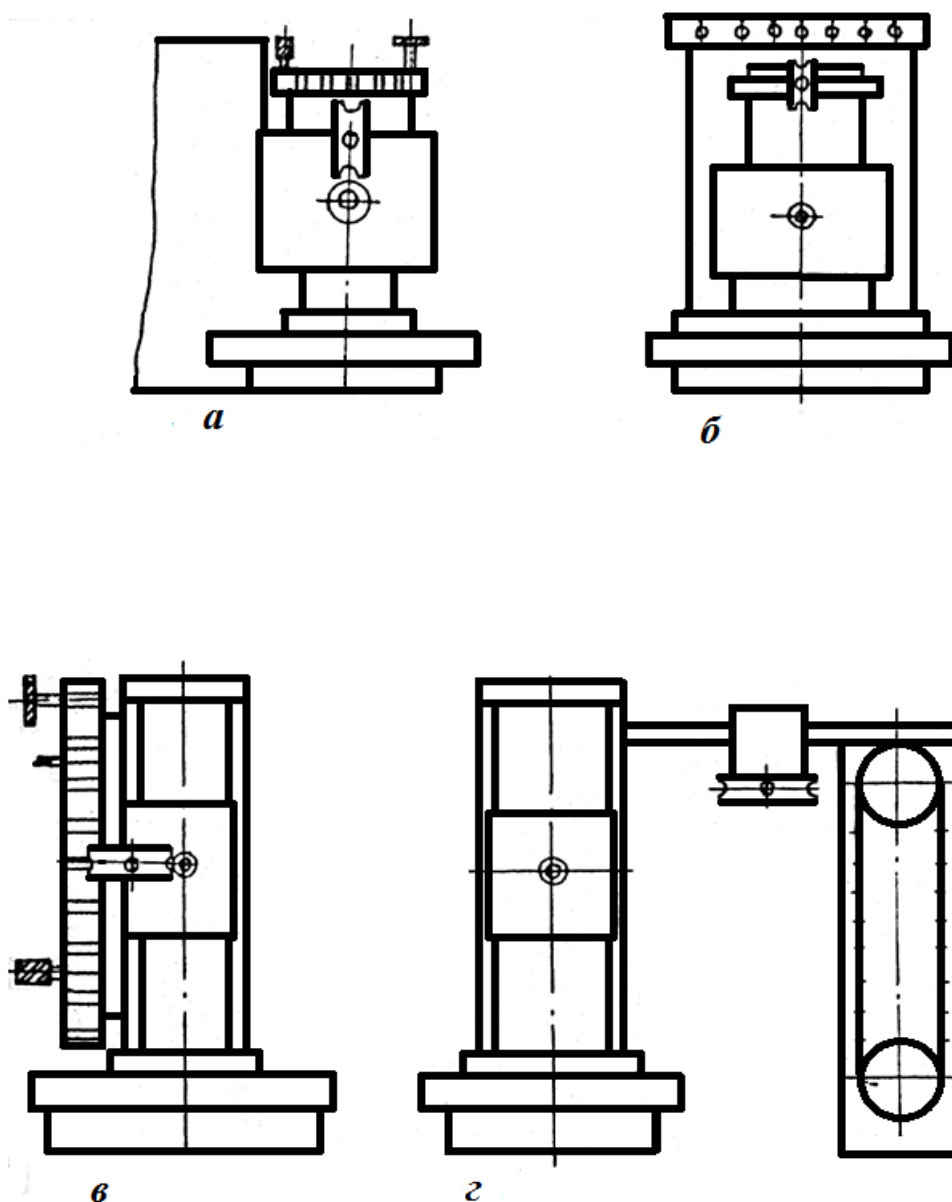


Рис. 41. Основні схеми розташування інструментальних магазинів верстатів з ЧПК

Розташування магазину на шпиндельній бабці не вимагає додаткових переміщень автооператора шпиндельної бабки чи магазину, щоб забезпечити необхідне взаємне положення магазину та шпинделя при заміні

інструмента. Тому інструмент можна замінювати не лише при нульовому, а й при будь-якому іншому положенні шпинделя. Установлення магазина безпосередньо на шпиндельній бабці негативно впливає на точність верстата. Більш ефективно з точки зору якості обробки компонування магазина ланцюгового типу поза верстатом на окремих опорах.

Заміна інструмента відбувається при переміщенні шпиндельної бабки після закінчення чергового переходу у вихідну точку обробки. Верстати з вертикальним розташуванням шпинделя іноді оснащуються пристроями автоматичної зміни інструмента, в яких шпиндель проходить через магазин після обробки шпиндель повертає інструмент прямо в магазин, проходить через нього, щоб дати магазину можливість повернутися в необхідне положення та підвести наступний інструмент до контрольного датчика. Потім шпиндель подається вперед, фіксуючи в робочому положенні інструмент, необхідний для виконання наступної операції. Розповсюджено механізми з автоматичною зміною інструмента, розташовані на колоні багатоопераційних верстатів. Проте маса механізму при його консольному розташуванні може збільшувати похибки обробки. Розташовуючи магазин збоку від колони, забезпечують зручний доступ. Це дає можливість повертати його та завантажувати інструмент під час роботи верстата.

Інструментальні магазини, що виконують функції зберігання та накопичування інструмента, розподіляють на дві основні групи. До першої відносяться магазини, в яких інструменти, розташовуючись у певній послідовності, безпосередньо сприймають зусилля різання. Конструкція магазина - орган, на який діють сили, тому має виконуватись з урахуванням вимог жорсткості та точності. Магазини другої групи призначені лише для зберігання інструмента та поділяються на магазини дискового, барабанного, ланцюгового та секційного типів. Найбільшу місткість мають магазини ланцюгового типу.

Пристосування заміни інструмента з магазинами ланцюгового типу застосовують при проектуванні багатоцільових верстатів провідні фірми зарубіжних країн. Вони необхідні в основному при роботі важким інструментом масою до 20 кг, включаючи багатоінструментальні головки. У таких системах працює проміжний пристрій човникового типу, а інструмент з магазина на човник передається над верхнім торцем колони.

Конструкція та технологічні можливості пристроїв автоматичної зміни інструмента визначають вибір верстатів з ЧПК при розробці структур ГВС. При цьому враховуються місткість, розташування та доступність інструментального магазина, наявність датчиків для контролю зношення та виявлення пошкодження інструмента, а також часу від „різу до різу”, який визначається проміжком часу від моменту припинення

різання одним інструментом до моменту початку різання наступним після заміни.

Найпоширеніший метод заміни інструмента - передача його з магазину до шпинделя та назад за допомогою автооператора з поворотним важелем. За кількістю захватів автооператори бувають одно -, дво - та багатозахватні. Найрозповсюдженіші двозахватні інструментальні автооператори з обертальним рухом захвата, виконані у вигляді двоплечового важеля з двома захватами з радіальними затискувачами. Такі автооператори широко застосовуються в автоматичних пристроях для заміни інструмента з дисковими інструментальними магазинами, розташованими в шпиндельній бабці, ланцюговими магазинами, а також для завантаження інструмента в шпиндель верстата з гнізда централізованих пристроїв живлення інструмента ГВС.

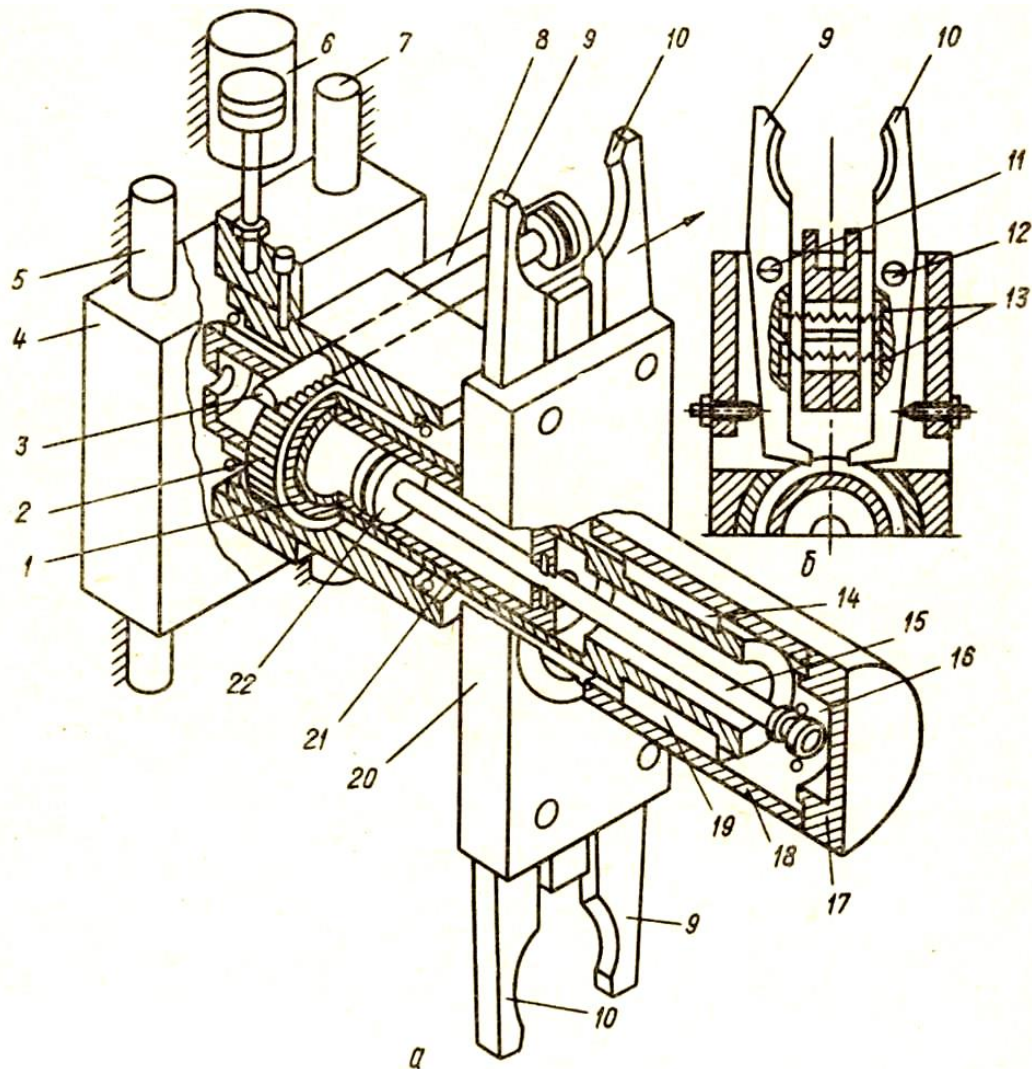


Рис. 42. Схема автооператора для зміни інструмента на верстаті з ЧПК

Двозахватний автооператор, який розміщено над шпиндельною бабкою верстата [92, 93, 94], зображено на рис. 42. Між його захватами - важелями 9 та 10 встановлено пружини 13, що прагнуть повернути захвати відносно осей 11 та 12. Захвати змонтовані в корпусі 20, з'єднаному з гільзою 18. У кришці 17 гільзи закріплено шарикопідшипник 16, посаджений на кінець штока 15 гідроциліндра 21.

При переміщуванні поршня 22 разом із штоком 15 рухається також гільза 18 із захватами. При цьому інструментальні оправки вилучаються з гнізда магазина чи з посадочного конуса шпинделя. Для часткової заміни інструмента необхідно повернути конус 20 із захватами, для чого служить гідроциліндр 8. Шток гідроциліндра з'єднано рейкою 3, яка зчеплена з зубчатим вінцем 2, який закріплено на стакані 1. Правий кінець стакану 1 двома довгими шпонками 14 та 19 сполучений з гільзою 18. Тому гільза і корпус 20 повертаються разом із стаканом 1. Довгі шпонкові пази дають можливість гільзі з захватами робити необхідні поздовжні переміщення.

Для захвата інструмента з магазина корпус 4 автооператора підіймається гідроциліндром 6 за напрямними 5 та 7 у крайнє верхнє положення, при якому один із захватів фіксує фланець інструментальної оправки, підготовленої до подачі в шпиндель верстата. У подальшому при вилученні з магазина та перенесенні в шпиндель оправка утримується пружинами 13.

Запобіжний пристрій забезпечує стійке положення інструментальної оправки в захваті в момент повороту автооператора. У момент повороту корпусу 20 внутрішні кінці К важелів (рис. 42,б) впираються у шпонки 14 та 19, що не дає можливості важелям зблизитися та звільнити оправку.

Пошук інструмента в інструментальних системах відбувається за допомогою його кодування. У верстатах з револьверними головками інструменти розташовані в технологічній послідовності та можуть використовуватись лише один раз протягом циклу обробки. У багатоцільових верстатах кодування інструмента не пов'язане з його певним місцем у магазині. При цьому на оправку встановлюються кодові кільця, комбінація яких зчитується пристроєм контактного або безконтактного типу. Для корування використовуються також різьбові штирі, що вкручуються в оправку у певній послідовності, кодові гребінки та цифрові коди, нанесені на оправку. Код інструмента зчитується різними датчиками контрольного та безконтрольного типів. При збігу коду правки з кодом, записаним на перфострічці програми, магазин зупиняється в потрібному положенні.

Кодування інструмента за допомогою кодових кілець збільшує виліт інструмента, його масу та час пошуку. Широко розповсюджено спосіб корування гнізд інструментального магазину, який має такі переваги: простота та дешевизна оправок, можливість автоматичної заміни

інструмента великого діаметра з пропуском гнізд, короткочасність заміни інструмента.

Впровадження гнучких систем металообробки вимагає створення на агрегатній основі системи постачання інструменту, в яких магазини розраховані на більш як 100 інструментів масою 30 кг, передбачено автоматичну заміну головок і систему контролю довжини, зношення та злам інструмента.

Необхідно широко розвивати принципи взаємозамінюваності агрегатів і вузлів систем заміни інструмента, які дають можливість легко об'єднувати в гнучкі комплекси різнотипні верстати з ЧПК та з централізованим забезпеченням інструментом усіх верстатів. На цій основі розробляються конструкції інструментальних палет, що забезпечують зберігання, складування й автоматичну подачу наборів інструмента на задану позицію гнучкої системи.

2.5. Система автоматизованого контролю

У ГВС поряд із розв'язанням традиційних задач контролю якості обробки мають розв'язуватися проблеми ідентифікації, автоматичного маніпулювання виробами та інструментом, розпізнавання об'єктів і впливів, оцінки стану робочої зони за побічними ознаками тощо. Для цього необхідні засоби контролю нового покоління, здатні замінити органи сенсорного поля людини, такі, наприклад, як органи технічного зору.

Один із основних способів надати пристроям „почуття” - створення систем технічного зору, які дають можливість з мінімальною реконструкцією динамічно перебудувати систему управління обладнанням. Функціонування систем технічного зору ґрунтується на методах розпізнавання зображення за допомогою кодування та їх обробки на ЕОМ, щоб ідентифікувати образи об'єктів і проаналізувати виробничі ситуації.

Для розпізнавання об'єктів системами технічного зору найчастіше використовуються алгоритми ідентифікації за набором характерних ознак об'єкта. Такі системи вимагають надійного програмного забезпечення, вартість якого значно перевищує вартість технічних засобів.

Основні функції технічного контролю в ГАВ: контроль транспортування та зберігання знарядь праці; виробничий контроль, що передбачає контроль якості продукції та контроль технологічних процесів; експлуатаційний контроль, що забезпечує контроль технічного стану всіх видів обладнання з пошуком дефектів.

Класифікація способів контролю, застосовуваних у ГВС, наведена в табл. 7. Контроль до обробки спрямований перш за все на забезпечення безперебійної роботи обладнання попереднім обміром заготовок, через те що заготовки з підвищеним припуском можуть викликати псування

інструмента, а також перевіркою стану інструмента. Контроль під час обробки призначений для попередження браку. Контроль після обробки передбачений в основному для гарантії якості готової продукції.

При контролі якості оброблюваної деталі параметрами, що контролюються, є розміри, шорсткість поверхні та температура. До параметрів ріжучого інструмента, що контролюються, належать ширина стрічки зношення, відстань від вершини ріжучого інструмента до постійної бази, рівень вібрації, температура, залишкова радіоактивність. Взаємодія ріжучого інструмента та деталі характеризується окремою групою параметрів: положенням інструмента відносно деталі, тривалістю циклу обробки, силою різання, крутним моментом, потужністю, споживаною при обробці, рівнем вібрації та звукових коливань, ЕРС різання й електричним опором зони контакту інструмент - оброблювана деталь.

Мінливий і багатофакторний характер гнучкого виробництва вимагає для створення ефективних систем автоматичного контролю застосування чутливих елементів первинного контролю, а також використання різних алгоритмів інформації, що збирається на другому рівні контролю.

Таблиця 7

Класифікація способів контролю в ГВС

Об'єкт контролю	Параметр, що контролюється	Вимірювана величина
1	2	3
До обробки		
Верстат	Положення робочих органів у висхідній точці	Відстань від базових осей і поверхонь
Пристосування	Справність основних систем	Тиск у гідро - та пневмосистемах, електричні сигнали в контрольних точках
	Частота базових поверхонь	-
	Наявність	Так – ні
	Шифр	Кодовий номер
	Положення	Відстань від базових поверхонь
	Надійність кріплення	Зусилля затискання

Продовження табл. 7

1	2	3
Інструмент	Наявність	Так - ні
	Шифр	Кодовий номер
	Розміри:	
	токарного	Відстань від ріжучої кромки до базових поверхонь;
	кінцевого	довжина та діаметр
	Надійність кріплення	Зусилля затискання
Заготовка	Зношення	Величина зношення
	Пошкодження ріжучої кромки	-
	Наявність	Так - ні
	Шифр	Кодовий номер
	Положення	Розмір від базової поверхні
	Припуски	Розміри заготовки
Під час обробки	Надійність кріплення	Зусилля затискання
Верстат	Параметри різання	Тривалість циклу обробки
		Сили різання Крутний момент
		Потужність, споживана на різання
		Вібрації механізмів і вузлів верстата
	Справність систем верстата	
	Точність переміщень робочих органів	
Пристосування	Положення	Відстань від базових поверхонь
Інструмент	Затуплення	Сили різання Крутний момент
		Вібрації інструмента
		Чистота оброблюваної поверхні
		Температура
		Потужність, споживана на різання
		ЕРС різання

1	2	3
		Електричний опір в зоні контакту "Інструмент - деталь"
Деталь	Параметри по переходах	Звукові коливання Лінійні розміри Форма поверхонь Шорсткість поверхонь Температура
Після обробки		
Пристосування	Положення	Відстань від базових поверхонь
Інструмент	Затуплення	Параметри ріжучої кромки та розміри
Деталь	Основні розміри та похибки форми	-
	Шорсткість поверхонь	Розміри мікронерівностей

До первинних датчиків (рецепторів) контролю якості та стану ріжучого інструмента ставляться такі вимоги [4, 7, 32, 34]: пропорційність вигідного сигналу зношення ріжучого інструмента в усьому діапазоні допустимого зношення; наявність реакції на поступове зношення та злам ріжучого інструмента, наявність ознак сигналу для різних видів обробки на верстаті; можливість передачі сигналу на певну відстань від контрольної точки; нечутливість (інваріантність) до впливання таких факторів механічної обробки, як дія стружки, МОР, виникнення та зникнення наросте на ріжучій кромці; змінення температури інструмента, заготовки та рівня вібрацій механізмів і вузлів верстата; відхилення твердості заготовки та її фізико-механічного складу.

Загальні вимоги до вимірювальних перетворювачів: забезпечення функцій перетворення на всіх операціях, що виконуються на верстаті; невеликі габаритні розміри та простота вмонтовування в різні верстати; можливість налаштування та регулювання в процесі експлуатації; відсутність впливу на роботу верстата та системи ЧПУ; нечутливість до впливання таких зовнішніх факторів, як температура, вібрації, шуми, дія стружки, та технологічних змащувально-охолоджувальних засобів.

Найбільш розповсюджені засоби прямого контролю з високою точністю заготовок, деталей і інструмента поза процесом обробки - датчики дотику. Датчик дотику складається з корпусу та контактної щупа. При натисканні на щуп у будь-якому напрямі спрацьовує кінцевий

вимикач, розташований у корпусі датчика, закріпленого в шпинделі, на станині верстата або в іншому місці. При спрацюванні кінцевого вимикача від нього надходить сигнал у ЧПК верстата, який є командою для визначення поточних координат рухомих вузлів. Якщо датчик знімний, то сигнал від нього передається безконтактно. Коли вимірювання не виконуються, датчик автоматично вміщується в інструментальний магазин. Приймач сигналу датчика залишається на корпусі верстата.

За принципом роботи датчики дотику можуть бути контактними (рис. 43, в, б), індуктивними (рис. 43, в), а також п'єзоелектричними.

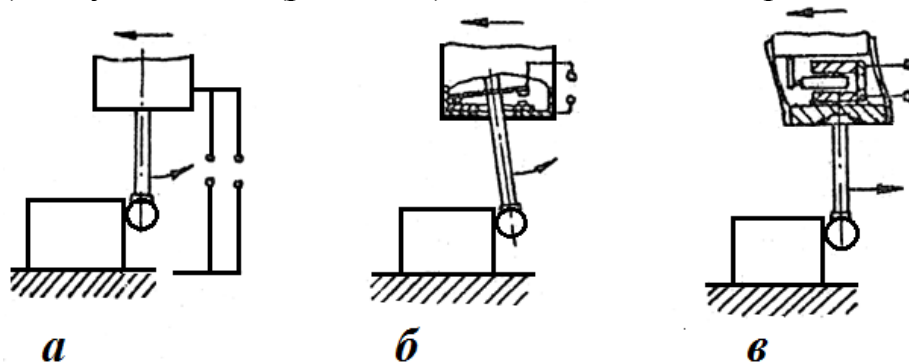


Рис. 43. Схеми датчиків дотику

За способом передачі сигналів розрізняють головки з кабельним зв'язком, безконтактно-індуктивні, з оптичним і радіозв'язком.

Схематичне зображення одного з варіантів конструкції датчика дотику показано на рис. 44. Він має хвостовик 4 для встановлення в шпинделі I верстата та в інструментальному магазині. У порожнині 3 хвостовика встановлено батарею 2. До внутрішнього торця хвостовика прикріплено змінний елемент 5 з пружиною 6, що впирається в негативний вивід батарей 2 та є для нього заземленням. До позитивного виводу батарей 2 притиснуто контакт 7. До зовнішнього торця хвостовика 4 прикріплено корпус ІЗ, в якому змонтовано щуп 14, пов'язаний з блоком перемикачів, що розташований у корпусі 13 (замикає контакти при зміщенні щупа 14 по осях X, Y, Z верстата). Блок перемикачів через штепсельну вилку 15 та розетку 16 електрично пов'язаний зі схемою на печатній платі, яка вміщує схему генератора, сигнал виходу якого надходить на первинну обмотку 9. Первинну обмотку встановлено на кронштейні 11, в якому змонтовано перемикач 12 з плунжером 8, який спрацьовує в момент контакту зі шпонкою 10 при затисканні хвостовика 4 в шпинделі. Перемикач 12 з'єднує батарею 2 з печатною схемою при встановленні хвостовика в шпиндель та від'єднує батарею, коли хвостовик вилучений з нього. Пружина перемикача стискається при нормально розімкненому його положенні та розмикається одразу після виходу плунжера 8 з контакту зі шпонкою 10 шпинделя.

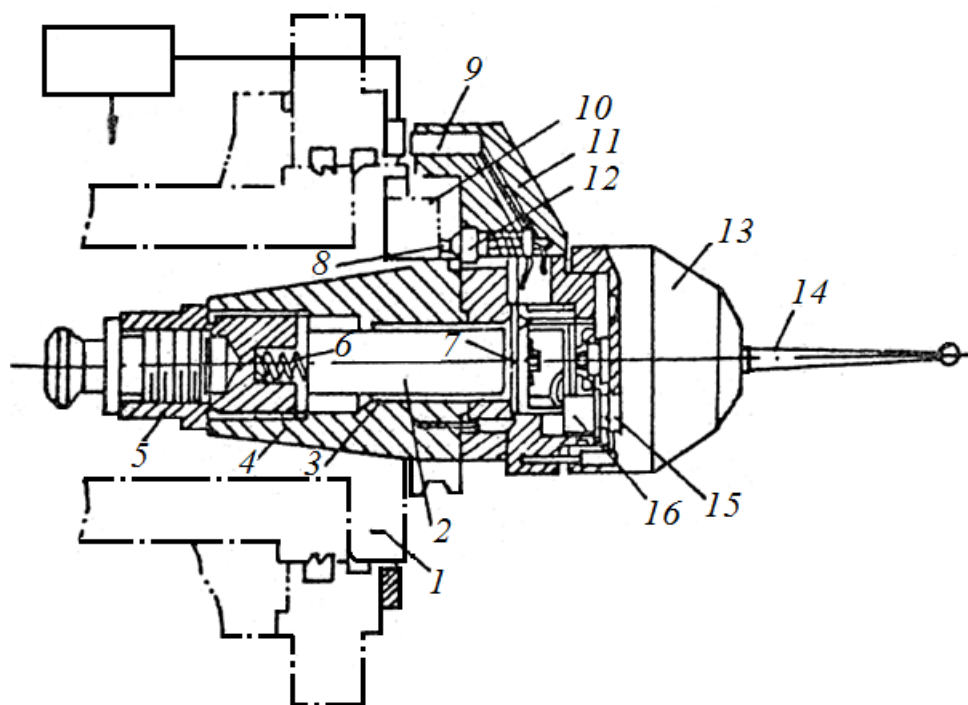


Рис. 44. Конструкція датчика дотику

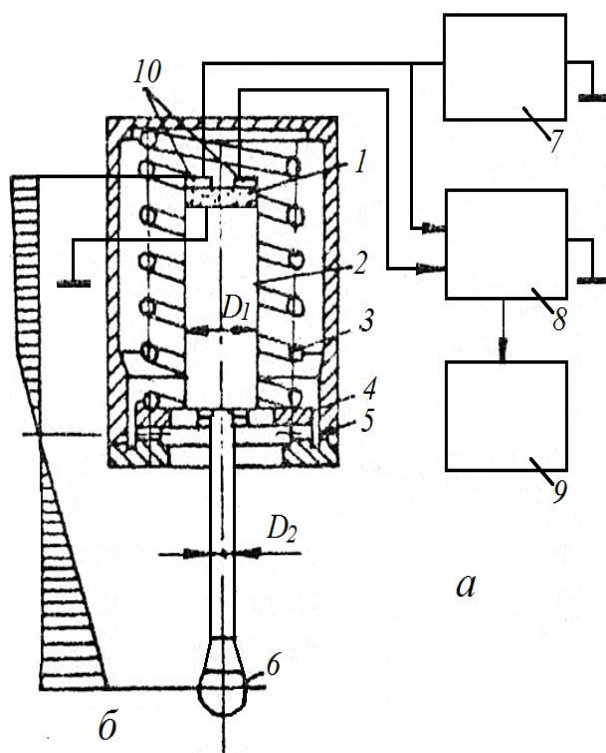


Рис. 45. Схематичне зображення датчика на основі п'єзоелектричних резонаторів

Високу чутливість мають датчики на основі п'єзоелектричних резонаторів (рис. 45). Датчик складається із заземленого електрода перетворювача 1, концентратора 2, пружини 3 для притискання концентратора фланця 4, корпусу 5, вимірювального наконечника 6, генератора 7, фазочутливого пристрою 8, формувача 9 сигналу, електродів 10 датчика, що підминаються до генератора та фазочутливого пристрою. Генератор викликає високо-частотні поздовжні механічні коливання, розподіл амплітуд яких уздовж концентратора показано на рис. 45. При натисканні на деталь різко змінюється амплітуда сигналу та його фазовий зсув відносно сигналу генератора. Для цього достатні зусилля 0,01...0,05 Н.

Сигнали від вимірювального щупа передаються датчиком з інфрачервоним випромінюванням (оптичним зв'язком).

У датчику (рис. 46), що складається з корпусу 3 з вимірювальним щупом 4, світловипромінювальні діоди 1 встановлені на периферії та передають від вузла передачі 2 модульований світловий сигнал, який проникає крізь масляний туман, МОР і дим і приймається приймачем 11. Батареї 6 кріпляться спеціальним пристроєм 5. Зміщення щупа датчика в момент дотику викликає зміни частоти модуляції світлового потоку. Це фіксується, і сигнал надходить до ЧПУ. Типи вимірювальних наконечників головки датчика показані на рис. 47.

Санкт-Петербурзьким інструментальним заводом випускаються індикатори дотику типів БВ-4271 та БВ-4272. Вони контролюють ріжучий інструмент і оброблювану деталь безпосередньо на верстаті з ЧПУ. При наявності спеціальної системи ЧПУ та математичного забезпечення вони дають можливість виконувати на верстаті всі функції координатно-вимірювальних машин. Число вимірювальних координат визначається числом координатних переміщень верстата та в загальному випадку відповідає двом у токарних і трьом - у свердлувально - фрезерно - розточних верстатах (обробляючих центрах).

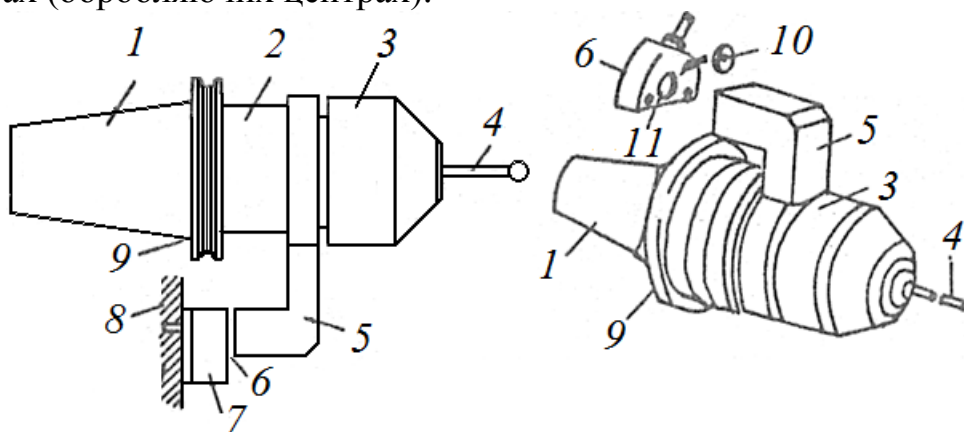


Рис. 46. Схема датчика з інфрачервоним випромінюванням

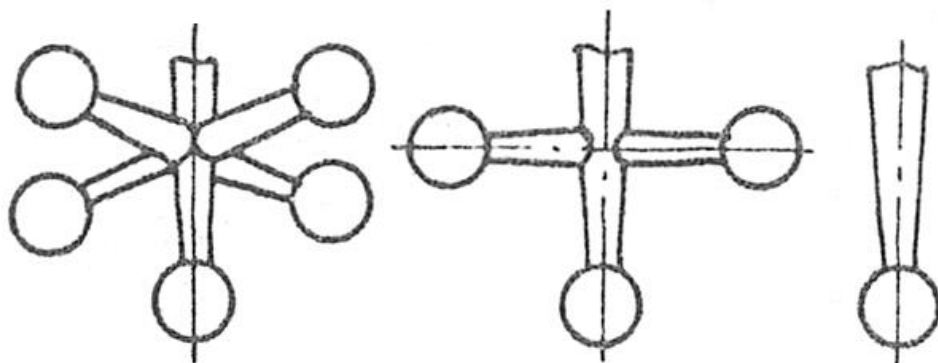


Рис. 47. Типи вимірювальних наконечників датчиків дотику

Задача вимірювання зводиться до того, щоб знайти точки, які визначають положення інструмента на верстаті. Положення розмірів, що визначають вершини чи грані інструмента, змінюється щуповою головкою, яка закріплюється на базі деталі. В індикаторах БВ-4271 (для токарних верстатів) і БВ-4272 (для оброблюючих центрів) здійснюється безкабельний оптичний зв'язок в інфрачервоному діапазоні хвиль. Індикатори типу БВ-4271 мають шість виконань, БВ-4272 - вісім. Основні технічні характеристики: розмах спрацювання - 2 мкм; вільний хід уздовж щупа - 8 мм. Основні відомості про індикатори наведені в табл. 8.

Таблиця 8

Загальні відомості про індикатори дотику
типів БВ-4271, БВ-4272

Тип	Основні характеристики	Оптова ціна, грн.
БВ-4271-02	Герметизована головка для деталі, спарена з передатчиком	4500
БВ-4271-03	Додатково оснащений головкою для інструмента	6000
БВ -4271-04	Те саме з забезпеченням можливості вмонтування в інструментальний блок	5500
БВ-4271-05	Головка для деталі з автономним передатчиком, що вмонтовується в револьверну головку	5500
БВ-4271-06	Те саме, додатково оснащена головкою для інструмента	5700
БВ-4271-07	Головка для інструмента зі спецкріпленням	-
БВ-4272	Щупова головка для деталі без хвостовика	5900
БВ-4272-01	Те саме, додатково оснащена головкою для інструмента	6900
БВ-4272-02	Те саме з хвостовиком з конусом № 50 з додатковою головкою для інструмента	7500
БВ-4272-03	Те саме, що й виконання 01, але з хвостовиком з конусом № 50	6800
БВ-4272-04	Те само з хвостовиком з конусом № 40	10000
БВ-4272-05	Те саме з хвостовиком з конусом № 60	12000
БВ-4272-06	Те саме, додатково оснащена другою головкою для інструмента	12000
БВ-4272-07	Те саме, що й виконання 03, безкабельна головка зі збільшеним вільним ходом 17 мм, без електронного блока	10000

Контрольно-вимірювальні машини (КВМ) за призначенням

поділяють на універсальні та спеціальні, за розмірами вимірюваних деталей - на малогабаритні (до $0,1 \text{ м}^3$), середньогабаритні ($0,1...2,5 \text{ м}^3$) і крупногабаритні ($2,5 \text{ м}^3$). За класом метрологічних задач розрізняють КВМ для корпусних деталей, деталей типу тіл обертання й універсальні, за точністю - прецизійні КВМ з похибкою до 10; виробничі - 10...25, низької точності - понад 25 мкм/м. За конструктивним виконанням КВМ можна розподілити на чотири типи: консольні, безконсольні, мостові, порталномостові. Застосовують також видозмінені конструкції кожного типу, що є їх комбінаціями.

Схематичне зображення КВМ показано на рис. 48. Контрольно-вимірювальні машини виконуються з плоским (рис. 48, а) і круговим (рис. 48, б) столом, порталним пристроєм (рис. 48, в) і косинцем (рис. 48, 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.

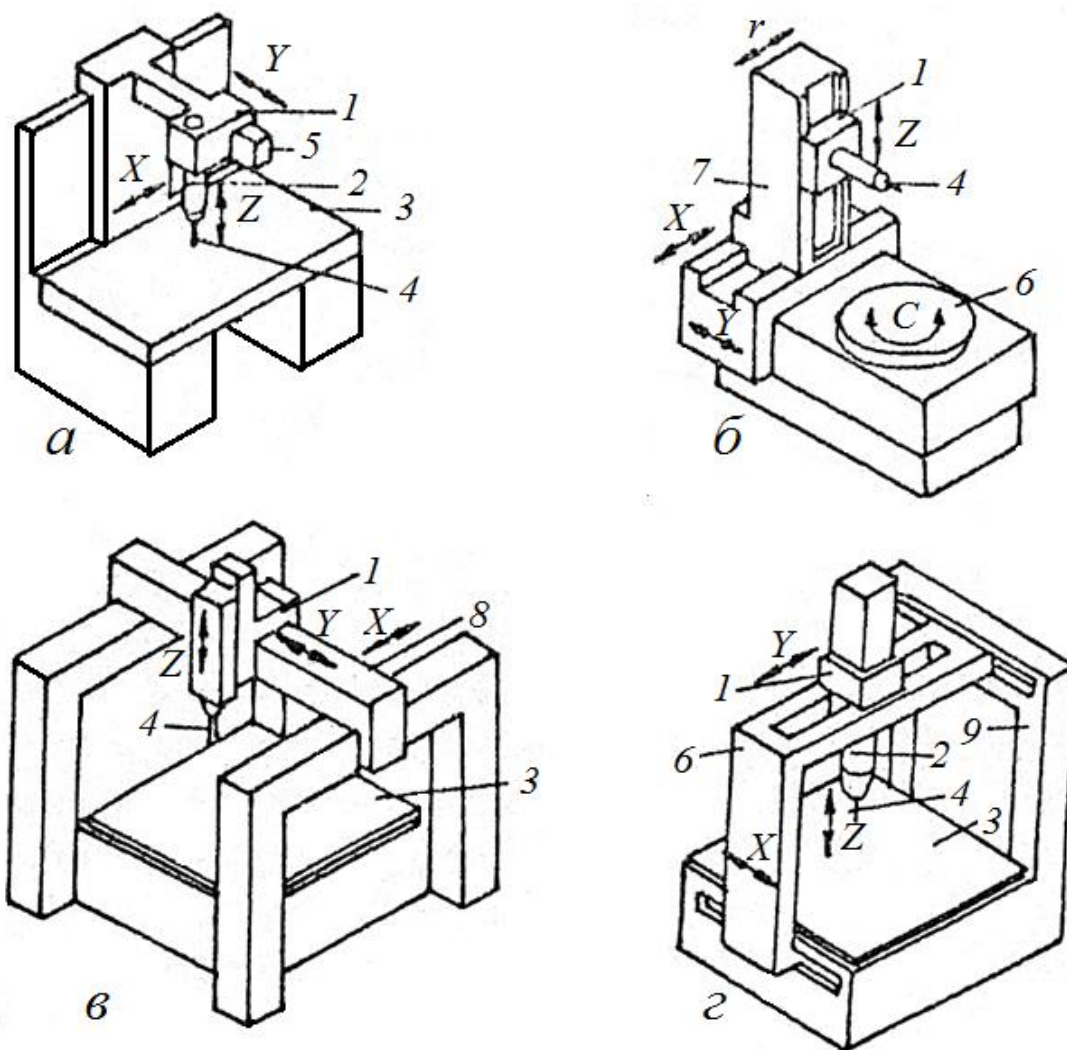


Рис. 48. Схематичне зображення контрольно-вимірювальних машин

Деталі, що вимірюються, встановлюються на нерухомому 3 або поворотному 6 столі. Сигналів відліку координат у всіх КВМ надходить від датчика дотику. Координати точок деталі за допомогою прямолінійних переміщень вимірювальних головок вимірюються у декартовій системі координат. Вмонтовуванням поворотних столів можна забезпечити збільшення числа координатних переміщень. Результати вимірювань оброблюють керувально-обчислювальним комплексом. Для цього до його складу включені ЕОМ, стандартні периферійні пристрої, блок управління електроприладами, різні перетворювачі. Технічні характеристики вітчизняних ЕОМ наведені в табл. 9.

Таблиця 9

Технічні характеристики контрольно-вимірювальних машин

Характеристика	Дані для моделі					
	ТП-1	ТП-2	ВЕ-14ОК	ВЕ-154	ВЕ-155	ЛР356К
Координатні переміщення по осі, мм:						
X	315	630	800	1000	1000	4000
Y	160	315	630	1600	630	2000
Z	160	315	630	630	400	1000
Найбільша похибка по координаті, мкм:						
X	5,0	7,0				80
Y	4,0	5,5	15,0	10,0	6,0	60
Z	5,0	5,5				40
Дискретність відліку, мкм	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	2
Повторюваність результатів вимірювань, мкм	0,5	0,5	2,0	1,0	0,5	5
Найбільше відхилення:						
по прямолінійності	2 мкм	2 мкм	5"	2"	2"	8"
перпендикулярності	1,5 мкм	2 мкм	3"	1"	1"	2,5"
Швидкість швидких переміщень, мм/с	25	25	100	100	100	100
Швидкість точних переміщень, мм/с	0,5	0,5	0,165	0,2	0,02	0,1
Найбільша маса вимірюваної деталі, кг	75	150	400	1200	800	5000
Маса КВМ, кг	1400	1700	5000	5000	3000	25000
Зайнята площа, м ²	9	10	18	18	18	40

Керувально-обчислювальні комплекси КВМ моделей ТІП-1 і ТІП-2 створені на базі мікроЕОМ „Електроніка ДЗ-28”, решта - на базі СМ-1.

Технічні засоби контролю використовуються в основному для підвищення точності обробки та діагностики стану ріжучого інструмента. Точність обробки підвищується різними методами.

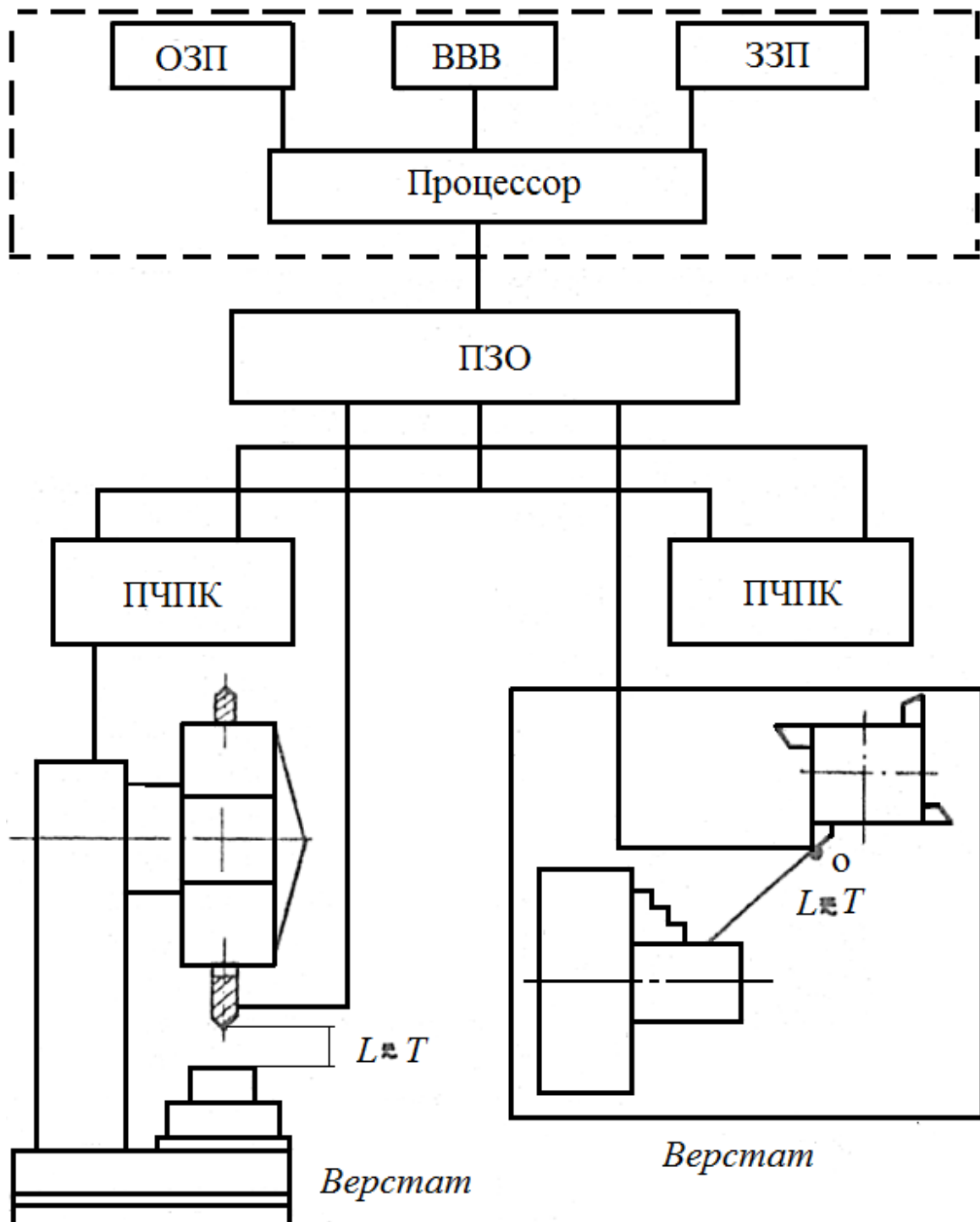


Рис. 49. Структурна схема системи програмно - часового контролю

Поширеним є метод підвищення точності передвикривленням управляючих програм, хоча випадковий характер основних факторів процесу різання не завжди дає змогу вносити адекватні корекції до програми. Застосовується також активний контроль для внесення корекцій до управляючої програми. Для цього в технологічний процес періодично включається контрольна операція та за результатами вимірювань вноситься корекція до управляючої програми.

Суттєвий ефект дає застосування програмно-часових способів у поєднанні з активними методами контролю та корекції положення інструмента. Структурну схему системи, що реалізує програмно-часовий спосіб контролю стану інструмента, зображено на рис. 49.

Система може функціонувати при наявності статистичних даних, що характеризують залежність похибки обробки від зношення інструмента. За цими залежностями складають підпрограми корекції зношення, які виконують на кожному верстаті, фіксуючи час напрацювання інструмента. При цьому визначають стан інструмента чи його наявність способом дотику з оброблюваною деталлю. Якщо в розрахунковий період дотику немає, то виконують програмну заміну інструмента запасним, а при його відсутності - програмну зупинку верстата. Цей спосіб контролю відпрацьовується так: у зовнішньому запам'ятовуючому пристрої (ЗЗП) за допомогою пристрою вводу - виводу (ПВВ) записана бібліотека управляючих програм обробки групи деталей у гнучкій системі. Частина цих програм і програма-диспетчер системи записані в оперативному запам'ятовуючому пристрої (ОЗП), де зберігаються також підпрограми корекції зношення інструмента, а також програми контролю стану інструмента, кратні відстані, яку проходить інструмент перед початком обробки від вихідного стану до очікуваного моменту дотику з оброблюваним матеріалом. Відстані пропорційні періоду стійкості ($L \sim T$) або числу кроків двигунів подач.

За запитом системи ПЧПК верстата кадри управляючих програм передаються логікою ЕОМ за маршрутом ЗЗП - ОЗП процесор - пристрій зв'язку з об'єктом (ПЗО) - ПЧПК. У ПЧПК верстатів кадри дешифруються, інтерполюються та імпульсами унітарного коду надходять до приводів подач інструмента.

У вихідному положенні інструмент електрично ізольований від маси верстата, знаходиться в розрахунковому нулі програми відносно координат верстата. При деякому зношенні, що відповідає певному часу обробки, таймер за підпрограмою „диспетчер” відповідно до описаного алгоритму роботи системи викликає переривання процесора для обробки кадру підпрограми, згідно з якою досягнуте зношення компенсується кроковою процедурою переміщення інструмента. Програмно-апаратні засоби

контролю ефективні у верстатних системах, де неможливо вмонтовувати датчики та апаратуру прив'язки та де не вимагається висока точність обробки деталей.

Технічна діагностика технологічного обладнання гнучких систем визначає показники надійності роботи в умовах безлюдної технології. Засоби технічного діагностування складаються з таких підсистем: контролю готовності обладнання до роботи, яка передбачає наявність заготовки, інструмента, відсутність різних блокувань, виходу робочих органів у робоче положення, завантаження управляючих програм; контролю роботи обладнання, що включає контроль за обробкою окремих частин управляючих програм, станом ріжучого інструмента, наявністю стружки в зоні різання, вимірюванням точності позиціонування окремих органів верстата тощо; діагностування місця виникнення дефекту, яке включається в роботу при виявленні дефекту однієї з раніше вказаних підсистем.

До параметрів, що контролюються, в процесі діагностування технологічного обладнання можна віднести збурюючі впливи, що залежать і не залежать від процесу обробки: впливу стану підшипникових вузлів, напрямних верстата, поява дисбалансу та нерівномірності ходів різних органів, виникнення вібрацій і шумів, змінення теплових характеристик у зонах різання та вузлах верстата.

Збурюючі впливи проявляються у зв'язку зі зміною основних характеристик верстатів: споживаної потужності, інтенсивності вібрацій, рівня шумів, теплових параметрів тощо. Контролювання вказаних характеристик і порівняння їх з паспортними даними дають можливість судити про стан обладнання та попередити можливі збої окремих технологічних одиниць.

2.6. Допоміжні системи

Допоміжні системи забезпечують сервісні умови для реалізації технологічного процесу. До них належать системи подачі та регенерації МОР, системи прибирання, транспортування та пакетування стружки, очищення, мийки та сушіння готових деталей і оснащення та ін.

Розрізняють три види системи подачі МОР: індивідуальні, групові та централізовані. Перевага індивідуальних систем - можливість швидкого переключення на новий вид МОР. Системи групового та централізованого обслуговування МОР дають змогу здійснити повну автоматизацію, знижують витрати на приготування очищення та регенерацію МОР. Усі системи працюють за замкненим циклом. Складність використання централізованих систем подачі МОР - слабка мобільність при переході на інший тип МОР, наприклад з водних розчинів на масляні. Тому використовувати в гнучкій системі декілька видів МОР, необхідних для забезпечення

технологічного процесу багато в чому визначають компонування та структуру системи.

Систему централізованої подачі МОР показано на рис. 50. Вона складається з бака-відстійника 5, звідки рідина насосом 1 подається по напірному трубопроводу 2 до верстатів 3. Відпрацьована рідина самопливом змивається в колодязі-відстійники 4 і по зливному трубопроводу 7 потрапляє до бака-відстійника. Витік і випаровування МОР в системі компенсують до початку зміни з додаткового бака 6, в якому готується МОР. Застосовуючи МОР в умовах ГВС, необхідно постійно вибирати оптимальний тип МОР, що задовольняє всім операціям механічної обробки.

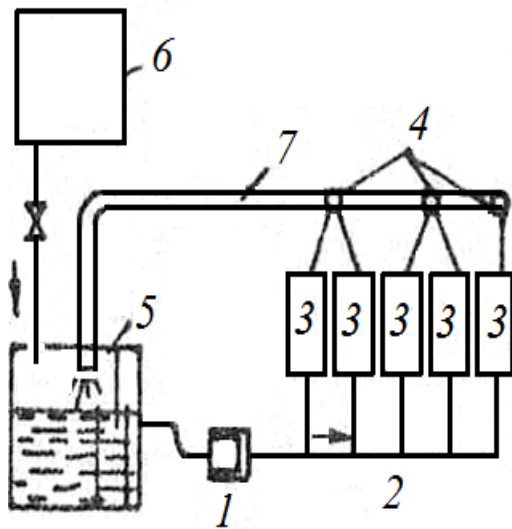


Рис. 50. Схема системи централізованої подачі МОР

Особливо важко це робити при централізованій подачі МОР. При призначенні МОР декількох марок виникають проблеми їх суміщення, приготування та регенерації.

Для створюваної ГВС МОР необхідно вибирати на етапі автоматизованого проектування. Автоматизація вибору МОР для ГВС ґрунтується на пошуку в банку даних марок МОР, що закладені у пам'яті ЕОМ, типу МОР, що відповідає поставленим вимогам.

Алгоритм вибору МОР складається з таких етапів: вибір із загального масиву марок МОР, що визначаються заданими умовами механічної обробки

для конкретної операції, виду інструмента, режимів різання; визначення наявності універсальних МОР в одержаному масиві; визначення можливого числа сумісних МОР; розрахунок оптимального числа марок МОР.

Для підвищення надійності ГВС, що проектується, має встатковуватися автоматизованою системою контролю стану МОР, яка передбачає заміну періодичного контролю параметрів МОР безперервним або дискретним контролем. За даними такої системи управляючий обчислювальний комплекс ГВС може прогнозувати ресурс робото-здатності МОР на кожному верстаті ГВС і забезпечити управління такими параметрами МОР: витратою, обсягом для компенсації втрат, напором у трубопроводах, ступенем забрудненості, деякими фізико-хімічними показниками.

Система подачі МОР може керуватися за деяким інтегрованим показником, який враховує вказані характеристики МОР.

У цілому підсистема МОР повинна мати чотири ієрархічних рівня.

На першому рівні вибирається універсальна чи кілька сумісних марок МОР і прогнозується ефективність при забезпеченні стійкості інструмента та якості обробленої поверхні. На другому, третьому та четвертому рівнях забезпечуються оптимальні режими відповідно при приготуванні, очищенні та регенерації МОР. Ці засоби сприяють підвищенню надійності ГВС в умовах повністю автоматизованої роботи.

Система видалення стружки в умовах ГВС має забезпечити автоматизоване прибирання її на всіх етапах без змішування за групами оброблюваного матеріалу, для чого вона повинна швидко переналагоджуватись.

Увесь процес прибирання стружки можна поділити на такі етапи: подрібнення на окремі елементи, прибирання з зони обробки та очищення установочних елементів пристосувань; прибирання з верстата й очищення частин і вузлів верстата; прибирання від верстата до місця її складання.

Складність процесу подрібнення стружки зумовлена одночасною дією численних технологічних факторів, які створюють спеціальні умови утворення та подрібнення стружки. Тому важко запропонувати універсальний спосіб подрібнення, що забезпечує однакову надійність за різних умов. Найбільш правильним необхідно вважати індивідуальне стружкоподрібнення залежно від виду оброблюваного матеріалу, виконуваної операції, режимів різання та інших технологічних факторів.

Способи подрібнення стружки умовно можна поділити на два:

природний - коли процес подрібнення відбувається за рахунок підбору геометричних параметрів інструмента та залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу;

штучний - коли процес подрібнення виконується за допомогою різних пристосувань і пристроїв.

При природному подрібненні стружки стійкий розподіл знятого матеріалу забезпечується правильним вибором головного кута в плані різців; яким охолодженням зон різання (підвищується хрупкість стружки); відповідним підбором вільноти різця та співвідношення глибини різання та подачі.

Найрозповсюджене в промисловості штучне ламання стружки за допомогою різних пристосувань і пристроїв.

Існуючі способи штучного подрібнення стружки виконуються за допомогою таких пристроїв: різців із штучними лунками на передній поверхні (рис. 51, а) і різців з уступами та поріжками різної форми (рис. 51, б); припаяних або приварених стружколомів (рис. 51, в); накладних (рис. 51, г); динамічних (рис. 51, д) і екранних (рис. 51, е) стружколомів. Крім того, широко застосовуються метод переривчастого точіння (метод

кінематичного подрібнення); подрібнення стружки за допомогою вібросупортів; програмне переривання подачі та ін.

Метод кінематичного подрібнення стружки має декілька різновидів. При осцилюючому точінні різця одночасно з подачею передається додатковий коливальний рух у тому самому напрямі. Стружка утворюється у вигляді окремих елементів. Осцилююче точіння забезпечує стійке подрібнення в широкому діапазоні режимів різання. Проте при цьому погіршується шорсткість і точність оброблюваної поверхні, а конструкція пристрою дуже громіздка.

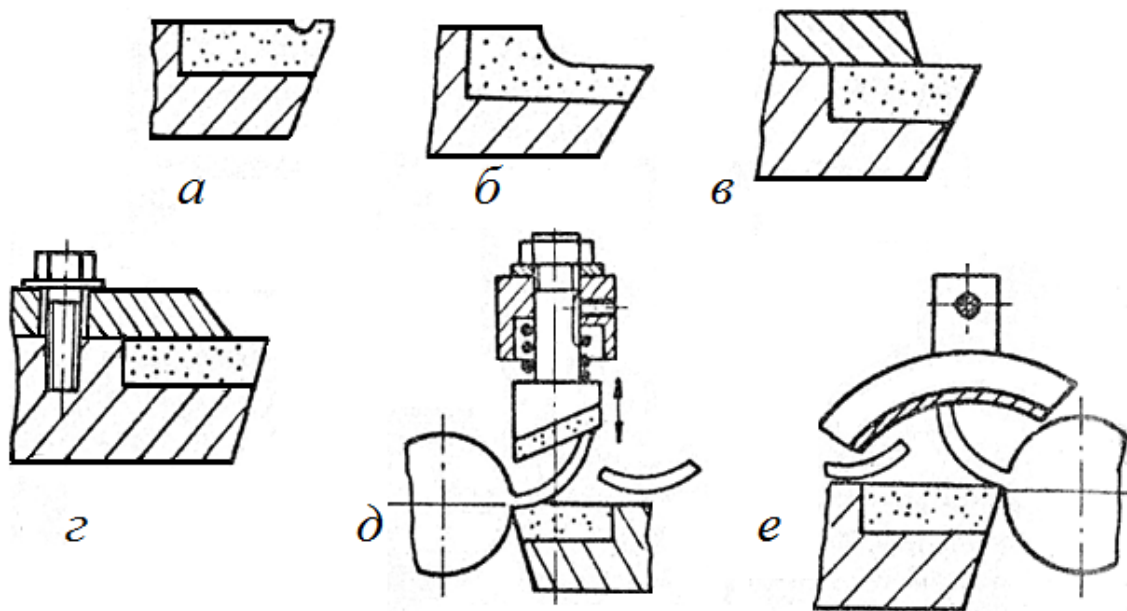


Рис. 51.Схема пристроїв для подрібнення стружки

Подрібнення стружки досягається також при вібраційному способі різання металу. У цьому випадку внаслідок періодичного виходу різця із зони різання при постійній подачі супорта верстата раніше деформовані шари металу знімаються з малою товщиною зрізу. Знижуються середній контактний тиск на кромку різця, зусилля та температура в зоні різання.

Таким чином, проблема подрібнення стружки не розв'язана в достатньому обсязі. Застосування обладнання, до управління програмою, полегшує процес кінематичного подрібнення, однак не виключає недоліків цього методу. Численні вітчизняні та зарубіжні дослідники доходять висновку, що в ГВС найпростіше подрібнювати стружку, створюючи ріжучі пластини механічного кріплення зі спеціальною геометрією, що забезпечує стружкоподрібнення.

Стружка прибирається за межі верстатів відповідним їх

компонуванням - вертикальним чи похилим розташуванням спрямлених станин, а герметизацією зони різання - застосуванням шнекових, шкребкових та інших транспортерів для виведення стружки в ємкість, що знаходиться поза верстатом.

Несвоєчасне прибирання стружки з зони обробки може перешкоджати автоматичному завантаженню заготовок, роботі засобів автоматичного контролю параметрів технологічного процесу, знижувати точність встановлення заготовок у пристрої. Стружку, яка розлітається навколо верстата, практично неможливо прибрати без участі людини. Автоматизацію першого етапу прибирання стружки можна суттєво полегшити, виконавши відповідну конструкторську проробку технологічного оснащення (нахили, кожухи та ін.), яке забезпечить безперервний відвід стружки з зони обробки. Необхідність автоматизації двох інших етапів прибирання стружки в ГВС також очевидна.

Засоби прибирання стружки в ГВС повинні забезпечити видалення стружки з різних матеріалів, що обробляються, без домішок. Процес видалення стружки в ГВС уявляється як операція, що забезпечує автоматичне видалення стружки з зони обробки, з верстата, а також наступне її транспортування до місця збирання і переробки без зміщування. При цьому час перестроювання системи видалення стружки під приймання її з іншого матеріалу не повинен перевищувати часу перестроювання решти елементів ГВС.

Зараз поширені механічні, гідравлічні та пневматичні пристрої для видалення стружки та інших відходів виробництва.

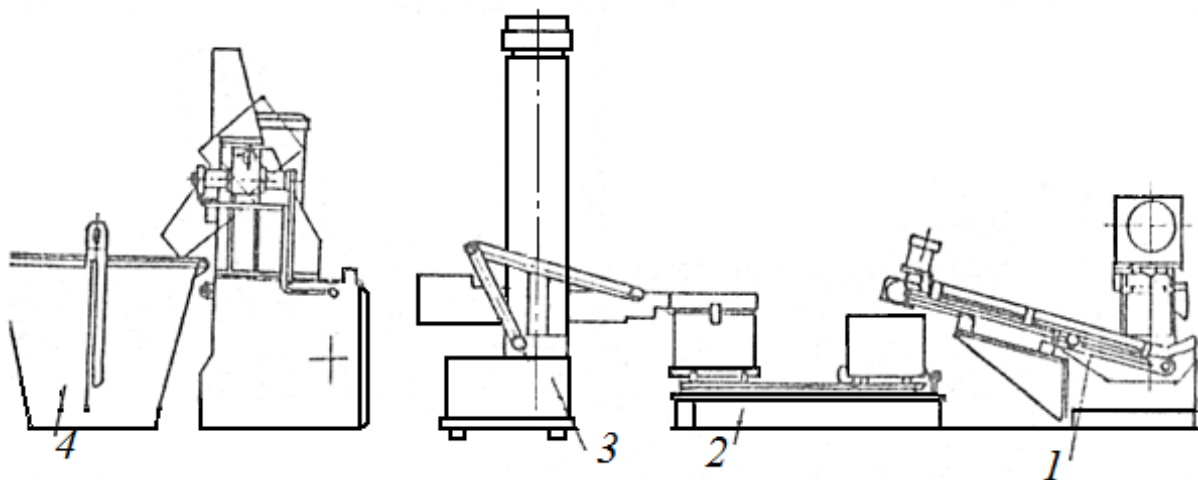


Рис. 52. Схематичне зображення комплексу механізмів для видалення стружки:

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

При проектуванні ГВС широко застосовуються механічні пристрої у вигляді шкребкових, шнекових та інших транспортерів у поєднанні з перевантажувачами механізмами. Схематичне зображення комплексу механізмів для видалення стружки від верстата і збирання в окрему тару й транспортування її на приймальний пункт показано на рис. 52.

В гідросистемах, що застосовуються для прибирання стружки, комбінуються системи подачі МОР і прибирання стружки. Транспортуючим елементом використовується МОР, що подається в зону різання. Вона, крім своїх прямих функцій, очищує деталі, базуючі пристрої і інструменти від стружки, порошу та інших відходів виробництва.

Схематичне зображення системи гідравлічного видалення відходів виробництва, поєднаної з системою подачі МОР, показано на рис. 53.

Потік МОР змиває стружку, що утворюється при обробці деталі на вер-

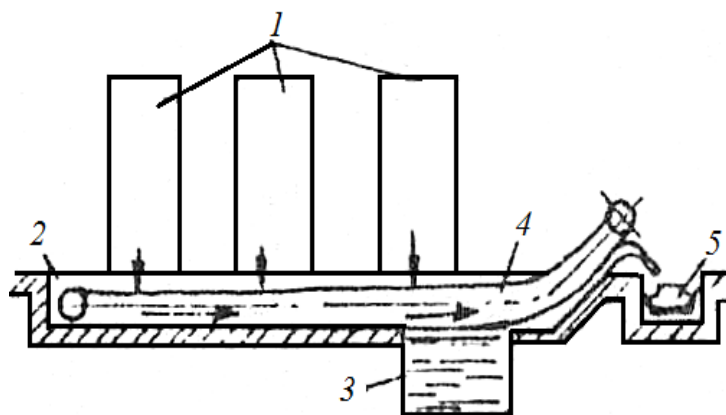


Рис. 53. Схематичне зображення системи гідравлічного видалення відходів виробництва

статі 1, і спрямовує її в канал 2. У каналі розміщено шкребковий конвейєр 4, який переміщує стружку на конвейєр 5. Похила частина конвейєра 4 забезпечує відділення стружки від МОР. Під конвейєром 4 встановлено металічний лист з отворами, через які рідина потрапляє до каналу, з'єднаного з баком-відстійником 3.

Звідси очищена МОР переганяється до системи повторного використання. При використанні рідини транспортного середовища ускладнюється експлуатація оснащення, важко очищується від неї стружка. Тому гідротранспортування в системах видалення відходів виробництва застосовується рідко.

Пневмотранспортування стружки застосовується в основному при обробці крихких матеріалів. При надійному процесі стружкоподрібнення цей спосіб може застосовуватись для видалення стружки пластичних матеріалів. Схема пневмотранспортної системи для видалення стружки показана на рис. 54. Стружка, що утворилась на верстатах I, всмоктується в стружкоприймач 2 і по трубогону 3 потрапляє до індивідуального стружкозбирача 5, де накопичується. В міру накопичення або при заміні матеріалу заготовок вмикається загальне джерело розрядки 11 та індивідуальне джерело розрядок, встановлених біля кожного верстата. Пристрій 8 перемикається на бункер, що відповідає даній марці матеріалу.

Після цього в індивідуальному стружкозбірнику 5, звідки необхідно видати стружку, відкривається затвор і стружка надходить до магістрального трубогону 6, по якому транспортується у проміжний стружкозбірник 7 та в один з бункерів 9. Порох та мілка стружка потрапляють до фільтру 10 циклонного типу, де осідає. Очищене повітря викидається в атмосферу.

Для контролю процесу транспортування у трубогоні вмонтовані датчики тиску, за допомогою яких можна також визначити місце завалу стружки в трубогоні. Для цього магістральний трубогін повинен мати аварійні люки, розташовані на певній відстані, через які можна було б швидко ліквідувати завал. Роботою всієї системи керує ЕОМ ГВС.

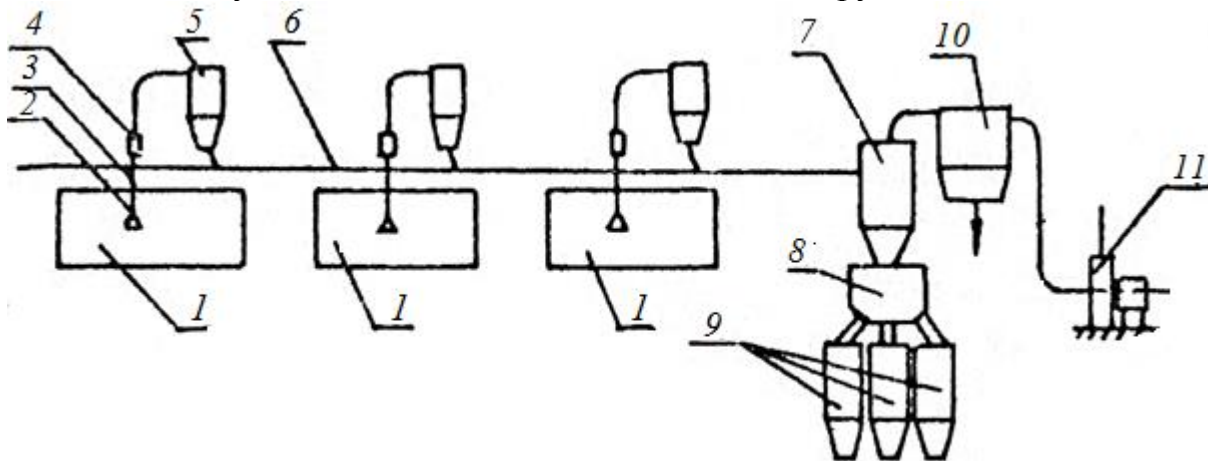


Рис. 54. Схема пневмотранспортної системи для видалення стружки

Крім системи подачі МОР і видалення стружки ГВС оснащується секціями налагодження та комплектації інструмента, комплектації супутників, приймання - здачі ВТК, силового живлення та розведення його по комплексу, очищення та промивання деталей, допоміжними засобами для транспортування вантажів.

Секція налагодження та комплектації інструмента призначена для зберігання, комплектації, складання, налагодження ріжучого інструмента, інструментального та кріпильного оснащення для верстатів, а також для приймання використаного інструмента.

Секція приймання - здачі ВТК призначена для приймання заготовок, тимчасового зберігання та накопичення тари з заготовками, відправлення заготовок на механічну обробку до верстатів через транспортер та видачу готової продукції замовнику чи напівфабрикатів для обробки поза ділянкою.

Секція силового живлення та розведення по ділянці призначена для приймання цехових електрокабелів силового живлення і розподілу його по секціях та обладнанню. Складається з розподільвальних пунктів.

Електрогони від розподільювальних пунктів прокладаються в коробах уздовж транспортера. Всі металоконструкції з'єднуються зварними шинами і заземляються на цеховий контур.

Секція комплектації супутників з пристроями призначена для заміни комплекту супутників при переході від випуску однієї деталі до іншої. Супутники з пристроями для деталей, які не будуть оброблятися, виводяться на стіл складання супутників і пристроїв і штабелером транспортуються у вічка складу. Потім штабелер транспортує зі складе комплекти супутників із пристосуваннями для обробки нових деталей на стіл складання супутників, звідки транспортний візок перевозить їх до накопичувального пристрою або безпосередньо на позицію обробки. Вся інформація про комплектування супутників фіксується диспетчером і передається до системи управління комплексом.

У камерах очищення деталей від стружки рясним подаванням МОР або стиснутого повітря, а також маніпулюванням супутником очищують деталі, що необхідно перед операціями контролю, термообробки або консервації.

На площі, яку займає ГВС, звичайно передбачають місце для встановлення кондиціонерів, які підтримують температуру повітря +20(+1) °С та вологість 50 – 55%. Це основна умова для забезпечення нормальної роботи електронних приладів.

2.7. Автоматизована система управління

Система управління ГВС - найважливіший орган гнучкого виробництва, що забезпечує весь цикл виготовлення виробів від автоматизованого проектування його конструкцій до управління технологічним обладнанням. В основу побудови системи управління ГВС покладені принципи інтеграції, гнучкості, ієрархічності структури, автономності, модульності, інваріантності, роботи в реальному масштабі часу, автоматному та надійності.

Система управління будується у вигляді інтегрованого взаємозв'язаного комплексу, що вміщує автоматизовану систему управління підприємством (АСУП), автоматизовану систему технологічної підготовки виробництва (АС ТПВ), систему управління гнучкою виробничою системою (СУ ГВС). У подальшому докладно розглянемо питання побудови СУ ГВС.

Гнучкість системи управління полягає в її спроможності автоматично перебудовуватись на управління виготовленням інших виробів у межах технологічних можливостей обладнання.

Ієрархічний принцип побудови СУ ГВС передбачає такий розподіл

функцій управління, при якому взаємодія рівнів переважає над взаємодіями елементів одного рівня. Управляючий елемент вищестоящого рівня розв'язує найбільш складні задачі, в також має більш тривалий період прийняття рішень і меншу частину управляючих впливів, ніж елементи нижчестоящого рівня. На кожному рівні система може працювати автономно в межах отриманого технологічного завдання.

Принципи ієрархічності й автономності зумовлюють модульну побудову елементів системи управління. Це дає можливість уніфікувати та типізувати інженерні рішення при створенні СУ ГВС, підвищити їх надійність і живучість при виході з ладу одного з блоків. На модульному принципі організоване також програмне забезпечення системи управління. Це дає змогу легко перепрограмуватись і в подальшому нарощувати та розширювати функціональні можливості системи. При розладнанні окремих технічних засобів управління передбачається автоматичний перерозподіл основних функцій управління за рахунок резервування технічних засобів, а також тимчасового виключення виконання тих функцій, які безпосередньо не впливають на хід виробництва.

Принцип інваріантності передбачає створення систем управління для різних класів технологічних процесів. Розрізняють інваріантність структурну та технічних засобів управління. Перша передбачає розробку типових систем управління, інваріантних у межах певного класу технологічних процесів. Програмна інваріантність означає виділення в програмному забезпеченні систем управління компонентів, що не залежать від функцій конкретного виробничого управління.

Система управління ГВС має забезпечити роботу обладнання та транспортно-накопичувальних пристроїв у реальному масштабі часу. Це означає, що час прийняття рішення системою має бути меншим за час виробничого процесу. На автоматизованому підприємстві управління технологічними процесами на всіх рівнях здійснюється автоматично. Це зумовлює більш жорсткі обмеження на видачу командних впливів, підвищені вимоги до точності синхронізації виробництва й особливо до надійності функціонування компонентів ГВС і системи в цілому.

АСУП, що є верхнім рівнем ГВС, об'єднує АС ТПВ і СУ ГВС через підсистему оперативного управління в єдиний комплекс управління виробництвом, гнучкими виробничими комплексами та модулями, а також транспортно-накопичувальними системами в реальному масштабі часу. АСУП виконує перспективне та оперативне планування роботи підприємства в цілому, а також оперативне управління ГВС і складається з підсистем техніко-економічного планування, оперативного управління, управління фінансово-економічною діяльністю, матеріально-технічним забезпеченням і збутом продукції, допоміжним виробництвом і якістю.

СУ ГВС складається з чотирьох рівнів: управління програмно-керованим технологічним обладнанням, гнучкими виробничими модулями (ГВМ), гнучкими виробничими комплексами (ГВК) і гнучкими автоматизованими виробництвами (ГАВ). Основна функція СУ ГВС - управління автоматичними виробництвами в реальному масштабі часу.

На рівні програмно-керованого технологічного обладнання, коли обробляються невеликі масиви інформації, пристрої управління технологічним обладнанням будуються як контролери з малими обсягами пам'яті для управляючих програм або як пристрої ЧПК, оперативно-запам'ятовуючі пристрої яких також невеликі.

На рівні управління ГВМ сполучним елементом технологічного обладнання - верстатів і завантажувальних пристроїв - є мікроЕОМ, обсяг пам'яті якої достатній для виконання технологічних завдань модуля.

Рівень управління ГВС вміщує комплекси, кожний з яких об'єднує засоби управління, модулі, АТСС, вимірювальні або контрольні станції та виробничі одиниці, здатні автономно виконувати виробничі програми певного технологічного напрямку.

Рівень управління ГАВ або ГАЦ об'єднує своїми керуючими засобами виробничі системи. На цьому рівні розв'язуються важливі виробничі задачі. Тому засоби управління повинні мати достатній обсяг пам'яті, продуктивність і розвинену периферію.

Система управління ГВС має три основні підсистеми: управління верстатами, управління транспортуванням деталей та інструмента. Розглянемо управління транспортуванням деталей та інструмента. Ці підсистеми призначені для безперебійного обслуговування верстатів [18], тобто організації безперебійного автоматичного завантажування та розвантажування верстатів комплексу і повинні компонуватись і будуватись як типові, щоб мати можливість тиражуватись; мати блочну структуру та можливість нарощування блоків; будуватись на базі керуючої моделі, щоб мати можливість в ЕОМ отримувати інформацію про стан транспорту потоків; виконувати диспетчерські та транспортні функції.

Диспетчерські функції: ввід і корекція змінного завдання, впорядкування запуску деталей на обробку, відображення ходу виконуваного завдання.

Транспортні функції:

- подача супутників на завантаження, доставка їх із заготовками до верстата, передача з верстата на верстат, з деталями на контроль, встановлення деталей із супутниками та без них на стелажі;
- подача інструмента на верстати для обробки деталей, ввід інструмента в центральний інструментальний магазин комплексу, вивід із автоматичного магазину інструмента, що відпрацював або поламався;

- забезпечення перевірки правильності вводу супутників та інструмента за допомогою кодових пристроїв;
- робота в реальному режимі часу;
- забезпечення роботи транспорту в режимах запуску комплексу (усі системи виводяться в нульове положення), налагоджувальному (можна автономно керувати кожним агрегатом), робочому (нормальна робота всієї транспортної системи), планового зупинення (рухомі агрегати зупиняється в кінцевому положенні);
- діагностування стану транспорту та подача інформації про збійні ситуації;
- забезпечення виходу із збійних ситуацій за допомогою налагоджувальних команд без переривання роботи інших систем;
- після зупинення комплексу (планового чи аварійного) забезпечення роботи транспорту з позиції, в якій сталася зупинка;
- забезпечення роботи транспорту через конкретні локальні системи ЧПУ.

Система програмного забезпечення управління транспортуванням деталей та інструмента складається з трьох підсистем: генеруючої, управляючої, моделі транспорту в пам'яті ЕОМ залежно від конкретної характеристики комплексу; організуючої передачу управляючої інформації на локальні пристрої ЧПУ та відображуючи пристрої з перевіркою переданих директив.

Структура СУ ГВС може будуватися за двома принципами: централізованим і децентралізованим. Перший передбачає наявність однієї центральної ЕОМ, яка каналами передачі даних пов'язана безпосередньо з групою УЧПУ. Всі функції групового управління зконцентровані в центральній ЕОМ. Такі структури економічні, але система має низьку живучість, обмежені універсальність і гнучкість.

Децентралізований принцип вимагає наявності в СУ ГВС декількох ЕОМ, розташованих на відповідних рівнях ієрархії управління та взаємопов'язаних між собою та з УЧПУ обладнання. Функції управління певним чином розподілені між різними ЕОМ. Децентралізований принцип побудови застосовується частіше завдяки розвитку мікропроцесорної техніки.

Архітектура мережі багаторівневих ГВС залежить від потужності застосовуваних ЕОМ. У малих і середніх ГВС використовують типові управлінсько-обчислювальні комплекси (УОК) на основі ЕОМ серії СМ. На першому рівні рекомендується застосовувати мікроЕОМ сімейства „Електроніка-60”, „Електроніка НЦ-80” і т.ін. та СМ (СМ-1030, СМ-1803 і т.ін.). На другому рівні технічні засоби системи управління повинні мати значний запас інформації, що зберігається, і швидкості її обробки. Тому на

верхніх рівнях звичайно застосовують міні-ЕОМ. Технічні характеристики обчислювальної техніки на базі мікроЕОМ, що використовується у вітчизняних ГВС типів АСВ і АСК, наведені в табл. 10.

Таблиця 10

Технічні характеристики систем управління на базі мікроЕОМ

Назва	Позначення	Швид- кодія, м/с	Обсяг пам'яті ОЗП, Кбайт	Мова програму- вання	Склад
Обчислюваль- ний комплекс ВМС-11900.1	МС 11900.1	250	28	BASIC MBASIC Q-BASIC	Центральний про- цесор; дисплей символьний: 15ІЗ- 00-013; ПЛ-І50; ФС-1501; АЦПП „Роботрон-1156”
Обчислюваль- ний комплекс 15 ВУМС-28- 025	15 ВУМС-28- 025	250	56	BASIC MBASIC	Центральний про- цесор; дисплей символьний: І5-ІЗ-00-0ІЗ; АЦПП „Роботрон- 1156”; НГМД 7012
Діалоговий об- числювальний комплекс „Електроника НЦ-80-20/1”	МСІ50І	500	56	BASIC MBASIC Q-BASIC	МікроЕОМ „Електроника НМС11100.1”, дисплейний монітор; А-Ц кла- віатура; інтер- фейси для зв'язку з НГМД „Електроника ГМД 70” і друком типу 15 ВВП 60-002
МікроЕОМ	15 ВМ-І6-007	250	4	BASIC MBASIC Q-BASIC	Центральний процесор: спряження з ФС- 1501; ЕДМ „Консул”
ЕОМ „Електроника НЦ430-01Д”	МСІ20І	500	4	BASIC MBASIC Q-BASIC	Центральний процесор

Надійну роботу ГВС забезпечує оптимальна організація системи управління та моделювання її дій на етапі проектування. Задача технологів машинобудування при проектуванні систем ГВС складається у кваліфікованій видачі технологічного завдання, в якому повинні бути відображені найважливіші управляючі функції системи.

В сучасних системах управління ЧПК (рис. 55) використовують високошвидкісні процесори, а також високошвидкісні функції PLC, які дозволяють проводити обробку з високою якістю.



а)

б)

Рис. 55. Системи ЧПК: а) GSK 983M-S (стандартное исполнение); б) GSK 983M-V (расширенное исполнение)

Високоточна обробка забезпечується прецизійним позиціонуванням із здійсненням управління по зворотним зв'язків від датчиків положення.

Механічні люфти в кінематичних ланках, таких, як люфт гвинт-гайка, можна виправити шляхом їх компенсації. Граничні норми подачі можна автоматично налаштувати при контурній обробці.

Високошвидкісна обробка при дозволі системи 1мкм, дозволяє досягати величини подачі до 24 м/хв, що дає можливість керування верстатами об'ємного фрезерування, гравірувальними і високоточними.

Безперервна висока швидкість обробки даних обчислювальним блоком досягається завдяки високошвидкісному центральному процесору і чітко побудованим обчислювальним даним. Висока швидкість обробки - до 1000 кадрів/сек особливо важлива для високошвидкісних фрезерних верстатів і обробних центрів, систем управління лазерними і деревообробними верстатами.

Високошвидкісна обробка з підкачкою DNC (англ. Direct numeral control, пряме цифрове управління) здійснюється за рахунок спеціально розробленого високошвидкісного буферного інтерфейсу шляхом з'єднання з ПК або з USB диска при швидкості передачі понад 38400. На деяких верстатах з ЧПК доступна пам'ять занадто мала, щоб утримувати програму обробки (наприклад, обробка складних поверхонь). У цьому випадку програма зберігається на окремому комп'ютері і безпосередньо передається на пристрій по одному блоку за раз.

Якщо комп'ютер підключений до декількох верстатів, то він може передавати програми на різні верстати по мірі необхідності. Як правило, виробник пристрою управління забезпечує необхідне програмне забезпечення DNC.

Функції контролю дозволяють здійснювати контроль: максимум п'ять подаючих осей; один канал управління шпинделем; контроль зносу ріжучого інструменту; масштабування; обертання координатної системи; складні цикли; фоновий режим; графічний дисплей і спеціальні користувальні макропрограми; які дозволяють виконати будь-яку обробку.

Програмований логічний контролер з великим об'ємом пам'яті PLC (англ. Programmable logic controller; скор. ПЛК) істотно полегшує і розширює можливості розробки керуючих програм, які використовуються для автоматизації технологічних процесів без втручання оператора. Основна вимога до ПЛК - його висока надійність при роботі в виробничих умовах.

Швидка система ЧПК, завдяки застосуванню високошвидкісного процесора, мікросхем програмованої логіки з високим ступенем інтеграції, дозволяє створити компактку конструкцію з з'єднаннями мінімальної довжини. Це дає можливість підняти швидкість роботи системи в цілому. LCD (англ. liquid crystal display; скор. рідкокристалічний дисплей РКД) монітор, об'єднаний з передньою панеллю, підтримує ідеологію

компактної конструкції.

Інтерфейс модуля підтримує ввідні/вивідні пристрої. Модулі можуть кріпитися на стандартній дінрейке і безпосередньо управляти навантаженням, такий як контактор, спрощуючи конструкцію і займаючи значно менше місця.

Панель управління верстата має 64 кнопки з індикацією. Їх функції визначаються програмуванням логіки PLC. Вони можуть відповідно бути пов'язаними з управлінням подачі, управлінням шпинделем, управлінням штурвалом і осями координат. Панель управління підключена до системи ЧПУ через високошвидкісний комунікаційний порт.

Для забезпечення найбільшої ефективності, застосовують діалогову систему управління ЧПУ, що дозволяє створювати функцію управління більш зручною і гнучкою.

Аналогічні високоефективні системи ЧПУ створені для верстатів різних груп [118].

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Назвіть основні принципи включення верстатів до складу ГВС.
2. З чого складається поняття „основне технологічне обладнання”?
3. У чому полягає проблема кількісного складу обладнання ГВС?
4. Які вимоги ставляться до верстатів, що входять до складу ГВС?
5. Які основні функції АТСС?
6. Які основні принципи побудови транспортних систем ГВС?
7. Назвіть пристрої для виконання транспортних операцій в ГВС?
8. У чому полягає роль накопичувачів?
9. Основні параметри транспортних пристроїв ГВС.
10. Які основні схеми організації потоків заготовок у ГВС?
11. Які компонування транспортних систем застосовуються найчастіше?
12. Як склад АТСС впливає на компонування ГВС?
13. Назвіть основні типи складів ГВС.
14. Назвіть пристрої для транспортування вантажів на складах ГВС?
15. Які основні принципи базування та транспортування деталей у ГВС.
16. Яке призначення супутників у транспортних системах ГВС?
17. Назвіть основні системи програмно-керуючих пристосувань.
18. У чому полягають переваги програмно-керуючих пристосувань?
19. Які основні напрямки розвитку інструментального оснащення ГВС?
20. Назвіть типи магазинів багатоцільових верстатів.
21. Який склад системи інструментального забезпечення ГВС та основні типи застосовуваних інструментальних систем?
22. Призначення системи допоміжного інструменту для верстатів з ЧПУ.
23. Які вимоги ставляться до пристроїв автоматичної зміни інструмента?
24. Основні способи кодування інструментів, що застосовуються на ОЦ.
25. Назвіть основні функції системи автоматизованого контролю ГВС.
26. Назвіть основні способи контролю, що застосовуються у ГВС.
27. Опишіть основні конструкції датчиків дотику.
28. У чому полягає призначення контрольно-вимірювальних машин?
29. Які є методи підвищення точності обробки на верстатах ГВС?
30. У чому полягає програмно-часовий спосіб контролю стану інструмента?
31. Яке призначення технічного діагностування обладнання ГВС?
32. Які системи належать до допоміжних систем ГВС?
33. Назвіть способи подрібнення та прибирання стружки.
34. Назвіть способи подачі МОР до верстатів ГВС.
35. Які принципи побудови та наявності системи управління ГВС?
36. Назвіть основні рівні управління ГАВ.

3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ ГВС

3.1. Інтеграція механоскладального виробництва

Підвищення рівня автоматизації та комп'ютеризації виробничих процесів дає можливість поставити задачу створення повністю автоматизованого виробництва на базі інтегрованих виробничих комплексів (ІВК). Вони складаються з автоматизації передпроектних наукових досліджень, проектування, технологічної підготовки виробництва; ГАВ; контролю якості та обслуговування обладнання. Автоматизація циклу „дослідження - проектування - технологічна підготовка виробництва - виробництво” підвищує ефективність виробництва в два та більше разів. Сполучення кількох ГВК сприяє втіленню в життя ідеї машинобудівного заводу майбутнього, виробництво в якому ґрунтується на комплексній автоматизації дослідницьких, проектно-конструкторських робіт і циклу виготовлення продукції.

Повна інтеграція механоскладального виробництва (рис. 56) розвивається у декількох напрямках [13, 16, 20, 74, 96, 100]:

- інтеграція оброблюваних деталей у певні групи за різними ознаками;
- інтеграція обладнання у гнучкі автоматизовані ділянки та їх узгодженість з обладнанням інших типів залежно від виробничої необхідності;
- інтеграція матеріальних потоків заготовок, деталей, вузлів, виробів, інструмента, пристосувань, оснащення, основних і допоміжних матеріалів, відходів виробництва;
- інтеграція процесів створення та виробництва виробів - конструювання, технологічна підготовка, отримання заготовок, механообробка, укріплювання, фарбування, контроль, складання, випробовування, упакування та відправлення;
- інтеграція обслуговування об'єднанням усіх обслуговуючих процесів в одну систему - втримування, обслуговування та ремонт технологічного обладнання, енергозабезпечення, водопостачання, подача повітря, кліматизація, переробка відходів виробництва;
- інтеграція управління на основі загального використання ЕОМ, банків даних, бібліотек, пакетів прикладних програм, САПР різного призначення, АСУ та засоби автоматизації передачі команд;
- інтеграція потоків інформації для прийняття рішень збиранням статистичних даних по всіх цехах, системах і відділах;
- інтеграція персоналу відповідно до вимог гнучкого виробництва з питань колективізації праці, синтезу знань і досвіду, злиття професій,

ергономіки робочого місця, підвищення кваліфікації та обміну досвідом.

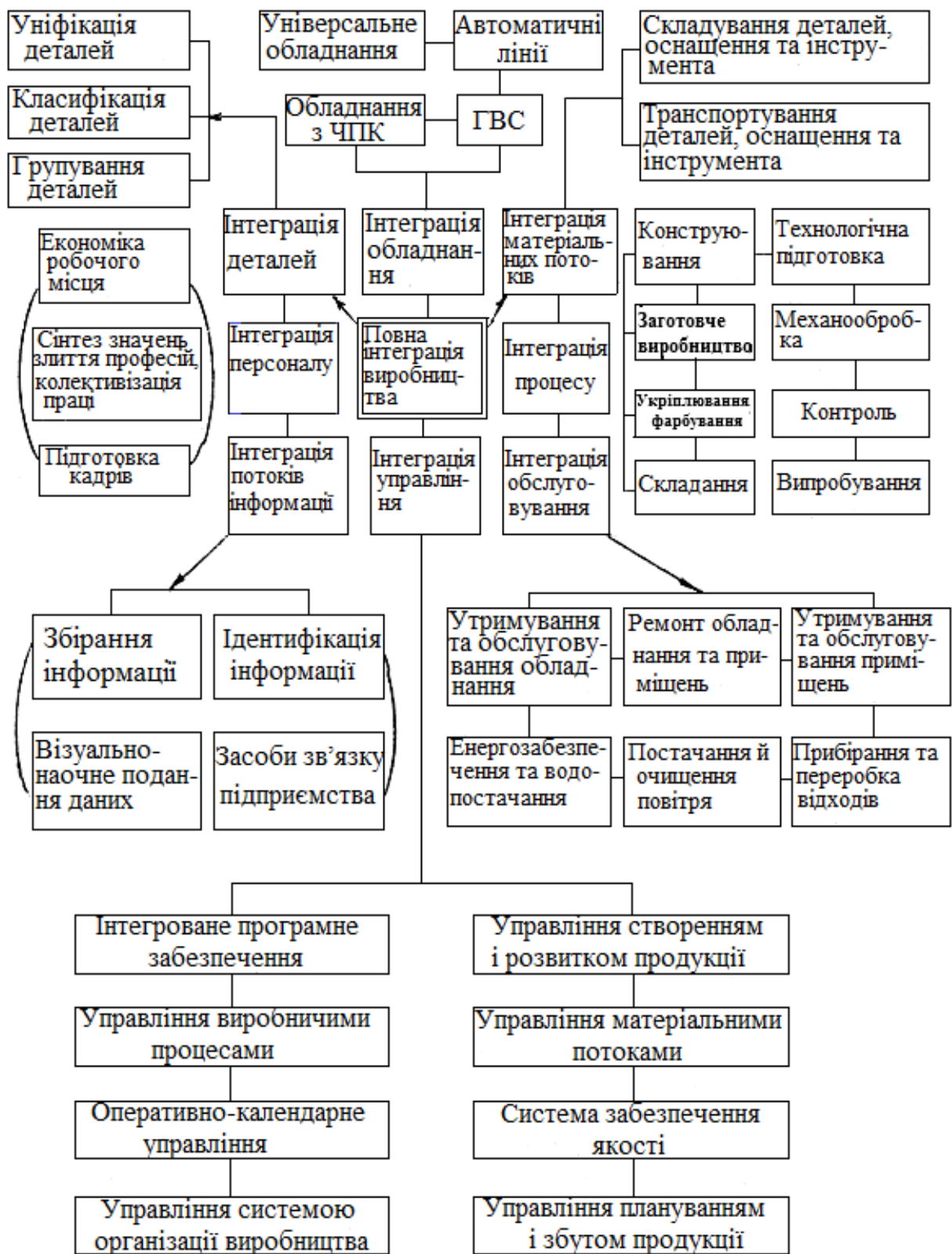


Рис. 56. Схема інтеграції механоскладального виробництва

Повна інтеграція має такі переваги:

- підвищення ефективності використання обчислювальної техніки за рахунок централізованого використання ЕОМ та інтегрованого програмного забезпечення;
- високий рівень орієнтації виробництва з дотриманням графіка виробництва, термінів постачання, зменшення незавершеного виробництва;
- широке використання стандартних і уніфікованих деталей і скорочення за рахунок цього термінів проектування та виготовлення виробів;
- рівномірність виконання виробничих добових, недільних, місячних, квартальних і річних планів;
- надійності та стабільності роботи обладнання діагностуванням його стану та контролем якості вироблюваної продукції. Вона сприяє підвищенню загальної культури виробництва та потребує координації роботи всіх підрозділів і служб, що беруть участь у проектуванні, технологічній підготовці та виробленні продукції.

Інтеграція основного технологічного обладнання в єдину систему визначається в основному загальним заданим обсягом випуску деталей, наявними виробничими площами, гнучкістю транспорту та складом одночасно оброблюваних груп деталей.

Інтеграція верстатів у ГВС на базі групової технології деталей не лише скорочує час їх виготовлення, в й призводить до інтеграції процесу створення та виготовлення виробу, а також нового виробу з елементами старого, перевіреного в експлуатації.

ГВМ інтегруються в єдину систему на основі зв'язків, зумовлених транспортуванням заготовок і деталей між складом і приймальними позиціями ГВС; подачею ріжучого та контрольно-вимірювального інструмента до верстатів; інформаційними потоками між ЕОМ і окремими елементами системи; загальним використанням різних пакетів програмного забезпечення.

Інтеграція деталей пов'язана з різними аспектами механо-складального виробництва. Групи сукупно оброблюваних деталей формуються за конструктивно-технологічними та організаційно-технічними ознаками та не будучи стабільними за складом змінюються залежно від виробничих ситуацій, що виникають.

Інтеграція матеріальних потоків сприяє раціональній організації транспортних зв'язків ГАВ, дає можливість вибирати оптимальний склад промислових роботів та інших пристроїв, здатних переміщувати вантажі різного технологічного призначення: заготовки, напівфабрикати, інструмент, технологічне оснащення, контрольні пристрої, стружку тощо.

Інтеграція процесів створення та виробництво виробів ґрунтується на суміщенні систем САПР/АСУ ТВ або застосуванні системи CAD - CAM

CAD (англ. Computer Aided Design, скор. CAD - комп'ютерна підтримка проектування; CAM (англ. Computer Aided Manufacturing, скор. CAM - комп'ютерна підтримка виготовлення).

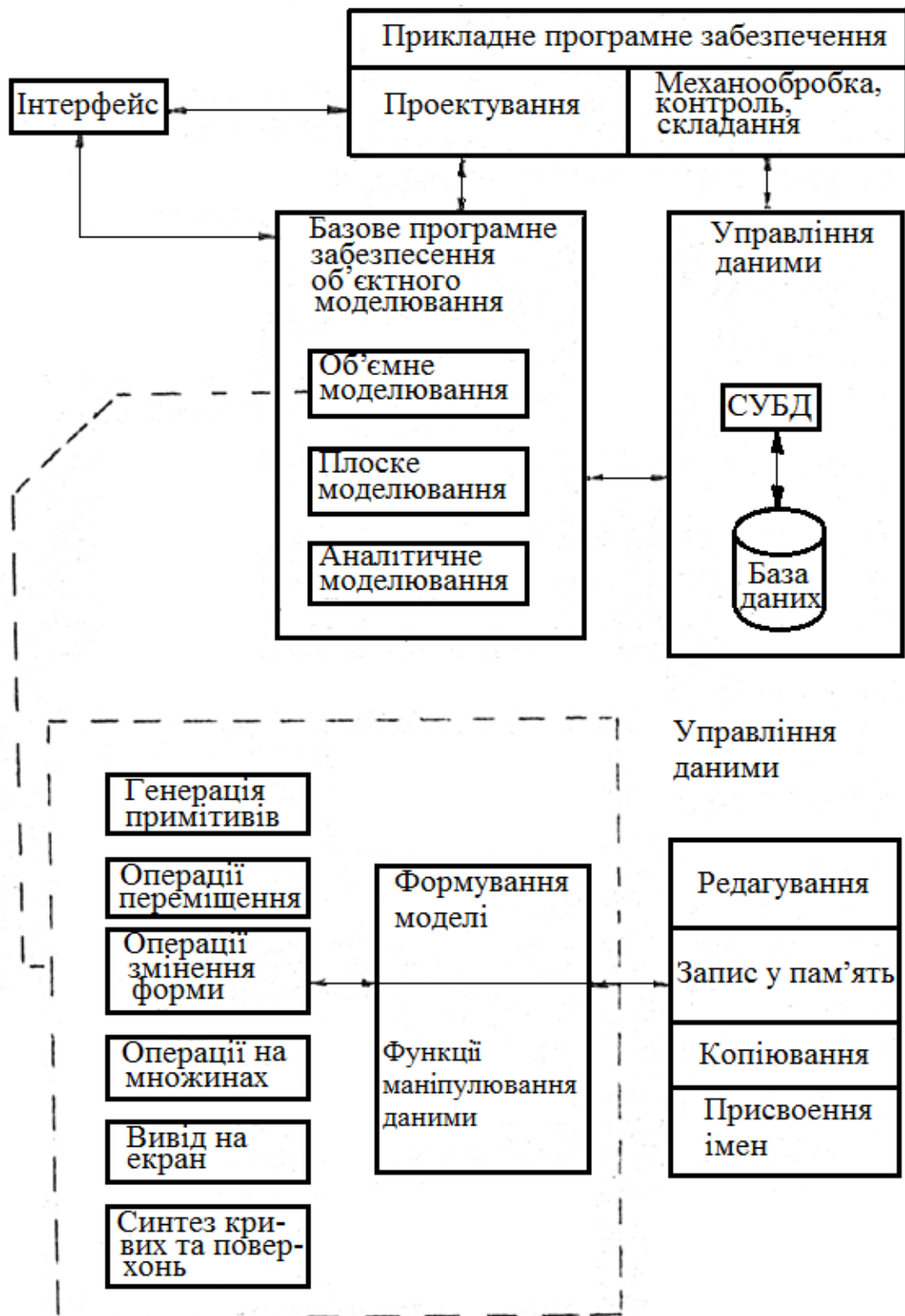


Рис. 57. Структурна схема систем CAD – CAM

У цих системах об'єднуються процеси проектування та виготовлення. Інформація, що отримується в САПР конструкції, передається в САПР ТП і за допомогою машинних носіїв - до системи ЧПУ обладнанням, на якому виготовляється спроектований виріб.

Системи CAD - CAM мають такі особливості [46]: будуються на базі ЕОМ для проектування та виготовлення виробів в автоматичному циклі; дають можливість оперувати різноманітною графічною інформацією за винятком ручної графіки; автоматично перетворює графічну проектну інформацію на команди управління технологічним обладнанням з ЧПУ; контролюють якість продукції, що випускається; легко переналагоджуються на випуск іншої продукції; мають багатотермінальний доступ з боку користувачів. Структурна схема CAD - CAM показана на рис. 57 [46]. Вона складається з базового програмного забезпечення об'єктного моделювання, системи управління даними, прикладного програмного забезпечення проектування та виготовлення, інтерфейса з користувачем.

Застосування систем CAD - CAM створює передумови для впровадження (безпапірного) проектування конструкції виробу та технологічних процесів його виготовлення, сприяє підвищенню рівня інтеграції та автоматизації механообробного виробництва. Виконання цієї роботи здійснюється в такій послідовності:

- в CAD-системі створюється електронне креслення або 3D-модель деталі;

- створене електронне креслення або 3D-модель деталі імпортується в САМ-систему. Здесь визначаються оброблювані поверхні і геометричні елементи, стратегія обробки, ріжучий інструмент та режими різання, проводяться розрахунки траєкторій переміщення інструменту.

САМ-система проводить верифікацію (візуальна перевірка) створених траєкторій. При виявленні помилок, їх виправляють, повернувшись до попереднього етапу.

Кінцевим результатом САМ-системи є код керуючої програми. Він формується за допомогою постпроцесора, який форматує УП під вимоги конкретного верстата і даної системи ЧПК [119].

ГАВ об'єднує в єдину систему основні процеси виробництва виробів, допоміжні процеси, пов'язані з утриманням і ремонтом обладнання, енерго- та водопостачанням, утриманням і ремонтом будівель та ін. Високий рівень інтеграції з основними процесами досягається на основі застосування автоматизованої системи утримання обслуговування обладнання, автоматизованої системи енергопостачання, які часто об'єднуються для координації допоміжних процесів і служб. Основні функції такої системи: діагностування технічного стану обладнання та систем управління; технічне обслуговування обладнання та систем для підтри-

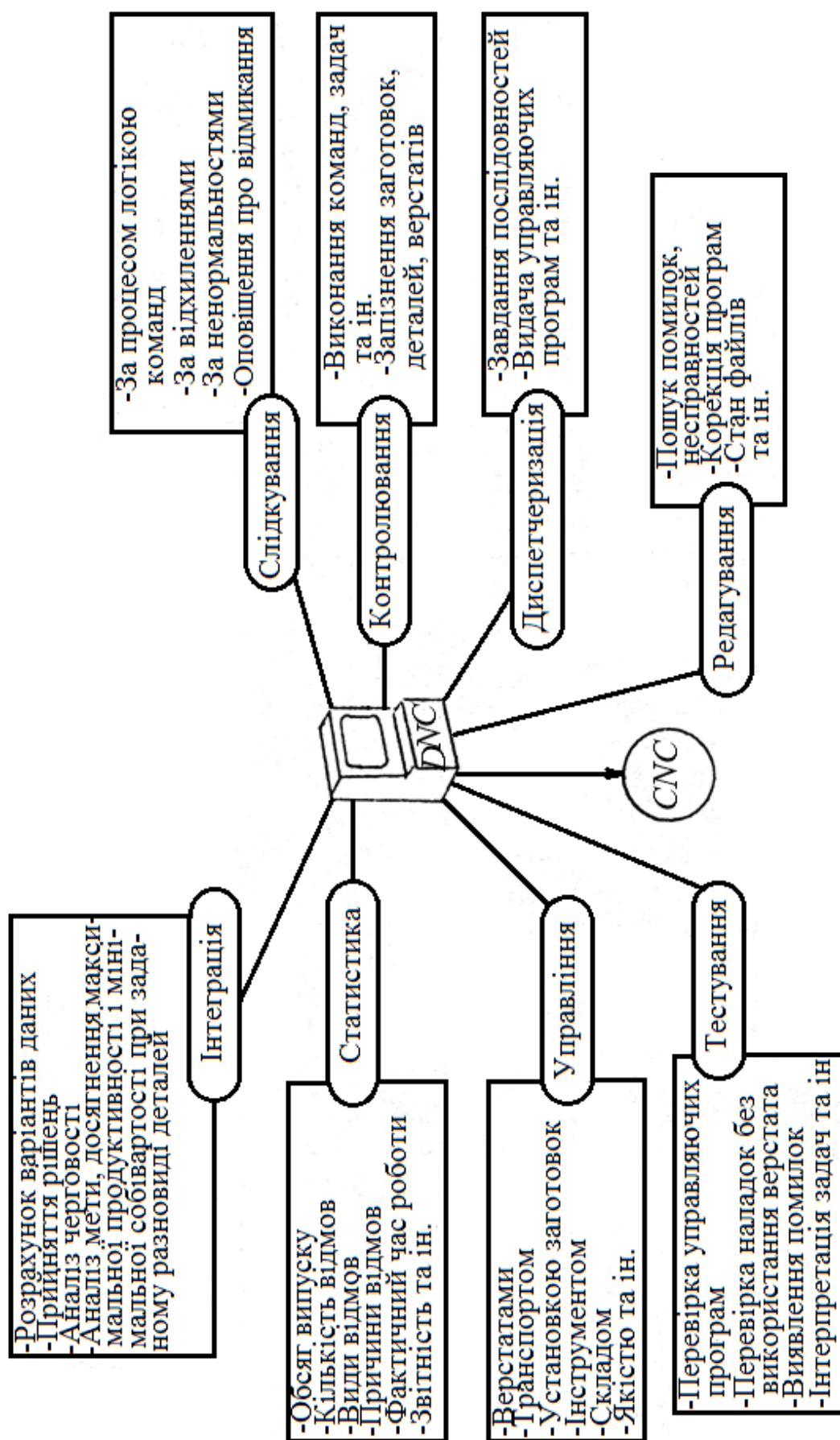


Рис. 58 Інтеграція управління ГВС на базі системи DNC

мання їх вихідних параметрів на заданому рівні; періодичний контроль точності технологічного обладнання; профілактичний ремонт обладнання та обчислювальної техніки; модернізація, заміна та придбання нового обладнання.

Верстати з ЧПК першого і другого поколінь, які працювали на лампах і твердотільних ланцюгах, зчитували програму виключно з перфострічок. У той час не було можливості зберігати програму в MCU, а обробляти команди цей блок міг тільки по одній. Верстати такого класу називаються верстатами з ЧПК типу NC, або просто верстатами з ЧПК.

Інтеграція управління ГВС стала можливою тільки з розвитком обчислювальної техніки та ЧПК типів CNC та DNC (рис. 58). Верстат з сучасним контролером називається комп'ютеризованим (англ. Computer Numerical Control, скор. CNC). Завдяки блоку управління пам'яті MCU (англ. Micro Controller Unit, скор. MCU) необхідно тільки одноразове завантаження програми. Збережена в комп'ютері програма в будь-який момент може бути викликана для подальшого використання без повторного зчитування для кожної деталі з партії. При наявності комп'ютерного інтерфейсу, CNC дає можливість обмінюватися даними між блоками інтегрованих систем. CNC дозволяє взаємодіяти з іншими модулями: роботами і автоматизованими верстатами. Числове програмне керування DNC (англ. Direct Numerical Control, скор. DNC) являє собою систему виробництва, яка складається з керуючого комп'ютера, від якого блоки команд передаються декільком верстатам, що виконують виготовлення деталі, одночасно. Система управління ГВС одночасно оперує великою кількістю команд, які може виконувати тільки ЕОМ. Системи управління кількома ГВС діють паралельно, але вони повинні бути інтегровані в одну загальну систему через АСУ цеху або заводу, яка має інтегровані потоки інформації на одному функціональному рівні [120].

Інтеграція виробництва - комплексний процес, якому необхідно приділяти постійну увагу, через те що змінюються об'єкт виробництва, обсяг випуску, технології, що застосовуються, оброблююче та допоміжне обладнання, засоби контролю та діагностування, обчислювальної техніки нових типів і поколінь.

3.2. Місце ГВС у машинобудівному виробництві

На певному етапі автоматизація машинобудівного виробництва розвивалася створенням жорстких автоматичних ліній, призначених для масового виробництва. Термін окупності й амортизація таких ліній здійснюються не менш як за 8-10 років. Комплексна автоматизація дрібно-

серійного виробництва не може розвиватися створенням жорстких ліній і навіть переналагоджуваних автоматичних ліній.

Першим етапом автоматизації багатомономенклатурного виробництва стала поява верстатів з ЧПК, які дали можливість швидко переходити на обробку інших деталей зміною управляючих програм, оснащення та інструментальних налагоджувальних. Заміна універсальних металоріжучих верстатів з ЧПК дала змогу в 5 раз скоротити трудомісткість виготовлення деталей. Проте при переході до автоматизованих верстатів з ЧПК достатньо багато ручних операцій, пов'язаних як із поворотним виготовленням деталей у партії, так і з переходом на обробку нової деталі. Скорочення втрат допоміжного часу та підвищення ефективності верстатів з ЧПК досягалися збільшенням числа інструментів у магазині верстата, оснащенням верстатів автоматичними пристроями подачі заготовок на стіл верстата та прибиранням готової продукції на позицію чекання. Групове управління верстатами з ЧПК за програмами, що надходять від центральної ЕОМ, дало можливість знизити затрати на підготовку управляючих програм і централізувати роботу ділянок і цехів.

Технічні можливості ГВС усіх видів постійно вдосконалюються. ГВМ дає змогу здійснювати автоматичну зміну заготовок, інструмента та вимірювальних пристроїв; автоматизоване видалення стружки із зони різання та подачу МОР; роботу за магнітною пам'яттю пристрою ЧПК.

Він має підвищену надійність усіх систем, що виключає постійну присутність оператора; засоби контролю якості та технічного діагностування; можливість вмонтовуватися в ГВС зв'язком з ЕОМ вищого рівня. У сучасному верстатобудуванні створюються ГВМ з високим ступенем автоматизації та надійності. Розробка гнучких модулів різного технологічного призначення дає можливість повсюдно впровадити ГВС і принципи гнучкої технології.

Підвищення гнучкості чи універсальності будь-якого технологічного обладнання практично завжди спричинює зниження продуктивності. Найбільша продуктивність досягається на автоматичних лініях, а універсальність - на універсальному окремо працюючому обладнанні. Суміщаючи високу продуктивність і універсальність, передбачають знайти оптимальне з'єднання універсальності й автоматизації в програмно-керованому та програмно-настроюваному обладнанні. Графік, що ілюструє співвідношення гнучкості та продуктивності в різних виробничих системах, зображено на рис. 59. З графіка видно, що гнучкі автоматизовані комплекси займають проміжне положення між продуктивними, жорсткими лініями масового виробництва та відносно малопродуктивними верстатами з ЧПК, які мають ступінь гнучкості технології. Перехідними між ними є спеціальні лінії, що являють собою переналагоджувальні автоматичні лінії

для крупносерійного виробництва та гнучкі виробничі модулі.

Ці модулі оснащені промисловими роботами для завантажування - розвантажування заготовок і магазинами інструментів з пристроями автоматичної заміни.

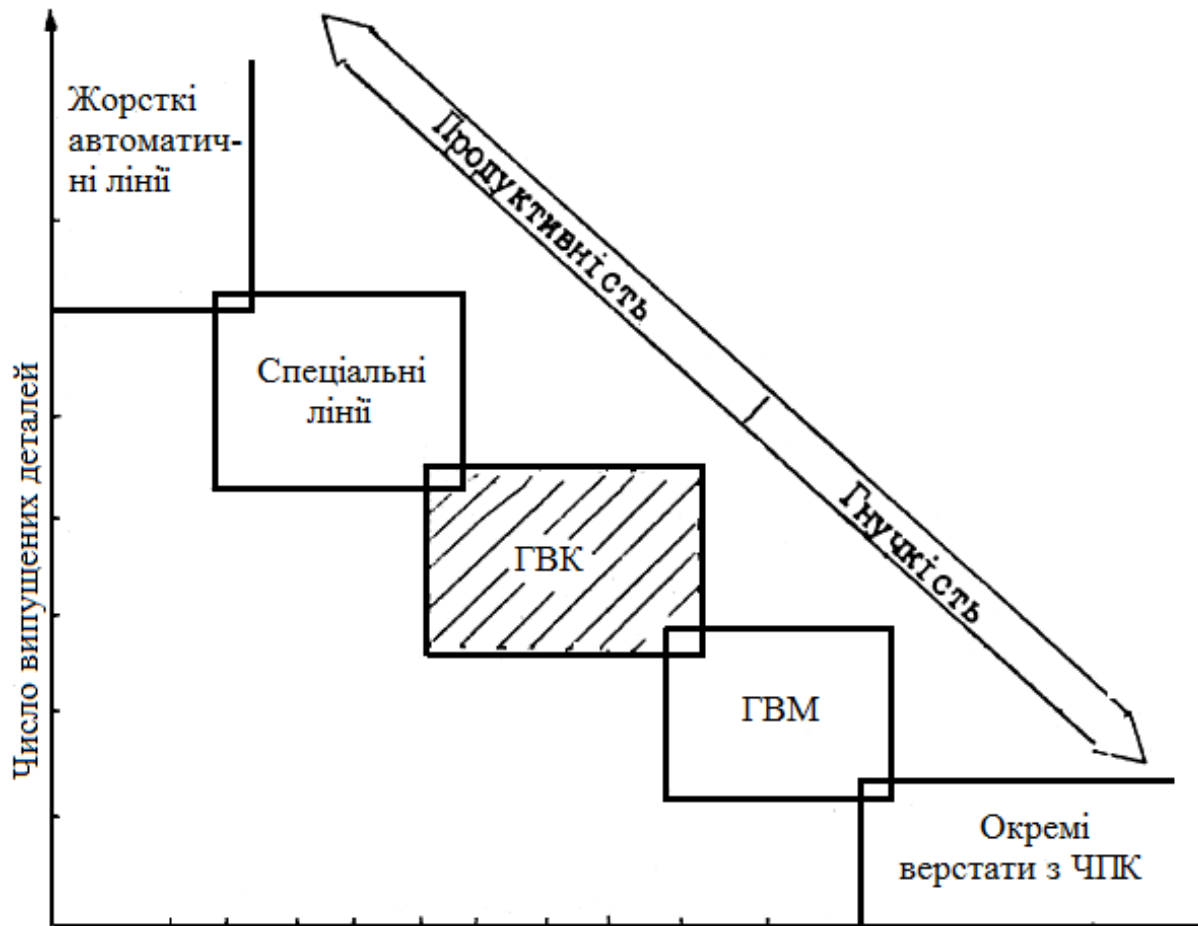


Рис. 58. Співвідношення гнучкості та продуктивності в різних виробничих системах

У процесі розвитку ГАВ можна виділити три основних періоди: 60-70-ті роки (створення перших обробних центрів, промислових роботів, мікропроцесорів, автоматизованих робочих місць (АРМ) конструктора та технолога); 80-ті роки (перші спроби локально-комплексної автоматизації виробництва створенням робототехнічних комплексів (РТК), гнучких модулів та ділянок); 90-ті роки, коли з'являться стійкі гнучкі цехові структури, заводи-автомати з гнучкою переналагоджувальною технологією та високим рівнем машинного інтелекту техніки управління виробництвом.

Застосування ГВС пов'язане перш за все з новою схемою організації виробництва, для реалізації якої необхідні нові прогресивні технології та

обладнання.

Аналіз часових зв'язків показує, що час знаходження деталі у цеху складає приблизно 1% часу, що витрачається на створення та випуск продукції, а час надходження деталі до верстата - лише 5% загального часу знаходження деталей у цеху.

Машинний час верстатів, коли безпосередньо створюється форма деталі, складає лише 20-30% часу надходження деталі на верстаті. Особлива увага приділялася збільшенню цього часу. Для скорочення часу менш як на 99 та 95% не прикладалось ніяких зусиль. Застосування ГВС і ГАВ завдяки новій організації виробництва, створенню АСУ на базі ЕОМ і мікропроцесорів значно скорочує невиробничі затрати часу і при розроблюванні, і при виготовленні продукції. Поставлено задачу: забезпечити роботу ГВС не менше 20 год на добу при 4...6 год безлюдної роботи; у 9 разів збільшити час формоутворення на верстаті.

ГАВ найбільш розповсюджені у механообробці, де сформувались типові структури - модулі, об'єднані в ділянки чи лінії за допомогою автоматизованих транспортно-складських систем (АТСС). Переважний розвиток отримала обробка корпусних деталей, тіл обертання та листових матеріалів. Це пояснюється тривалим періодом технологічного циклу, властивого процесам обробки корпусних деталей. Продуктивність підвищується до 200-300% і система може працювати без оператора впродовж усієї зміни. Основні проблеми розвитку ГВС для корпусних деталей пов'язані з розширенням номенклатури, точністю базування, створенням базуючих пристроїв і накопичувачів для палет різної конструкції, збільшенням кількості застосовуваного інструмента.

Розвиток ГВС для деталей типу тіл обертання стримується труднощами розширення номенклатури за розмірами та формою, завантажування та розвантажування верстатів, створення універсального автоматизованого змінного оснащення для базування та закріплення деталей.

Найбільші труднощі виникають при створенні ГАВ складання. Це зумовлене труднощами складальних процесів, пов'язаних з різноманітністю об'єктів складання та необхідним для складання оснащенням, коротким циклом операцій складання, нежорсткістю чи пружністю деталей, необхідністю налагоджувати, підганяти та враховувати малі допуски в з'єднанні деталей. Якщо в ГАВ механообробки головним технологічним елементом є оброблювальне оснащення, то для складальних ГАВ основне значення мають промислові роботи, які забезпечують універсальність і гнучкість складальних комплексів.

Перспективи розвитку ГАВ пов'язані з усе більш масштабною інтеграцією в одній системі різних виробничих функцій і повною передачею цих функцій під контрольоване управління від ГВМ. Інтерес до

виробництва гнучкої технології дуже великий. Проте великі первісні затрати при впровадженні ГВС стримують керівників підприємств і іноді заставляють їх зважуватися на часткову автоматизацію. Впровадження лише однієї ГВС в загальному балансі економічних показників заводу відбивається звичайно незначно, тоді як комплексне впровадження кількох ГВС у сукупності із САПР конструкції та технології й автоматизованою системою технологічної підготовки виробництва дає у багато разів більшу ефективність [22].

Проблему створення ГАВ необхідно розв'язувати на основі системного підходу та міжгалузевого принципу побудови виробництва. Немає жодної галузі, включаючи машинобудування, яка могла б повністю створити ГАВ тільки з елементів власного виробництва. Тому необхідно створити умови для розв'язання цієї міжгалузевої проблеми у правильній сукупності спеціалізованих організацій у галузях обчислювальної техніки, промислової автоматизації, верстатобудування та ін. [46].

Найбільш перспективна галузь застосування ГВС - дрібносерійне та серійне виробництво з циклічним характером (розрізняється лише за довжиною циклу). Для них характерна порівняно усталена номенклатура виробів та невелика кількість переналагоджувань. В цих умовах можна забезпечити стійке проходження технологічного процесу відпрацюванням технології для кожної деталі, підбором ріжучого інструмента, відпрацюванням керуючих програм, визначенням і введенням у пам'ять ЕОМ еталонних параметрів процесу обробки.

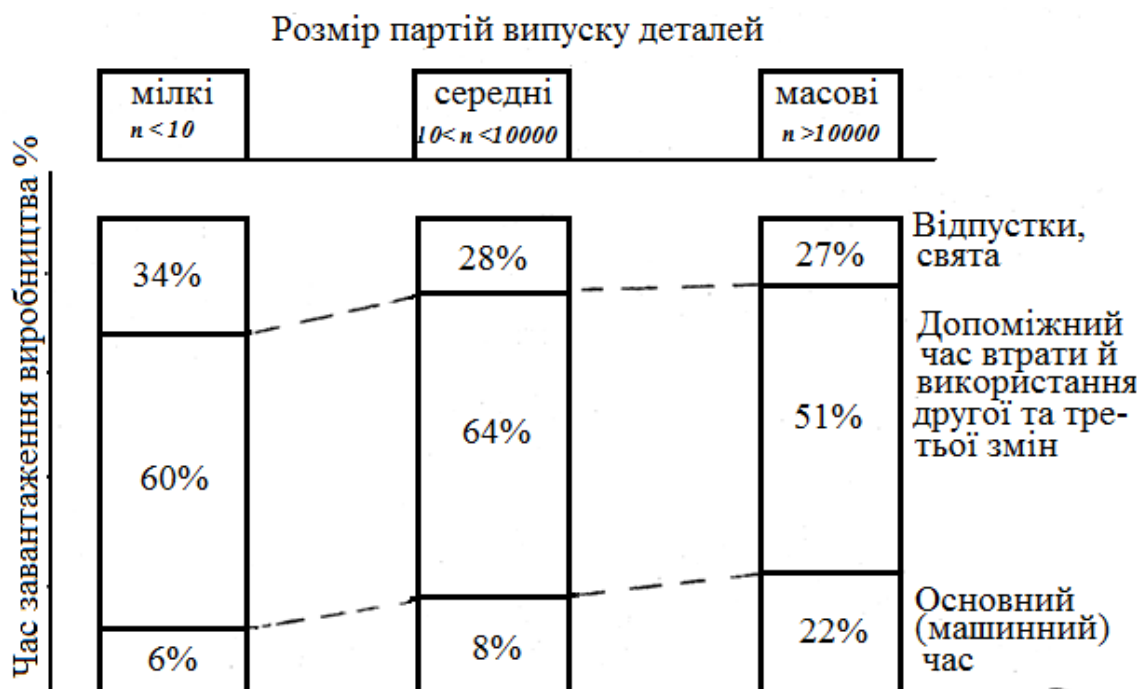


Рис. 60. Розподіл часу завантаження виробництва

Досвід експлуатації показав, що обов'язкова умова їх ефективності - високе завантаження обладнання у часі упродовж не менш як дві зміни на добу. Забезпечити це за рахунок одиничної і дрібносерійної продукції надзвичайно складно.

Як видно з рис. 60, основний машинний час при випуску деталей невеликими партіями ($n < 10$) займав усього 6% загального часу завантаження виробництва, а допоміжний час з втратами - перевищує 50 - 60% [46].

При збільшенні кількості заготовок в партії зростає доля машинного часу і знижуються втрати, пов'язані з переналагодженням. Через те що в ГВС переналагодження виконуються автоматично, а технологічний процес будується так, що машинний час перекриває допоміжний, то найбільш ефективно застосовувати гнучку технологію при випуску деталей невеликими та середніми партіями. Крім того, суттєвим резервом стає можливість роботи у другу і третю зміни, іноді з мінімумом обслуговуючого персоналу. Особливу увагу при цьому слід приділяти автоматизації допоміжних операцій, автоматичному функціонуванню обладнання у вечірні та нічні години, різкому скороченню часу переналагоджувань, переоснащенню зміни інструментом, автоматизації управління матеріальними та інформаційними потоками.

Природно, що ГАВ не може замінити всі існуючі типи виробництва. Воно має широкі, але не нескінченні галузі застосування. Справедливо вважається, що ГВС не можуть суперничати за продуктивністю з жорсткими і роторними лініями у масовому виробництві. В одиничному і особливо дослідному виробництві застосування ГВС вважається можливим і економічно виправданим в майбутньому, коли будуть автоматизовані в достатній мірі надійності всі етапи виробництва (від проектування до випуску готової продукції). У сучасних умовах більш доцільно застосовувати універсальне обладнання, оснащене пристосуваннями і пристроями, які максимально автоматизують індивідуальний технологічний процес.

Разом з тим у масовому виробництві перспективним є напрям створення гнучких автоматичних ліній (ГАЛ), здатних не лише суперничати по виробництву з жорсткими, але й мобільно перебудовуватись на випуск іншої продукції. Це особливо важливо в умовах прискореного розвитку виробництва і неперервної появи нових технологій і машин для їх реалізації. Поява і впровадження ГАЛ переважно на автомобільних і тракторних заводах можлива завдяки впровадженню управління лініями від командо-апаратів і систем ЧПК, що програмуються. Застосування ГАЛ у масовому і крупносерійному виробництві приводить до подальшої інтенсифікації обробки, що потребує автоматичної заміни інструмента і

переналагодження базуючих пристроїв, а також діагностики стану обладнання.

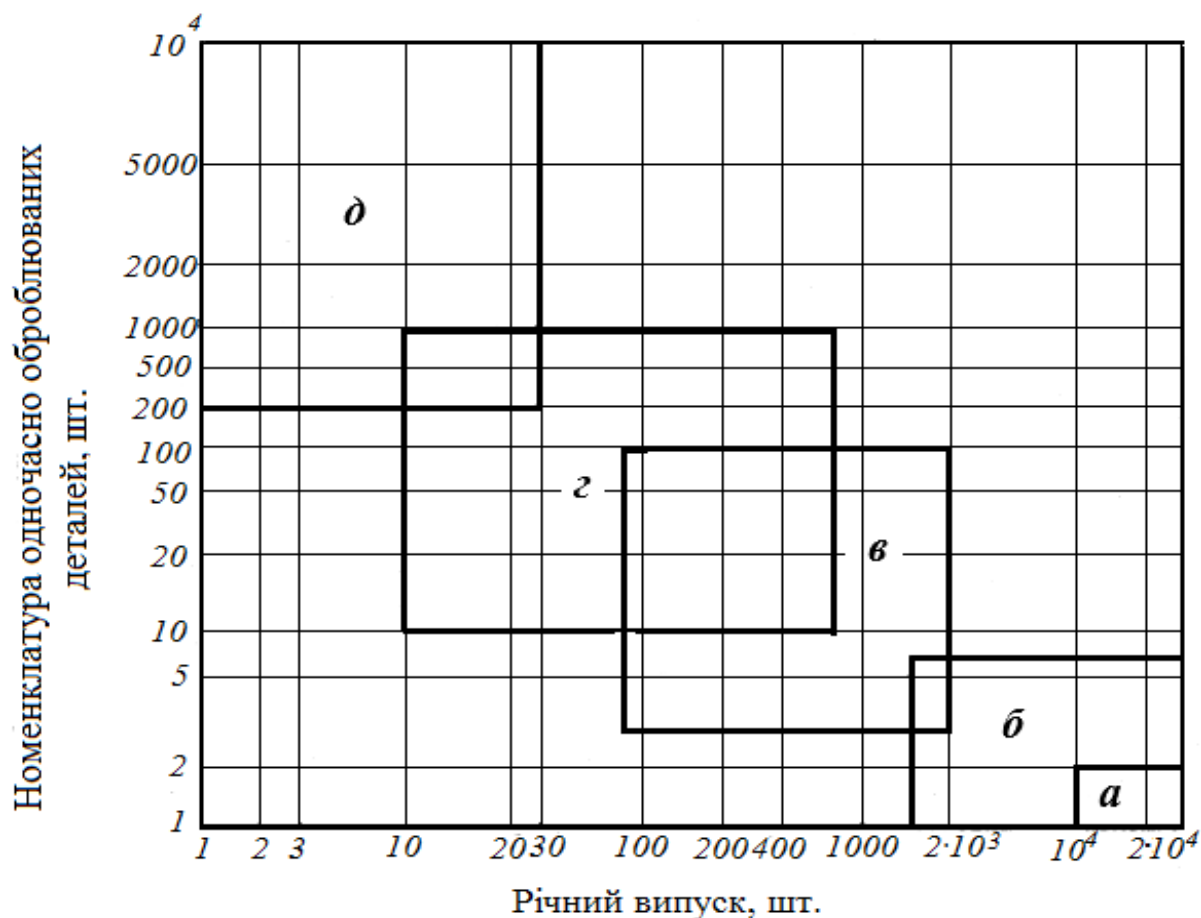


Рис. 61. Галузі застосування ГВС

Залежно від числа різних типів одночасно оброблюваних деталей та обсягу річного випуску ГВС застосовують у таких галузях (рис. 61):

- спеціальне автоматизоване виробництво при річному випуску понад 8-10 тис. деталей і числі їх типів 1, 2 (а); у цій галузі застосовуються ГАЛ, які обробляють подібні за технологією та способом базування деталі при мінімумі переналагоджувань обладнання й оснащення;
- спеціалізоване виробництво при річному випуску 1500-15000 деталей і числі їх типів від 1 до 8-10 (б); у цій галузі застосовуються ГАЛ на базі багатоцільових верстатів і транспортних систем, які мають жорсткі або гнучкі зв'язки;
- багатноменклатурне виробництво при річному випуску 50-2000 деталей у номенклатурі 6-100 (в); у цій галузі застосовуються ГАЛ на базі різних верстатів з ЧПК з транспортними роботами;
- широкономенклатурне виробництво при річному випуску 20-500 деталей і номенклатурі 10-800 (г); у цій галузі застосовуються ГАЛ на базі

обробних центрів і гнучкої транспортної системи;

- одиничне та дослідно-експериментально виробництво при річному випуску 1-25 деталей і різноманітній номенклатурі (д); у цій галузі застосовуються ГВМ і окремі верстати з ЧПУ, які можуть управлятися від центральної ЕОМ.

3.3 Вимоги до об'єктів і технологічних процесів гнучкого виробництва

До заготовок, що мають оброблятися в ГВС, ставляться такі вимоги [106]:

- чітко виражені технологічні бази, що забезпечують правильне встановлення та закріплення заготовок, а також зручність маніпулювання засобами автоматизованого транспорту;

- наявність поверхонь для базування та захвата, однорідних за формою та розташуванням, які дають можливість без додаткового вивірювання встановлювати заготовки в ГВМ, на транспортні засоби, склад з універсальним технологічним оснащенням;

- маса та розміри мають бути у межах технічних характеристик технічних засобів;

- групування за конструктивно-технологічними ознаками застосування прогресивної технології формоутворення.

До технологічних процесів ГВС ставляться такі вимоги:

- та уніфікація технологічних рішень, групування технологічних типізація об'єктів;

- багатоваріантність рішень для можливості реагувати на зміни виробничої ситуації; комплексність і переналагоджуваність;

- перевірка якості та стабільності технологічного процесу;

- типізація процесів за обладнанням, оснащенням, ріжучим інструментом;

досягнення умов автоматичного виготовлення виробів.

Технологічні процеси необхідно комплектувати комплексно з урахуванням застосовуваного обладнання, його розміщення та ступеню автоматизації; з деталізацією проектних рішень, включаючи переналагоджуваність технічних засобів, багатоваріантність маршрутів обробки, мінімізацію технологічних баз. Технологія виготовлення деталей має передбачати їх повну обробку в ГВС з урахуванням специфічних вимог (комплексна автоматизація виробничого процесу й управління ходом виробництва). В умовах ГВС технологічні процеси розробляються не тільки для обробки деталей, а й для заміни їх на верстатах та пристроях транспортування, контролю, миття, складування. Ступінь детальності технологічних рішень має доводитися до рівня підготовки управляючих програм

для обладнання.

Вимоги до обладнання, що входить до складу ГВС, мають орієнтуватися на високу економічну ефективність при експлуатації. Обладнання повинно мати широкі можливості швидкого переналагоджуваний, гнучкості, високої продуктивності та надійності.

До засобів технологічного оснащення ставляться такі вимоги: забезпечення уніфікації та найбільшої гнучкості; можливості управління за програмою або переналагодженням з мінімальними витратами часу; універсальність у межах номенклатури деталей, закріплених за ГВС; швидкодія, точність базування та надійність закріплення.

Транспортні пристрої, що реалізовані на базі промислових роботів, мають задовольняти таким вимогам [106]:

- робота в автоматичному режимі при виконанні основних і допоміжних операцій;
- автоматичне переналагоджування при заміні предметів виробництва;
- виконання конкретних прийомів і маніпуляцій;
- раціональне поєднання складності робота зі складністю основного технологічного обладнання;
- забезпечення продуктивності верстатів, що обслуговуються;
- поєднання за всіма параметрами з обладнанням, включаючи систему управління;
- здійснення управляючого впливу на основне технологічне обладнання й оснащення;
- забезпечення передбачуваною програмою послідовності виконання операцій.

3.4. Технологічні проблеми багатноменклатурного виробництва

У процесі створення та впровадження ГВС основна увага приділялась технічним засобам. Це було оправдане на першому етапі застосування принципово нової техніки. При проектуванні ГВС вирішувались також технологічні питання, пов'язані з підвищенням точності та продуктивності, проте робилося це без глибокої проробки виробничого процесу, який є об'єктом комплексної автоматизації [6], досвід експлуатації перших ГВС показав, що технологічні та економічні можливості технологічних систем нового покоління розкриваються тільки після ретельного аналізу технологічного процесу та виявлення резервів його інтенсифікації [25, 27].

Побудова технологічних процесів багато в чому визначає структуру ГВС: склад технологічного обладнання, транспортних пристроїв, засобів

автоматизації. Номенклатура деталей, призначених для виготовлення в ГВС, технологія групи обробки деталей визначають розумну співрозмірність принципів гнучкості та продуктивності, які часто знаходяться в протиріччі. Надмірна гнучкість ГВС, закладена при проектуванні, незмінно веде за собою втрату продуктивності. Тому при виборі обладнання недоцільно передбачати надмірність його технологічних можливостей. Тип обладнання багато в чому залежить від серійності виробництва та номенклатури виробів, що випускаються. У виробництві, близькому за характеристиками до масового, де оптимальною є паралельна структура операції навряд чи виправдане застосування багатоцільових верстатів і обробних центрів, для яких технологія будується за принципом послідовного виконання окремих переходів технологічного процесу.

Таким чином, при створенні та впровадженні ГВС первинною має бути технологія. Вона є джерелом інформаційних і часових зв'язків виробничого процесу, на основі яких формуються виробничі структури та розв'язуються задачі випуску якісної продукції.

Комплексне автоматизація багатономенклатурного виробництва на ба. зі застосування ГВС визначила специфічну проблематику, пов'язану з гнучкою технологією. До де яких найважливіших проблем багатономенклатурного виробництва в умовах ГВС належать такі [9; 24; 67]:

- організація виробничого процесу за принципами групової технології;
- забезпечення безлюдної, малоопераційної, переналагоджуваної технології із застосуванням засобів активного контролю та комп'ютерної техніки;
- ситуативне проектування технології залежно від змінювання параметрів виробничого процесу;
- інтеграція систем технологічної підготовки виробництва й управління технологічним процесом при експлуатації ГВС;
- реалізація комплексної технології, при якій в одній ГВС виробляється комплект деталей однієї машини;
- виготовлення виробів у гнучкому циклі при використанні принципово нових технологічних процесів обробки;
- побудова технології за модульним принципом;
- використання принципів оптимальності та завершеності;
- вирішення питань технологічного проектування ГВС;
- створення системи автоматизованого проектування ГВС (САПР ГВС);
- забезпечення допоміжних технологічних систем.

Вирішення питань групової технології пов'язане з утворенням елементарних її складових; елементів форми, комплексів поверхонь, групових

маршрутних технологічних процесів. Елементи групової технології мають відбивати специфічні характеристики оброблюваних деталей; матеріал заготовки, точність і шорсткість обробки, технічні вимоги до виробів. Ці характеристики реалізуються через набори елементарних переходів, які є своєрідним матеріалом для побудови групових та індивідуальних технологічних процесів.

Основний аспект безлюдної технології - проблема надійності обладнання, інструмента, оснащення та технології. Відомо, що обладнання з ЧПК, яке випускається вітчизняною верстатобудівною промисловістю, досі не відповідає вимогам, що ставляться до елементної бази ГВС.

Для створення так званих істинних ГВС, що працюють у дійсно безлюдному режимі, необхідно розв'язувати проблеми адаптивного управління технологічними процесами з використанням початкової та накопиченої у процесі роботи інформації; автоматизації операцій переналагоджуваній допоміжного обладнання; створення засобів вхідного контролю параметрів заготовок, інструмента, технологічних засобів; забезпечення діагностування технологічного обладнання. При цьому необхідно розв'язати проблеми безвідлагоджуваної технології, розширивши можливості та контрольні функції обладнання та реалізувавши комплекс заходів, оснований на новітніх технологічних розробках і максимальному використанні технічних засобів ГВС. Найбільш просте розв'язання цих проблем на сучасному етапі розвитку технології - стабілізація відхилень вхідних технологічних параметрів ГВС удосконалюванням технологічних процесів отримання заготовок та інструмента зі стабільними технічними характеристиками; зменшення розкиду технічних характеристик обладнання та оснащення. Деякі з указаних задач успішно розв'язуються, особливо при створенні уніфікованого інструмента з твердосплавними пластинами механічного кріплення із спеціальним покриттям.

Проблема малоопераційної технології особливо актуальна при використанні принципу концентрації операцій на обробних центрах. Необхідно передивитися відношення технологів до аналізу технологічності конструкції виробів, кінцева мета якого - прийняти рішення про можливість обробки даної деталі в ГВС. Необхідно прагнути максимально уніфікувати конструктивні елементи деталей, які в остаточному підсумку визначають переходи обробки та склад технологічної операції. Структура ГВС є оптимальною, якщо вміщує мінімальне число одиниць обладнання та забезпечує раціональну концентрацію операцій на кожній позиції обробки.

Переналагоджувана технологія передбачає можливість автоматизовано змінювати умови виробництва в цілях його оптимізації за

заданим критерієм у заданому інтервалі часу [24], Реалізація принципів переналагоджуваної технології пов'язана перш за все з технологічним обґрунтуванням багатоваріантних технологічних рішень, створенням адаптивно керованих процесів обробки, розробкою засобів широко регульованого, автоматично налагоджуваного оснащення.

Ситуативне проектування технологічних процесів - один з найважливіших принципів гнучкої технології - дає можливість оперативно змінювати не тільки маршрут виконання раніше фіксованих операцій, а й склад самих операцій. Це суттєво скорочує загальний час знаходження деталі у виробничій системі це умови, що час, витрачений на прийняття рішення, досить малий [99]. Принципи проектування технології з урахуванням виробничої ситуації можна реалізувати при створенні відповідної автоматизованої системи, здатної видавати рішення як на етапі проектування, так і на етапі експлуатації ГВС.

Розгалужена технічна інфраструктура ГВС дає можливість створити єдину інтегровану систему технологічної підготовки й управління виробничими процесами, методичною основою якої може бути принцип багаторівневої оптимізації, що передбачає отримання рішень на кожному етапі управління, на основі частинного критерію оптимальності, який витікає із загального критерію і не суперечить йому [24].

У цілях управління технологічними процесами ГВС доцільно в технології машинобудування та теорії різання використовувати накопичування багаточисленних статистичних моделей, що описують експериментальні залежності якісних параметрів обробки від технологічних факторів (матеріалу заготовки, розміру та характеру розподілення припуску, режимів різання, динамічних характеристик обладнання й оснащення, вигляду застосовуваних технологічних засобів тощо).

Використовуючи вказані моделі у вигляді бази даних, можна створити основу для управління технологічними процесами, наприклад змінням режимів різання залежно від інформації, яку отримано на вході ГВС. Такі системи реальні особливо в рамках групової технології, де локалізовані набір оброблюваних деталей і круг з технічних задач, що розв'язуються.

Комплексна технологія ГВС значною мірою розв'язує проблеми зменшення обсягів незавершеного виробництва, організації ритмічної роботи складальних конвеєрів, окремих цехів і підприємства в цілому. Крім того, при обробці основних деталей машин комплектом підвищується коефіцієнт завантаження обладнання, повніше використовуються його технічні можливості.

У ГВС доцільно використовувати принципово нові та прогресивні технології. такі як лазерне розрізання та свердлування, безвідходна

технологія холодного пластичного деформування, комбіновані методи зміцнюючої обробки, тангенціальна та фрезерна обробка поверхонь тіл обертання з круговою та прямолінійною подачею та ін.

При проектуванні технологічних процесів для ГВС [9] значний інтерес становить використання принципів модульної технології. Модульна технологія оснований на тому, що будь-яку деталь можна подати сукупністю так званих модулів поверхні, узятій з обмеженої кількості таких модулів. Для кожного модуля поверхні можна розробити кілька типових технологічних процесів, що враховують різноманітність цього модуля за матеріалами, розмірами, вимогами до геометричної точності, якістю поверхні тощо. Поєднання модульної та групової технології створює базу для розробки ГВС на основі агрегатування виконавчих вузлів технологічного обладнання. Це призводить до його типізації аж до створення типових ГВС, здатних освоїти комплектне виробництво типових деталей в усіх галузях машинобудівного комплексу.

В основу принципу завершеності гнучкої технології покладено вимогу виконати всі операції у межах однієї ГВС без проміжної передачі напівфабрикатів в інші підрозділи чи допоміжні відділення. Істинні ГВС неможливо створити, не дотримуючись принципу завершеності. Більшість технологічних процесів, що здійснюються в рамках працюючих ГВС, мають незавершений характер. Для їх завершення необхідно виконати ряд дороблюючих або спеціальних операцій: термообробку, зняття задирок, закладення розкритих після чорнової обробки раковин і інших дефектів, обробку, зубонарізання тощо. Щоб виконати принцип завершеності, необхідно створити нове та розширити можливості існуючого обладнання з ЧПК, організувати в ГВС спеціальні позиції та робочі місця.

При створенні ГВС необхідно дотримуватися принципу оптимальності, який створює єдину методичну основу розв'язання технологічних задач на всіх рівнях та етапах. Для підвищення надійності технологічних рішень в цілях переходу до безналагоджуваної технології застосовують методи мікропрограмування, які полягають у тому, що на етапі проектування технологічних процесів використовуються не лише елементарні переходи, а й масові інформації про форму та розміри припусків, а також закони управління режимами різання, що не залежать від умов обробки в широкому діапазоні.

Крім розглянутих основних проблем гнучкої технології велике значення мають побічні технологічні питання, пов'язані з видаленням відходів виробництва, подачею змашувально-охолоджуючих технологічних засобів, організацією транспорту тощо.

Усі технологічні задачі можна розв'язати з позиції системного підходу, який враховує різноманітність технологічних аспектів ГВС і

використовується як на етапі проектування гнучких систем, так і при їх експлуатації.

3.5. Елементи технологічного процесу в умовах ГАВ

Технологічний процес обробки деталей в ГБС потребує більшої деталізації при розв'язанні технологічних задач, ніж традиційний, і обліку специфіки подання інформації. Структурно-технологічний процес поділяється на операції, елементами яких є установки, позиції, переходи, проходи, робочі та допоміжні хода, кроки, елементарні переміщення та технологічні команди.

Технологічною операцією називають частину технологічного процесу, що виконується над певним об'єктом на одному робочому місці за участю робітника чи під його безпосереднім наглядом. Операція як частина технологічного процесу характеризується незмінністю об'єкта обробки, робочого місця і виконавця. Робочим місцем прийнято вважати частину виробничої площі, встановлену і оснащену технічними засобами і пристроями відповідно до характеру виконуваних робіт і закріплену за виконавцем цих робіт.

Таким чином, обробка або складання деталей на ГВМ, який включає в себе обробний центр і комплекс транспортних і керуючих пристроїв, - одна з операцій, що проводяться на одному робочому місці. Прийнято вважати, що якщо змінюється база закріплення деталі, то з'явиться нова операція. В умовах ГБС при закріпленні деталей на супутніх пристроях база деталі залишається незмінною. Проте деталь може послідовно оброблятися на декількох ГВМ, тобто відбувається зміна обладнання і відповідно виникає нова операція.

При виникненні верстатів типу „обробляючий центр” деякі автори назвали їх багатоопераційними, підкреслюючи широкі технологічні можливості нового обладнання. Проте з точки зору визначення поняття „операції” така назва помилкова, бо при обробці на цих верстатах деталь не змінювала свого базування, а вся робота щодо формоутворення виконувалась на незміненому обладнанні, тобто на тому самому верстаті при автоматичній заміні інструмента. Пізніше з'явилася більш вдала назва цих верстатів - багатоцільові верстати з числовим програмним управлінням, в якому немає визначення, яке торкається поняття „операція”.

У верстатах типу „обробляючий центр” замість принципу диференціації обробки реалізовано принцип централізації обробки деталі за одну операцію. Цей принцип подібний до принципу централізації виробництва в одному виробничому підрозділі, коли в ньому зосереджується обробка великого обсягу матеріальних ресурсів. Це, будучи передумовою введення

нового прогресивного обладнання технології і методів організації виробництва, приведе до підвищення рівня всіх показників ефективності виробництва.

У зв'язку зі зміною принципів базування, застосування пристроїв - супутників, що передають деталі з одного робочого місця на друге, дещо втрачають своє призначення поняття „встановлення” та „позиція”. Разом з тим особливо важливого значення набуває поняття переходу, яке уточнюється в зв'язку з розширенням функціональних можливостей гнучких систем. Можна розрізняти елементарні, інструментальні, позиційні та допоміжні переходи. Елементарний перехід характеризується безперервною обробкою однієї елементарної поверхні одним інструментом за заданою програмою. Інструментальний перехід - закінчений процес обробки однієї чи декількох поверхонь при безперервному русі інструмента за програмою. Допоміжний перехід полягає в переміщенні інструмента без зняття стружки. Позиційний перехід відбивав сукупність інструментальних та допоміжних переходів, що виконуються без зміни позиції, оснащення та інструмента за незмінною програмою.

Гнучке виробництво характеризується більш детальним розчленуванням технологічного процесу, яке зумовлене необхідністю точно описати характер рухів транспортної системи та частин верстата. У детальному розчленуванні технологічного процесу криються немалі резерви, пов'язані з оптимізацією завантаження металоріжучого обладнання і мінімізацією переміщень автоматичних маніпуляторів. Деталізація технологічного процесу для обладнання з ЧПУ приводить до розподілу робочих і допоміжних ходів на кроки. Кожен крок - це переміщення інструмента на ділянці траєкторії уздовж певного геометричного елемента, на якому не змінюється режим. Так, кроками є окремі переміщення інструмента вздовж прямої чи кола зі сталою швидкістю, а також розгон і гальмування на початку та наприкінці руху.

Найпростіші складові процесу обробки - елементарні переміщення і технологічні команди. Елементарні переміщення формуються з урахуванням обмежень конкретного УЧПК. До них відносяться, наприклад, розташування дуги кола в межах одного квадранта чи завдання відрізка прямої числом дискрет, що не перевищує вміст регістра пам'яті УЧПК.

В гнучких системах структура штучного часу характеризується тим, що значну частину його складає допоміжний час. Розширення номенклатури оброблюваних деталей веде до відносного зростання втрат на переналагодження системи, пов'язане зі зміною програми роботи верстатного обладнання й маніпуляторів, заміною чи піднастроюванням базуючих елементів оснащення захватних пристроїв промислових роботів і ріжучого інструмента. Для скорочення часу переналагодження система

класифікації деталей має бути здатною мінімізувати більшу частину допоміжного часу, пов'язану з характерними особливостями деталей. Оснащення гнучкої системи має бути високоуніверсальним і забезпечити ефективну обробку групи деталей з мінімальним допоміжним часом. Буферно-накопичувальні пристрої транспортної системи мають забезпечувати її безперебійну роботу і мінімізацію часу лежання деталей для зниження витрат на незавершене виробництво.

Характер гнучкого виробництва, що розвивається, потребує постійного вдосконалення основних понять гнучкої технології, які помітно впливають на техніко-економічні показники ГВС.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Що розуміють під інтеграцією механоскладального виробництва?
2. У чому полягають переваги повної інтеграції виробництва?
3. На чому ґрунтується інтеграція процесів створення та виробництво виробів із застосуванням системи CAD / CAM?
4. Які особливості мають системи CAD-CAM?
4. Які основні особливості інтегрованих виробничих комплексів?
5. Які основні напрямки інтеграції виробництва?
6. Які основні етапи автоматизації багатомоделного виробництва?
7. Яке співвідношення часових зв'язків при виробництві продукції в машинобудівних цехах?
8. При яких типах виробництва найбільш повно використовуються переваги ГВС?
9. Які перспективи застосування ГВС у масовому виробництві і з чим вони пов'язані?
10. Які вимоги ставляться до заготовок, технологічних процесів, обладнання, транспортних пристроїв і технологічного оснащення гнучкого виробництва?
11. Які основні змінні проблеми ГАВ?
12. У чому суть безлюдної, комплексної, переналагоджуваної технології?
13. Які зміни відбулися в тлумаченні елементів технологічного процесу в зв'язку з впровадженням ГВС?

4. ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ГАВ

4.1. Задачі технологічної підготовки виробництва

Технологічна підготовка виробництва (ТПВ) має забезпечувати технологічну готовність підприємства до виробництва виробів заданої якості згідно із заданими техніко-економічними показниками, що зумовлюють високий технічний рівень виробництва, мінімальні часові, трудові і матеріальні витрати.

Основні завдання ТПВ: аналіз вихідного виробництва та номенклатури виробів, що випускаються; групування об'єктів виробництва і технологічних рішень, аналіз технологічності конструкцій виробів; проектування технологічних процесів; визначення складу обладнання ГВС; проектування засобів технологічного оснащення виробництва; розв'язування інженерних задач; розробка програм для верстатів з ЧПК та керованих промислових роботів; організація і керування роботою ГВС.

Організація системи ТПВ базується на комплексі державних стандартів, який називають єдиною системою технологічної підготовки виробництва (ЄСТПВ). Вона має забезпечити єдину для всіх підприємств і організацій систему ТПВ, що відповідає досягненням сучасної науки, техніки і виробництва; освоєння виробництва й випуску виробів найвищої якості у мінімальні терміни за мінімальних трудових і матеріальних затрат; організацію виробництва, що забезпечує безперервне його вдосконалення і швидке переналадження на випуск нових виробів; раціональну організацію виконання комплексу інженерно-технічних і управлінських робіт; взаємозв'язок ТПВ з іншими підсистемами автоматизованої системи управління виробництвом (АСУВ).

Склад системи державних стандартів, що використовуються в ЄСТПВ, показаний на рис. 62. ЄСТПВ розбивається на такі класифікаційні групи стандартів: основні положення ЄСТПВ (група 0); правила організації і управління процесом технологічної підготовки виробництва (група 1); правила забезпечення технологічності конструкції об'єктів виробництва (група 2); правила розробки застосування технологічних процесів і засобів технологічного оснащення (група 3); правила застосування технічних засобів механізації і автоматизації інженерно-технічних робіт (група 4).

Для ТПВ виробів характерний інтенсивний документообіг між різними її підрозділами, а також великий обсяг накопичених документів, що вміщують інформацію про складальні одиниці, деталі, заготовки, технологічне оснащення, технологічні процеси.

Задачі ТПВ в умовах ГВС неможливо вирішити без автоматизації

обчислювальних процесів і операцій з технологічними об'єктами і



Рис. 62. Склад системи державних стандартів, що використовуються в ЄСТПВ

поняттями, тому в складі інтегрованого гнучкого автоматизованого виробництва має функціонувати автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ), яка вирішує всі задачі щодо проектування, аналізу, контролю, обліку та регулювання технологічних процесів в автоматичному чи автоматизованому режимі.

АС ТПВ виконують функції двох класів [106]: цільові, що виражають мету ТПВ; власні, що відбивають організацію та управління АС ТПВ (рис. 63). Назвемо деякі особливості власних функцій АС ТПВ. АС ТПВ - невід'ємна частина системи ТПВ, що входить в АСУВ, - складається з кількох підсистем з власними внутрішніми мовами описування об'єктів. Вона завжди лишатиметься „людино-машинною” системою, в якій більша частина творчих рішень залишиться за людиною. В АС ТПВ мають розвиватися ІПС, що оперують великими обсягами інформації. АС ТПВ - система, що розвивається, здатна змінювати, нагромаджувати інформацію, здійснювати організацію навчання та самоорганізацію. Вона має властивість пасивної і активної адаптації.

Пасивна адаптація передбачає налагоджування системи на конкретні виробничі умови. Активна адаптація передбачає аналіз виробництва, виявлення вузьких місць, побудову графіка підвищення ефективності виробництва, за яким система має проектувати рішення, що дають змогу поступово перевести виробництво на таку форму його організації, яка б забезпечила найбільший ефект при виготовленні виробів.

При створенні АС ТПВ необхідно дотримуватись деяких специфічних вимог [106]. Вимога автономності необхідна для організації послідовного введення в дію підсистем АС ТПВ, можливості розв'язування окремих задач проектування та експлуатації ГВС з найменшими витратами.

Вимога сучасності методів, що застосовуються, забезпечується формуванням ефективних рішень, зниженням трудомісткості взаємодії користувача з обчислювальною системою і часу рішення задач. Вимога необхідності і достатності засобів задовольняється уніфікацією програмного, інформаційного та лінгвістичного забезпечення АС ТПВ. Вимоги адаптивності забезпечуються можливістю змінювати алгоритми, програми і дані з метою пристосування до умов функціонування, що змінюються. Вимога еволюції передбачає закономірну зміну попередніх структур і параметрів систем, на основі якої забезпечується наступність методів, алгоритмів, програм і даних при розвитку систем і тим самим знижуються витрати на проектування і розвиток діючих систем. Вимога тиражування забезпечує розповсюдження на різних підприємствах методик, алгоритмів, програм нормативно-довідкової інформації, даних про обладнання та технологічне оснащення, систем кодування інформаційних об'єктів.

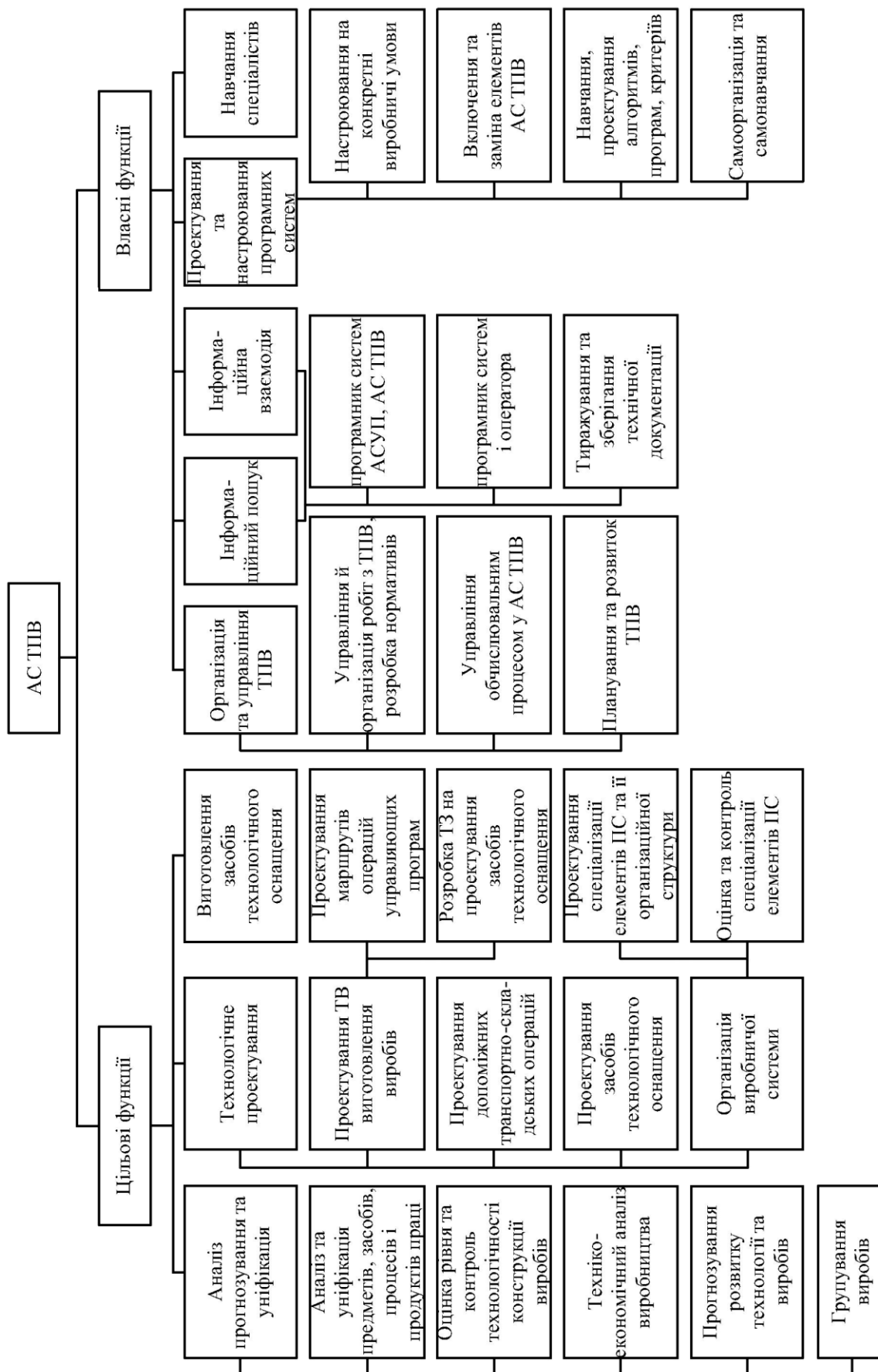


Рис. 63. Склад функцій і задач АС ТПВ

Вимоги раціональності розподілу функцій між людиною і автоматизованою системою диктуються істотними змінами в організаційній структурі системи проектування при застосуванні ЕОМ.

Виконання згаданих вимог визначається наступними принципами, що закладені при створенні методичного, математичного, програмного, лінгвістичного, інформаційного та технічного забезпечення АС ТПВ [106]:

1. Принцип системної єдності полягає в тому, що підсистеми АС ТПВ мають розроблятися як частини одного цілого, функціонування яких підпорядковане загальній меті.

2. Принцип декомпозиції укладається в розбитті системи слабкими керуючими і інформаційними зв'язками. Декомпозиція дозволяє знижувати складність системи, яку важко оцінити з усіх боків, а отже, спроектувати цілком.

3. Принцип модальності передбачає побудову АС ТПВ із функціонально закінчених модулів, які можуть експлуатуватись як самостійно, так і в єдиній системі. Наприклад, при проектуванні ТП система розподіляється на підсистеми проектування схем обробки деталей, технологічних маршрутів, операцій і керуючих програм, тобто САПР ТП створюється як ієрархічна система, число рівнів якої змінюється залежно від конкретних вимог виробництва.

4. Принцип поєднання забезпечує спільне функціонування підсистем АС ТПВ.

5. Принцип відкритості припускає постійний доступ до АС ТПВ для коригування, доповнення і зміни її окремих функцій і інформаційних масивів у міру зміни виробничих умов.

6. Принцип стандартизації оснований на необхідності уніфікації, типізації на єдиній методологічній основі всіх компонентів системи.

7. Принцип неостаточності рішень передбачає подання етапів проектування у вигляді послідовності алгоритмів і програм, що розв'язують конкретну задачу і визначають допустиму множинність рішень.

8. Принцип ергономічності дає змогу оптимально визначити функції людини в такій людяно-машинній системі, якою є АС ТПВ.

9. Принцип базування на нових наукових і практичних досягненнях відбиває вимоги використання в АС ТПВ прогресивних методів організації виробництва, наукових основ технології, сучасних теоретичних дисциплін.

Автоматизація ТПВ відбувається в трьох основних напрямках:

- системний підхід до створення АС ТПВ ГВС;
- інтеграція окремих підсистем АС ТПВ і в цілому АС ТПВ з підсистемами АСУВ;
- створення АС ТПВ, що мають засоби адаптації до змін у виробничому середовищі.

4.2. Банки даних технологічного призначення

Одна з головних особливостей створення ГВС - інтеграція і автоматизація робіт щодо технологічної підготовки виробництва. Інтеграція конструкторської, технологічної, організаційної та економічної підготовки виробництва полягає в забезпеченні вірогідних та прямих зв'язків між різними підрозділами виробництва з метою одержання оптимального розв'язку. Такі зв'язки можуть виникнути лише за умов автоматизації технологічної підготовки виробництва на основі єдиної інформаційної бази, яка вміщує постійну (нормативно-довідкову) та змінну (що формує і накопичує в процесі роботи) інформацію. Змінна інформація пов'язані із зовнішнім середовищем і має змогу змінюватись у міру змінювання самого зовнішнього середовища і нагромадження знань про структуру й закони її функціонування.

Інформаційні бази в технології створюються у вигляді банків даних технологічного призначення, які являють собою бази даних, систему методів і засобів, призначених для централізованого нагромадження, оновлення, пошуку і видачі користувачеві даних у процесі розв'язування задач технологічної підготовки виробництва (ГОСТ 14.413-80).

Створення банку даних технологічного призначення - одне з основних завдань при формуванні АС ТПВ. Банки даних [105, 106] забезпечують:

- ефективну взаємодію технолога і конструктора з обчислювальною системою (проблема спілкування);
- швидкі й зручні для користувача способи доступу до інформації, що зберігається (проблема доступу);
- інформаційну єдність між окремими підсистемами АС ТПВ (проблема інформаційної єдності);
- взаємний зв'язок з інформаційними підсистемами різного функціонального призначення і адаптацію до змін зовнішнього середовища (проблема адаптації).

Згідно з ГОСТ 14.413-80 банк даних технологічного призначення вміщує базу даних; бази знань і мети; інформаційно-пошукову систему технологічного призначення (ІПСТП) і систему управління базою даних (СУБД).

База даних - розпізнана сукупність взаємопов'язаних даних, призначених для багатоцільового використання, які зберігаються на зовнішніх запам'ятовуючих пристроях ЕСМ прямого доступу. База даних будується у вигляді зручному для сукупного використання загальних даних різними підсистемами АС ТПВ при заповненні мінімального обсягу зовнішньої пам'яті. Організація даних має забезпечувати мінімальний час їх обробки і

мінімальні надлишки. До бази даних входять такі структурні одиниці: поле, запис, файл (набір даних), база.

Поле - найменша розпізнана одиниця даних. Сукупність пов'язаних між собою полів створюють запис. У свою чергу, сукупність пов'язаних між собою записів об'єднується у файл (набір даних).

Розрізняють три основні структури даних: ієрархічна, сітьова та реляційна [105, 106]. Ієрархічна структура передбачає створення записів на кількох рівнях, причому кожен запис пов'язаний з більш ніж одним записом вищого рівня і може мати декілька зв'язків із записами підпорядкованого рівня. Сітьова структура характерна тим, що кожен запис може бути пов'язаний а довільною кількістю інших записів, що перебувають на будь-яких рівнях ієрархії. Реляційна структура даних являє собою сукупність таблиць, які називаються відношеннями, причому кожна таблиця складається з непов'язаних між собою записів одного типу.

Бази знань і мети - це сховище інформації про технологічні правила, що застосовуються при розв'язуванні технологічних задач. Інформація в базах знань зберігається у вигляді табличних або текстових рекомендацій, записаних за допомогою спеціальних мов.

Інформаційно-пошукова система технологічного призначення (ІПСТП) використовується для взаємодії з базою даних зовнішнього користувача (технолога або конструктора).

ІПСТП забезпечує:

- можливість введення даних у базу, коригування даних, занесених у базу;
- пошук інформації у базі даних.

Для розробки ІПСТП створений комплекс стандартів ЄСТПВ, в яких регламентуються питання класифікації ІПСТП, сформульовані вимоги до лінгвістичного та програмного забезпечення ІПСТП і вказані правила їх розробки (ГОСТ 14.409-75, ГОСТ 14.441-77, ГОСТ 14.412-79, ГОСТ 14.414-79, ГОСТ 14.415-881).

Система управління базою даних (СУБД) призначена для безпосереднього управління базами даних як на логічному, так і на фізичному рівні подання даних.

СУБД забезпечує:

- вилучення чи додавання записів у базу даних;
- зміну значень та вибір полів згідно з заданими умовами;
- вибір записів за заданими умовами;
- попередження несанкціонованого доступу до наборів, записів і полів;
- накопичення статистичної інформації про використання даних з метою оптимізації структури та складу бази даних.

СУБД повинна мати спеціалізовану мову високого рівня для описування даних; мова маніпулювання даними для завдання дій на логічному рівні з полями, записами і наборами даних. Користувачі СУБД - проблемні програми та ІПСТП. Програмні модулі СУБД вмонтовуються в підсистеми АСТПВ та ІПСТП за допомогою спеціальних підпрограм.

Для розв'язання технологічних задач ГВС використовують бази даних основного технологічного обладнання (верстатів з ЧПУ, промислових роботів, ріжучого інструмента, пристосувань).

База даних „Обладнання” необхідна при проектуванні технологічних процесів і ділянок механічної обробки. Кожна модель обладнання характеризується набором нормативних показників, що описують технологічні можливості та конструктивні особливості даної моделі. Деякі характеристики верстатів з ЧПУ та відповідні їм позначення операторів і параметрів [105, 106] наведені в табл. 11. Наприклад, інформація про багатоцільовий верстат типу ІР 500 ПФ4 записується так:

НАЧ
 ОБОР ОСВ ГР=І2, МОД-ІР500ІФ4,
 ФІРМ=ІПСО, СТРА=РОССИЯ
 ЗАГ МАС=700
 МАГ ТИП=2, УСТ=1, ОСЬ=2, ГНЕЗ=32
 УСЗ ТИП-2
 ЧПУ МОД=ФАНЧК, СТР=ЯПОНІЯ, ВИД = CNC
 ТИП=3, КООР=4, КРЕЗ=3, ИНТР=КРУГ,
 ДИСК- ..., КОД-ISO БИТ
 КОН

Таблиця 11

Основні технічні характеристики верстатів з ЧПУ, що використовуються в базі даних "Обладнання"

Оператор	Параметр	Характеристика
1	2	3

Загальні відомості

ОСВ	ГР	Група обладнання
	МОД	Модель верстата
	ФІРМ	Фірма-виготовлювач
	СТРА	Країна-виготовлювач

1	2	3
<u>Габаритні розміри верстата, мм</u>		
ГАБ	L	Довжина
	B	Ширина
	H	Висота
<u>Габаритні розміри заготовки, мм</u>		
ЗАГ	L	Довжина
	B	Ширина
	H	Висота
	MAC	Найбільша маса заготовки, кг
<u>Магазин інструмента</u>		
МАГ	ТИП	Тип
	СМЕН	Час зміни інструмента, хв
	ГНЕЗ	Число гнізд
	L	Максимальна довжина інструмента
	MAC	Максимальна маса інструмента
	D MAX	Максимальний діаметр інструмента без пропускання сусідніх гнізд
	КОД	Спосіб кодування інструмента
	ОСЬ	Положення осі обертання (1 - паралельно осі X, 2 - осі Y, 3 - осі Z)
	АВТО	Тип автооператора (1-й - а одним захватом, 2-й - з двома, 3-й – багатозахватний)
	УСТ	Місце установлення
<u>Пристрій зміни заготовок</u>		
УСЗ	ТИП	Тип пристрою (1 - двозмінний стіл, 2 - пристрої із супутниками, що переміщуються прямолінійно, 3 - поворотні пристрої)
	СХЕМА	Схема пристрою
	ЗАЖ	Записи заготовок (0 - ручний, 1 - механізований, 2 - автоматичний)

1	2	3
<u>Револьверна головка</u>		
РЕВ	ГНЕЗ ОСЬ	Число гнізд для інструмента Положення осі обертання (1 - паралельно осі X, 2 - осі Y, 3 - осі Z)
<u>Система ЧПУ</u>		
ЧПУ	МОД	Модель
	СТР	Країна-виготовлювач
	ФИРМ	Фірма-виготовлювач
	ВИД	Вид системи (DNC, CNC, HNC)
	ТИП	Тип управління (1 - позиційне, 2 - контурне, 3 - комбіноване і т.д.)
	КООР	Число керованих за програмою координат
	КРЕЗ	Число робочих переміщень, суміщених з процесом різання
	ПСУП	Можливість роботи з план-супортом
	ИНТР	Тип інтерполяції
	ДИСК	Дискретність
	КОД	Система запису команд

Основні характеристики верстатів можуть доповнюватися іншими відомостями, необхідними для розв'язання відповідних технологічних задач.

При організації бази даних треба орієнтуватись на методику вибору обладнання, що використовується для проектування - ГВС або технологічних процесів.

База даних „Роботи” використовується при проектуванні ГВС. Інформація про технічні характеристики кожного робота записується на узагальненій мові. Номенклатура технічних показників роботів може змінюватися залежно від їх конструкції та службового призначення.

Перелік основних операторів і параметрів, які фіксують технічні характеристики роботів за ГОСТ 25378-82 [106], наведено, в табл. 12. Номенклатурні характеристики та їх кількість залежать від різновиду робота. Тому для запису характеристик необхідно використовувати узагальнену мову. При запису характеристики робота вибирають лише ті оператори, які необхідні для його описання.

Наприклад, для робота ТРТ-1-250 описання на узагальненій мові, яке вміщує основні технічні характеристики, має такий вигляд:

НАЧ

ОСВ НОМ=15, ОБОЗ=ТРТ-1-250, ПОГР=10,

МАС=550

ЗОНА Н=3200, ALF = 180

ГРУЗ НОМ = 250

ГОР L=1000, F = 180, V =30, W =90, ПР = 16

ВЕРТ L = 3200, V=.8

КОН

Таблиця 12

Основні технічні характеристики промислових роботів, які використовуються в базі даних „Роботи”

Оператор	Параметр	Характеристика
1	2	3
<u>Загальні відомості</u>		
ОСВ	НОМ	Системний номер
	ОБОЗ	Позначення
	ПОГР	Максимальна похибка позиціонування, мм
	МАС	Маса, кг
	Р	Тиск робочого тіла, МПа
	Q	Витрата робочого тіла, м ³ /с
	U	Напруга, В
	W	Споживана потужність, Вт
<u>Габаритні розміри, мм</u>		
ГАБ	L	Довжина
	B	Ширина
	H	Висота.
<u>Робоча зона</u>		
ЗОНА	L	Максимальний розмір по горизонталі, мм
	H	Максимальний розмір по вертикалі, мм
	ALF	Максимальний поворот у горизонтальній площині, град
	BET	Максимальний поворот у вертикальній площині, град

1	2	3
		<u>Вантажопідйомність номінальна, кг;</u>
ГРУЗ	НОМ НОМ 1 НОМ 2	для роботів із загальним маніпулятором для 1-го маніпулятора для 2-го маніпулятора <u>Ступінь рухомості по горизонталі</u>
ГОР	L F1 T V W A Є D ПР ОБР	Максимальне лінійне переміщення, мм Максимальний поворот, град Час переміщення, с Максимальна швидкість: лінійна, м/с кутова, град/с <u>Максимальне прискорення:</u> лінійне, м/с ² кутове, град/с ² Максимальна абсолютна похибка позиціонування, мм Число програмних точок: при прямому переміщенні при зворотному переміщенні <u>Ступінь рухомості по вертикалі</u>
ВЕРТ	L F1 T V W A E D ПР ОБР	Максимальне лінійне переміщення, мм Максимальний поворот, град Час переміщення, с Максимальна швидкість: лінійна, м/с кутова, град/с Максимальне прискорення: лінійне, м/с ² кутове, град/с ² Максимальна абсолютна похибка позиціонування, мм Число програмних точок: при прямому переміщенні при зворотному переміщенні

1	2	3
<u>Захватний пристрій</u>		
ЗАХВ	S T ЗАХ T ОТП	Зусилля захватування, Н Час захватування, с Час відпускання, с <u>Розміри захвачуваного предмета, мм:</u>
РАЗМ	D MAX D MIN	максимальний мінімальний <u>Пристрій управління</u>
УПР	N BX ВИХ КАДР КОМП	Число одночасно керованих рухів за ступенями рухомості Число каналів зв'язку із зовнішнім обладнанням: на вхід на вихід Обсяг пам'яті, кадрів Число зовнішніх команд <u>Показники надійності</u>
НАД	T КП СП	Встановлене безвідмовне напрацювання, год. Встановлений термін служби, років: до капітального ремонту до списання

Базу даних „Роботи” можна використовувати у вигляді довідкового матеріалу, а також можна включати у підсистему вибору транспортних засобів при проектуванні ГВС.

База даних „Інструмент” формується на основі стандартів і каталогів ріжучого допоміжного та вимірювального інструмента, який використовується на конкретних підприємствах. При запису інструмента в базу даних заносяться його позначення за стандартом, класифікатором ЄСКД і типорозмірами. Групи для типорозмірів інструмента вміщують набори параметрів і фраз. Кожний запис набору параметрів вміщує інформацію про конкретний типорозмір інструмента, а запис набору фрез - найменування інструмента, яка заносяться в технологічну карту.

Побудова баз даних ріжучого інструменту має специфічні особливості: характеристики інструмента тісно пов'язані з параметрами об-

роблюваних деталей і обладнання, що використовується. Тому бази даних інструмента в САПР технологічних процесів складають невід’ємну частину предметної технологічної інформаційної галузі та використовуються при виборі інструмента для виконання конкретної операції чи переходу. Розмірна та якісна характеристика оброблюваної поверхні передбачає застосування певного ріжучого інструмента для конкретних виробничих умов.

Вихідні дані при виборі інструмента:

- група обладнання та код переходу;
- характеристики заготовок;
- розміри оброблюваного елемента;
- розмір партії.

База даних „Пристосування” використовується при проектуванні технологічних процесів, ділянок механічної обробки, ГВС, а також може використовуватись при конструюванні пристосувань для запозичування уніфікації пристосувань або їх частин.

Пристосування описуються за максимальною кількістю груп ознак:

- загальні характеристики пристосувань (ЗХП);
- конструктивні характеристики (КХ);
- техніко-економічні характеристики (ТЕХ).

Опис виконується за допомогою таблиць, які відбивають певну групу ознак. Наприклад, у табл. 13 наведено порядок кодування системи пристосувань [106]. Різновиди пристосувань і їх кодування необхідно наводити, керуючись класифікатором ЄСКД (клас 29).

Таблиця 13

Кодування системи пристосувань

Пристосування	Коротка характеристика	Код
1	2	3
Універсально-безналагоджувані (УБП)	Пристосування з нерознімними постійними базовими елементами: стандартні універсальні токарні патрони, машинні лещата без змінних губок, центри, поворотні столи	1
Універсально-налагоджувані (УНП)	Пристосування із змінними налагодженнями та універсальним нерозкладним корпусом: двокулачкові патрони та машинні лещата із змінними губками, ділильні головки	2
Універсально-складальні (УСП)	Пристосування зі складально-розкладальним корпусом, що компонується з точних стандартних елементів (для нетривалої експлуатації)	3

Закінчення табл. 13

1	2	3
Складально-розкладальні (СРП)	Спеціальні пристосування одноразового складання, які мають спеціальні деталі (для тривалої експлуатації)	4
Спеціалізовані налагоджувальні (СНП)	Переналагоджувані пристосування зі змінними чи регульованими елементами та спеціалізованим корпусом (групові пристосування)	5
Нерозкладні спеціальні (НСП)	Спеціальні пристосування для тривалої експлуатації	6

При формуванні бази пристосувань однією з найважливіших характеристик є схема базування. За ГОСТ 21493-76 розрізняють п'ять видів технологічних баз за числом ступенів волі: установочна (УБ), напрямна (НБ), опорна (ОБ) подвійна напрямна (ПН) і подвійна опорна (ПО). Основні типові комбінації баз: УБ-НБ-ОБ; УБ-ПО-ОБ; ПН-ОБ-ОБ. Для запису коду комбінації баз використовується, наприклад, табл. 14.

Таблиця 14

Коди комбінацій баз

Типовий комплект баз	Розташування першої бази відносно частини верстата (стіл або вісь шпинделя)	Код
УБ-НБ-ОБ	Паралельне	0
	Перпендикулярне	1
	Довільне	2
УБ-ДО-ОБ	Паралельне	3
	Перпендикулярне	4
	Довільне	5
ДН-ОБ-ОБ	Паралельне	6
	Перпендикулярне	7
	Довільне	8
Нетипова	Комбінація баз	9

Подібним чином у таблицях записуються дані про інші групи характеристик пристосувань. Бази пристосувань можна використовувати не лише для автоматизованого їх пошуку, а й для автономного пошуку при ручному розв'язуванні технологічних задач.

Формування банків даних технологічного призначення - невідкладна задача сучасної технології машинобудування. Банки даних створюють не-

обхідні передумови впровадження автоматизованого проектування, організації автоматизованих робочих місць (АРМ) технолога та конструктора, створення безлюдного виробництва на базі ГВС.

4.3. Групова технологія - основа гнучкого виробництва

Гнучке автоматизоване виробництво характеризується широкою номенклатурою та швидкою змінюваністю об'єктів виробництва. Ефективність функціонування ГАВ в одиничному та серійному виробництві залежить головним чином від стабільності виробничого процесу. Навіть за встановленої спеціалізації, підприємства на випуск продукції одного певного виду регулярність виготовлення деталей не однакова. Багато часу витрачається на переналагоджування при зміні об'єкта виробництва, тому знижуються продуктивність праці й ефективність випуску продукції.

Проте положення суттєво змінюється, коли переходять до випуску груп конструктивно та технологічно подібних деталей різних виробів. Регулярність виготовлення груп деталей підвищується, і за рівнем продуктивності таке виробництво наближається до крупносерійного та масового. Технологія виробництва груп деталей основана на принципах групового виробництва, основні положення якого сформулював у 50-х роках С.П. Митрофанов.

Групове виробництво - це прогресивна в техніко-економічному відношенні форма організації дискретних виробничих процесів, економіко-організаційною основою якої є подетальна (предметна) спеціалізація ділянок і цехів, а технологічною складовою - уніфікована групова форма організації технологічних процесів.

Створені наукові основи технічної підготовки групового виробництва, широко застосовувані верстати з ЧПУ, промислові роботи, автоматичні склади та транспортні пристрої, засоби обчислювальної техніки дають можливість розв'язувати проблеми комплексної автоматизації серійного та навіть одиничного виробництва на основі ГВС.

Структуру групового виробництва [58] показано на рис. 64. При організації групового виробництва виконується така робота [106]: аналіз номенклатури виробів у виробничих умовах підприємства; класифікація та кодування деталей і виробів; групування деталей, укрупнений розрахунок їх трудомісткості, визначення складу виробничих підрозділів, розробка комплексного плану робіт з організації групового виробництва; уніфікація деталей та обробка їх на технологічність; аналіз діючих і розробка групових технологічних процесів;

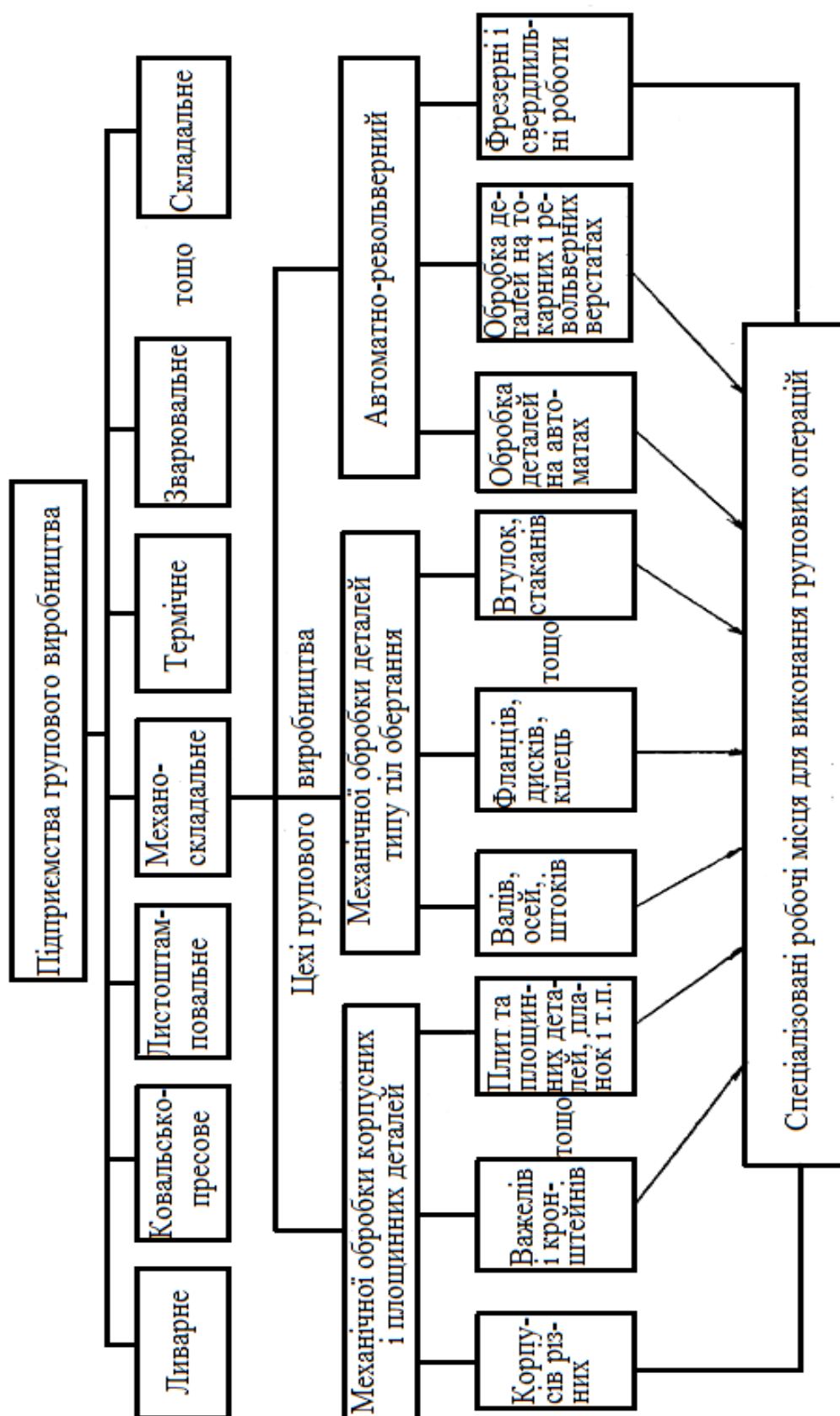


Рис. 64. Структура групового виробництва

вибір і модернізація обладнання; вибір і проектування переналагоджуваних засобів технологічного та групового оснащення; нормування групових технологічних процесів; оперативне планування й управління виробництвом; дослідно - промислова експлуатація та впровадження.

Основа групової технології - формування груп деталей за конструктивно-технологічними, організаційними та іншими ознаками; розробка групових технологічних процесів.

Групою називається сукупність деталей, що характеризується при обробці спільністю обладнання, оснащення, налагодження всього технологічного процесу чи окремих операцій [58]. При створенні групи беруться до уваги габаритні розміри та конструктивні особливості деталей; матеріал, з якого виготовлено деталь; спільність геометричної форми та поверхонь, що підлягають обробці; якісні показники обробки; точність, шорсткість, фізико-механічні властивості поверхні, серійність виробництва, економічність процесу. Деталі групуються різними методами:

- за конструкторсько-технологічною подібністю (вали, шестерні, втулки тощо);
- за елементарними поверхнями, які дають можливість встановити варіанти їх обробки, а з елементарних процесів обробки визначити послідовність технологічного маршруту;
- за переважними видами обробки єдності технологічного оснащення та спільності налагодження верстата;
- за модульним принципом, оснований на створенні модулів поверхні.

Груповий метод припускає використання всіх указаних видів групування, якщо вони доцільні в умовах даного виробництва. У серійному та дрібносерійному виробництві найширше застосовується метод групування за типом обладнання, який застосовується для обробки, єдності технологічного оснащення, спільності настроювання верстата з використанням комплексної деталі.

Під комплексною розуміють реальну чи умовну (штучно створену) деталь, яка вміщує у своїй конструкції всі основні елементи, характерні для деталей даної групи, та є її конструкторсько-технологічним поданням [58]. Під основними елементами розуміють поверхні, що визначають конфігурацію деталі та технологічні задачі, які розв'язуються в процесі її обробки. Основні елементи - головна ознака, за якою можна віднести деталі до того чи іншого класифікаційного виду.

Комплексна деталь вміщує у своїй конструкції всі основні елементи, характерні для деталей даної групи, та є її конструкторсько-технологічним поданням. Це основа при розробці групового процесу та групових

інструментальних налагоджень і оснащень. Технологічний процес, складений на комплексну деталь, має застосовуватися при виготовленні будь-якої іншої деталі групи.

Комплексна деталь конструюється накладанням допоміжних елементів не найбільш характерну деталь групи, вибрану за базову. При цьому створюється геометричний образ комплексної деталі, в яку входять усі геометричні особливості кожної деталі групи. Схему формування, комплексної деталі штучним об'єднанням окремих поверхонь більш простих деталей групи зображено на рис. 65. Цифрами 1-8 позначені елементарні поверхні, з яких складаються деталі групи. У центрі рисунка - комплексна деталь.

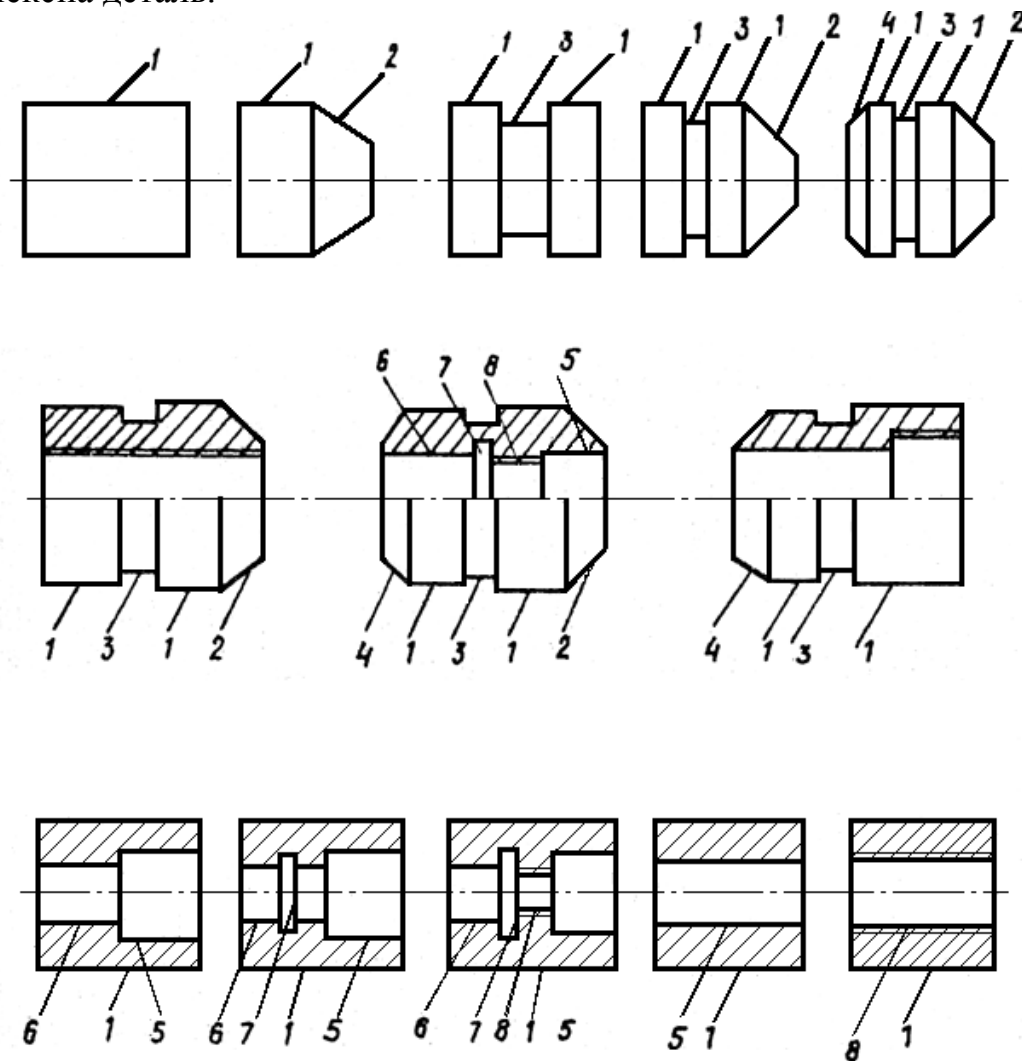


Рис. 65. Схема формування комплексної деталі

Накреслити комплексну деталь можна тільки при порівняно нескладній конфігурації деталей, які складаються в групи. Найчастіше застосовується інший методичний прийом, коли геометричний образ

комплексної деталі не створюється, а визначається набір основних ознак, які дають можливість об'єднати різні деталі в одну класифікаційну групу. Це стосується деталей складної конфігурації, які важко зобразити графічно. Характерні ознаки можуть передбачати такі особливості: загальні технологічні переходи, базуючі поверхні та принципи базування, оброблюваний матеріал, габаритні розміри, застосовуваний інструмент тощо. Чітке визначення комплексу ознак певної групи деталей дає можливість скласти груповий технологічний процес, що забезпечує обробку будь-якої деталі, яка входить до групи.

Класифікація та групування деталей, а також аналіз номенклатури виготовлюваної продукції створюють основу для побудови групових технологічних процесів. Груповим називають технологічний процес, який є сукупністю групових деталеоперацій і забезпечує обробку різних деталей групи за загальним технологічним маршрутом [58]. Розроблюючи групові технологічні процеси, необхідно виходити з наступного: маршрут обробки, який прийнято для деталей групи, має забезпечувати обробку будь-якої деталі згідно з кресленням і технічними вимогами; набори інструмента та технологічного оснащення мають бути придатними для обробки всієї групи деталей; застосовуване обладнання має забезпечувати високопродуктивну обробку при мінімальних затратах на його переналагоджування; вимоги до технологічної документації мають відповідати рівню розвитку системи технологічної підготовки виробництва.

Груповий технологічний процес доцільно подавати у вигляді матриці (табл. 15), де по горизонталі позначаються переходи, а по вертикалі - номери деталей у групі.

Таблица 15

Матриця групового технологічного процесу

Позначення деталі	Номер деталі для переходу							
	1	2	3	4	5	6	7	Σ_j
А	1	0	1	0	1	1	0	4
Б	1	1	0	0	1	1	1	5
В	0	1	1	1	1	0	1	5
Г	0	1	1	0	0	1	1	4
Д	0	1	0	1	1	1	1	5
Е	0	1	1	1	1	0	1	5
Σ_j	2	5	4	3	5	4	5	

Цифра 1 означає наявність певного переходу в технологічному маршруті обробки і-ї деталі, а цифра 0 - його відсутність. Таке подання технологічного процесу зручно також і з точки зору використання обчислювальної техніки. У матриці можна вказати машинний час виконання

кожного переходу. Це дає можливість використовувати її дані для проектування гнучких виробничих систем механообробки. Часові значення переходів дають можливість розрахувати кількість необхідного верстатного обладнання, оцінити завантаження верстатів, планувати оптимальну роботу гнучкої системи в цілому.

Груповий технологічний процес призначений для спільної обробки групи деталей і розроблюється з метою економічно доцільного використання методів і засобів крупносерійного та масового виробництва в умовах одиничного, дрібносерійного та серійного виробництва. Групова технологія проектується в такій послідовності:

1. Відбір деталей, які можуть бути оброблені на однаковому обладнанні при встановленні в однотипних пристосуваннях із застосуванням однакового інструмента.

2. Визначення фактичної трудомісткості обробки відібраних деталей у кількості, що забезпечує повне виконання календарної програми з урахуванням періодичності запуску деталей у виробництво.

3. Визначення остаточного складу групи заготовок виходячи з необхідності завантаження обладнання протягом певного періоду при мінімальних переналагоджуваннях для обробки інших груп заготовок.

4. Створення комплексної деталі, складання послідовності групової операції та схеми групового переналагодження.

5. Проектування та виготовлення групового оснащення.

Груповий технологічний процес складається з групових деталеоперацій, загальних різних деталей групи. Схему побудови групового технологічного процесу, до якого входять загальні деталеоперації, зображено на рис. 66.

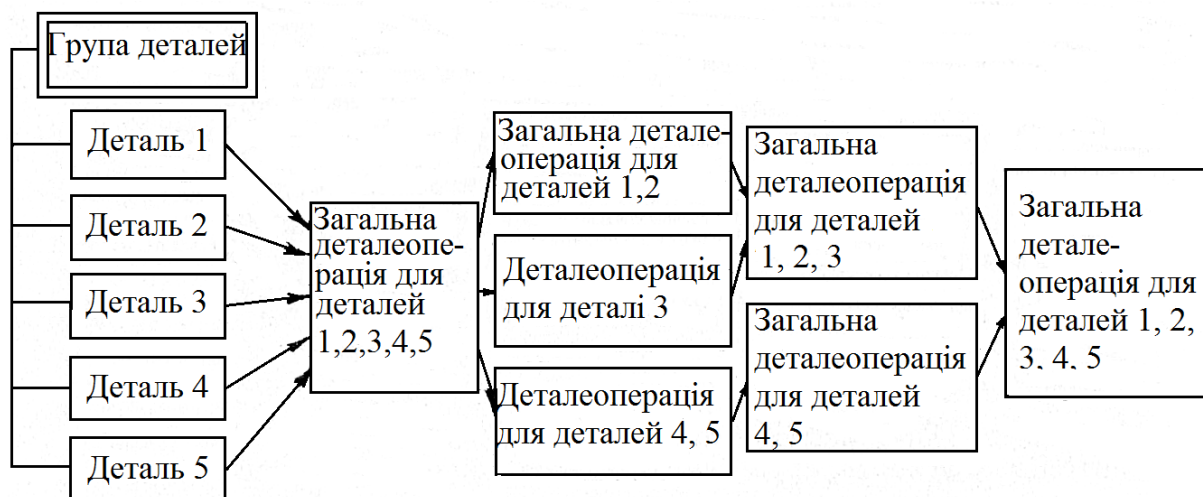


Рис. 66. Схема групового технологічного процесу із загальних деталеоперацій

Групові деталеоперації застосовують для деталей, цикл виготовлення яких обмежується однією операцією (автоматні та револьверні операції, заготовчі процеси, оздоблювальні операції), а також для деталей, які після даної групової операції обробляються за індивідуальними процесами чи входять до нових груп деталей, що формуються для інших операцій.

У вітчизняному машинобудуванні накопичено значний досвід розробки класифікаційних груп деталей, комплексних деталей і групових технологічних процесів. Це значно спрощує роботу з аналізу номенклатури продукції, уніфікації вузлів і деталей у рамках окремого підприємства, галузі чи машинобудівного комплексу в цілому.

Для групового методу виробництва основною є технологічна класифікація на відміну від конструкторської класифікації, більш властива типовим методам обробки. При групуванні деталей у традиційних виробництвах організаційні фактори враховуються тільки в процесі створення ділянок групової обробки. Це пов'язане з тим, що в багато-номенклатурних дрібносерійних виробництвах технологічні умови не завжди дають можливість забезпечити одночасний запуск різних деталей однієї групи.

У гнучкому виробництві можливість організаційно-технологічного групування забезпечується застосуванням верстатів з ЧПК, що не вимагають спеціально проєктованого технологічного оснащення. Крім того, система управління ГВС дає можливість виконувати групування оперативно з урахуванням поточного стану та забезпеченості портфеля замовлень, а також вимог, що виникають, і обмежень виробничого характеру. При такому підході організаційно-технологічне групування дає можливість виконувати як довгострокове (протягом місяця чи кварталу), так і короткочасне (протягом однієї зміни) оперативно-виробниче планування роботи ГВС [106].

При використанні верстатів з ЧПК та багатоцільових концентрацій технологічних можливостей сприяє суттєвому спрощенню технологічних маршрутів, тому маршрутна уніфікація при розробці технології та мінімізації маршрутних простоїв при оперативному плануванні в ГВС не така важлива, як в традиційних виробництвах.

Технологічні САПР дають можливість групувати подібні деталі не тільки за окремою машиною, в якій за розробленими технологічними процесами для деталей, що належать різним машинам. Звичайно в ГВС мається стандартний комплект уніфікованого технологічного оснащення, а більшість існуючих САПР будують управляючі програми з уніфікованих технологічних циклів, призначених для обробки певних елементів форми.

У виробничих умовах особливо важливо короткочасне групування деталей, мета якого - облік конкретних виробничих умов, що склалися в

ГВС на початку зміни. Ситуація може змінюватись у зв'язку з виключенням або додаванням деяких замовлень, необхідністю виправити брак, змінити порядок комплектів деталей і вузлів на складання, станом і завантаженістю обладнання, забезпеченістю заготовками, наявністю технологічного оснащення та ріжучого інструмента.

При формуванні груп бажано не змінювати базуюче оснащення та ріжучий інструмент. Проте ця вимога доцільна тільки на етапі технологічної підготовки виробництва.

Задача групування деталей за застосовуваним інструментом складається з розбиття заданої множини однорідних операцій на мінімальне число груп так, щоб усі операції однієї групи виконувались у рамках одного інструментального налагодження. Перед групуванням послідовні однорідні операції за однією деталлю об'єднуються в одну операцію, що використовує комплект інструмента. При короткочасному плануванні роботи ГВС послідовні операції для однієї деталі розглядаються індивідуально. Де забезпечує їх виконання на одному верстаті в рамках однієї групи, але не обов'язково підряд. Для деяких деталей операції об'єднати неможливо через розміщення в одній позиції різного інструмента. У таких випадках для них складають одну чи кілька перших сумісних операцій, а при складанні розкладу ці деталі під'єднують в кінець групи.

Використовування алгоритмів групування деталей за застосовуваним інструментом спрощується внаслідок технологічної специфіки операцій, оскільки деякі інструменти, наприклад різці, використовуються набагато частіше при обробці різних деталей, ніж інші, наприклад розвертим, мітчики тощо. Так, на ділянці АСВ-21 виробництва Сасовського верстатобудівного об'єднання загальна номенклатура інструмента складає 53 найменування, але тільки 13 найменувань використовуються частіше ніж для 13% управляючих програм, і тільки сім - частіше ніж для 10% управляючих програм.

В умовах групового виробництва технологічне обладнання має бути достатньо мобільним, тобто здатним перебудовуватись у порівняно невеликих межах для обробки однотипних деталей, що належать групі. Верстати з ЧПК, характерна особливість яких - переналагоджуваність, значною мірою доповнює можливості групового методу. Інтеграція верстатів з ЧПК з методичними прийомами групового виробництва - надійна основа автоматизації дрібносерійного виробництва з урахуванням таких позитивних характеристик:

- скорочення часу переналагодження за рахунок швидкої зміни управляючих програм і переходу від повного переналагодження до простого підналагодження верстатів при використанні групової технології

(зміна режимів різання, заміна інструмента тощо);

- скорочення машинного часу за рахунок оптимізації не верстатах з ЧПК та застосування більш досконалих методів виготовлення при груповій технології;

- скорочення допоміжного часу за рахунок концентрації обробки на верстатах з ЧПК та підвищення рівня оснащеності процесу обробки;

- зниження затрат на проектування управляючих програм завдяки використанню ЕОМ і на проектування технології за рахунок використання групових документів із наступним їх коректуванням для конкретних деталей.

Один із недоліків верстатів з ЧПК, що використовуються в груповому виробництві, - їх універсальність, а отже, й висока вартість.

Для групового виробництва доцільно мати програмно-кероване обладнання, спеціалізоване для обробки групи деталей, а не розраховане на широку номенклатуру. У цьому зв'язку викликає інтерес агрегатно - модульний принцип побудови обладнання, що відбиває специфіку групового виробництва. Агрегаткування верстатів з ЧПК може пов'язуватись із вимогами формування груп деталей, склад яких змінюється через змінюваність виробництва.

При створенні ділянок групової обробки із верстатів з ЧПК для обробки заданої номенклатури деталей важливо з комплектувати оптимальний за вартістю парк верстатів. У цьому криються значні резерви зниження собівартості та підвищення фондівіддачі придбаного обладнання.

В умовах групової технології значно спрощується технологічна документація для верстатів з ЧПК, оскільки проектування, наприклад, управляючих програм зводиться до коректування групової програми.

Ефективність підвищується також організацією ділянок верстатів з ЧПК, що управляються груповими методами. Застосування ЕОМ для безпосереднього управління групою верстатів відкрило нові функціональні можливості для техніки числового програмного управління верстатами. Багато функцій, які раніше виконувались за допомогою електронного обладнання автономних систем ЧПК верстатами, стало можливим виконувати за допомогою ЕОМ.

Системи групового управління верстатами принципово здатні для управління як позиційними, так і контурними верстатами. У цих системах використані можливості ЕОМ в організації адаптивного управління верстатами без замикання зворотного зв'язку сервопривода через ЕОМ. Сигналами, за якими ЕОМ може судити про стан оброблюваної системи, можуть бути, наприклад, сигнали про завантаження проводів верстата, температури окремих його вузлів, змінення крутного моменту на шпинделі

тощо. Адаптивне управління дає можливість реалізувати роботу верстата на режимах максимальної продуктивності та значно спростити процес підготовки управляючих програм, оскільки відпадає необхідність точно обчислювати режими обробки, що забезпечують найбільшу продуктивність верстата, в деяких видів робіт - необхідність розраховувати ділянки траєкторії проміжних проходів інструмента для знімання припуску, а також швидкостей руху інструмента на ділянках підходу до заготовки та відходу від неї. Основне призначення будь-якої системи групового управління верстатами від ЕОМ - одночасне та незалежне виготовлення на кожному верстаті різних деталей згідно з технічною документацією.

Проектування оптимального технологічного процесу в мінливих умовах гнучкого виробництва - складає задачу. Це зумовлено багатоваріантністю технології обробки різних деталей, що входять до групи. Проте в теорії групового виробництва викладені деякі рекомендації, що дають можливість оптимізувати процес вибору правильного технологічного рішення.

Роботи з уніфікації, стандартизації, групування та типізації продукції, технологічних прийомів, правил, довідок сприяють вдосконаленню технологічної підготовки виробництва. Аналізуються вироби, технологічні процеси, методи обробки, технологічне оснащення, правила прийняття рішень тощо.

На основі аналізу технологічних процесів систематизуються дані та розробляються уніфіковані групові процеси. За ступенем обробки деталізації вони можуть порівнюватись із технологічними процесами масового виробництва, які відрізняються найбільшою продуктивністю та найменшою собівартістю. Оптимальне рішення - запозичення (витікає з масового виробництва) та наближення до нього з урахуванням обмежень групового методу обробки. Це наближення тим більше, чим успішніше знайдено умови групування виробів, які забезпечують укрупнення партій до тієї міри, що вигідно застосовувати коштовні обладнання та оснащення. Якщо за модель застосовувати технологічні процеси масового виробництва, то можна знайти прийоми та способи обробки, які дають можливість наблизити групове виробництво до масового.

При оптимізації групової технології необхідно враховувати можливості та специфіку реального виробництва. На першому етапі змінення технологічних рішень необхідно привести у відповідність з конструктивними параметрами на основі передових технологічних процесів, що використовуються на підприємстві, тобто створити типові для даного підприємства технологічні процеси. Затрати на створення таких процесів невеликі, оскільки передбачається уніфікувати широко застосовувані

технологічні рішення.

Другий етап оптимізації складається з переходу на більш високий рівень автоматизації на основі перспективних типових технологічних процесів, які розробляються з використанням досвіду масового виробництва та включає найбільш прогресивні рішення. Ефективність застосування перспективної технології визначається оптимальністю групування виробів, яка забезпечує найбільш високе завантаження високопродуктивного обладнання при виготовленні малих партій деталей.

При створенні найбільш раціонального групового технологічного процесу необхідно враховувати питання технічного й організаційного характеру, які визначають порядок виробничих зв'язків, обсяги паралельних робіт у різних підрозділах підприємства, можливість спеціалізації цехів або окремих ділянок, у тому числі і гнучких виробничих систем. Застосовуючи нескладні процедури уніфікації, стандартизації, групування та типізації, особливо з використанням ЕОМ, можна створити оптимальні технологічні процеси групового виробництва, які не поступаються за продуктивністю масовому виробництву.

Підготовка підприємства для впровадження гнучких виробничих систем на основі групової технології вимагає конкретних заходів змінення її організаційної структури. До них належать збирання та аналіз даних про виготовлювану продукцію, попереднє визначення складу та спеціалізації виробничих ділянок; розробка групових маршрутних технологічних процесів і розрахунок необхідної кількості обладнання, вибір об'єктів автоматизації та створення технічного завдання (ТЗ) і техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) на створення ділянок групового виробництва чи гнучких комплексів.

Підготовка підприємства до впровадження групового виробництва поділяється на кілька етапів.

На першому етапі аналізується склад вироблюваної продукції, розробляється перспективна номенклатура виробів, розраховується детальна річна програма, аналізується заготовче виробництво, визначаються номенклатура деталей за видами виробництва, їх класифікація за конструктивно-технологічними ознаками.

На другому етапі продукція групується за конструктивно-технологічними ознаками, для того щоб попередньо визначити склад і спеціалізацію цехів основного виробництва. Мета групування деталей, що піддаються механічній обробці у межах усієї номенклатури деталей, що випускаються, - формування загальної організаційно-технологічної структури підприємства в умовах багатноменклатурного дрібносерійного виробництва. Проте при цьому не заперечується створення предметно-замкнених виробництв з випуску типової продукції протягом тривалого періоду.

На цьому етапі роботи завершуються розподілом номенклатури деталей і складальних одиниць за цехами основного виробництва.

На третьому етапі визначаються склад і спеціалізація виробничих ділянок у кожному цеху основного виробництва. При цьому превалює по-детально - групова форма спеціалізації ділянок.

Четвертий етап починається обробкою деталей, закріплених за ділянкою, на технологічність виходячи з умов їх сумісної обробки. Підвищення технологічності полягає в уніфікації конструктивних елементів деталей і їх параметрів, які найсильніше впливають на технологічний процес і засоби його оснащення. Необхідно виявити характерні особливості обробки деталей групи, з формувати комплексну деталь або деталь представник, на яку потім розробити груповий технологічний процес.

На основі даних про режим різання та за технічним нормуванням трудомісткості виробництва розраховують кількість і завантаження технологічного обладнання. При необхідності дозавантажують обладнання, вводячи міжділянкові кооперативні зв'язки, кількість яких має бути мінімальною.

На п'ятому етапі визначають раціональну структуру виробничих ділянок групуванням деталей за спільністю технологічних процесів та операцій, а також можливість і доцільність створення групових поточних ліній, потім подетально - замкнених мікроділянок і спеціалізованих робочих місць.

На шостому етапі уточнюється групування деталей з урахуванням даних, отриманих у результаті формування виробничих ділянок. Етап остаточного компонування та спеціалізації цехів завершується розрахунком витрати основних і допоміжних матеріалів, заготовок і напівфабрикатів, внутрішньоцехового вантажообігу, витрати енергії, визначенням складу допоміжних цехів, служб, а також техніко-економічним обґрунтуванням нової організаційно-технологічної структури виробничої системи.

Об'єкт для створення підрозділів групового виробництва, у тому числі й ГВС, вибирається з урахуванням таких факторів:

- подібності деталей за геометричною формою, конструктивними елементами, габаритними розмірами, матеріалом (за оброблюваністю та стружкоутворенням), точністю та якістю обробки;
- однорідності технологічних процесів та операцій за маршрутом, застосовуваним технологічним обладнанням (за максимальним обмеженням його типу), технологічними і вимірними базами;
- однорідності деталей за планово-економічними характеристиками, у тому числі й трудомісткості, серійності, календарно-плановими нормативами.

Якщо встановлено доцільність повної чи часткової реорганізації виробничої системи, то розроблюються плани її реалізації та виконується останній підготовчий етап - розробка ТЗ на проектування підрозділів групового виробництва чи гнучких виробничих комплексів.

Основний напрям удосконалення системи технологічної підготовки виробництва - впорядкування виробничої бази на основі групових методів обробки й автоматизації проектування технології. Важливого значення набуває інтеграція системи автоматизації проектування технології в загальній структурі ГАВ. Наведемо особливості технологічної підготовки виробництв в умовах ГАВ:

- поглиблена деталізація технологічних процесів робочих ходів і прийомів, викликана застосуванням вільно програмованого обладнання;
- комплексна автоматизація основних допоміжних операцій, оптимізація технології з метою підвищення продуктивності та якості обробки.

Очевидно, що в умовах ГАВ актуальні створення та впровадження АС ТПВ. Рівень автоматизації ТПВ має досягти 100%. Цю задачу можна виконати, підвищуючи ступінь адаптації АС ТПВ до різних об'єктів проектування та рівень автоматизації самих процесів проектування.

Основна ланка АС ТПВ - САПР технологічних процесів, в основу якої покладено принципи уніфікації групових технологічних маршрутів, групових технологічних операцій, типових технологічних команд. Система має оптимально визначити склад, зміст і послідовність виконання операцій і переходів, призначити базуюче пристосування та ріжучий інструмент, розрахувати режими різання та норми часу. Вивідна інформація САПР ТП - маршрутні й операційні карти контролю правильності прийнятих технологічних рішень, відомості оснащення для інструментального забезпечення технологічних процесів, карти налагодження окремих модулів ГВС.

Найважливіша задача АС ТПВ - взаємозв'язок між САПР ТП і системою автоматизації управляючих програм для верстатів з ЧПУ, що входять до складу ГВС. Стикування САПР ТП і САП має, з одного боку, виключити ручні роботи з підготовки управляючих програм, а з іншого - підвищити їх якість на основі використання відпрацьованих типових рішень.

4.4. Уніфікація і групування технологічних об'єктів і рішень

Основні завдання уніфікації об'єктів і технологічних рішень багатоміністерного виробництва - підвищити рівень організації, загальну культуру виробництва, продуктивність праці, ліквідувати проти-

річчя між автоматизацією, і серійністю продукції, що випускається. Результати уніфікації: стандартні та уніфіковані конструкції виробів, блоків виробів деталей, поверхонь деталей, заготовок; вимоги до якості поверхонь; склад матеріалів, що рекомендуються, методи формотворення, обладнання тощо; уніфіковані - маршрутні та операційні ТВ, плани обробки окремих поверхонь і їх комплексів, уніфіковані переходи; правила обробки виробів на технологічність і адресація до уніфікованих рішень.

Уніфікація включає в себе конструкторську і технологічну складові.

Конструкторська уніфікація спрямована на скорочення невиправданого розмаїття конструкцій, їх складових частин і параметрів за умови збереження необхідного їх розмаїття.

Технологічна уніфікація є продовженням конструкторської і здійснюється на основі і концентрації виготовлення технологічно однорідних об'єктів виробництва в спеціалізованих підрозділах виробничої системи. Результати технологічної і конструкторської уніфікації широко використовуються при створенні САПР конструкції деталі і САПР ТП, які входять до складу інтегрованих АСТПВ ГАВ.

Конструкторська уніфікація передбачає такі процеси [58, 106]:

- створення універсальних конструкцій на базі передового досвіду розробки певного типу систем та їх стандартизація;
- створення універсальних блоків, з яких агрегуються конструкції виробів з різними технічними характеристиками;
- уніфікація і стандартизація деталей, комплексів поверхонь деталей; поверхонь деталей.

Уніфікація деталей виконується в такій послідовності: уніфікуються основна форма деталі, деталі з усіма елементами форми, з розмірами і якісними параметрами.

Проведена й закріплена в ЄСКД уніфікація основних деталей машинобудівного виробництва полегшує процес створення гнучкої технології багатомоделного виробництва.

Уніфікація комплексів поверхонь дає можливість зорганізувати бібліотеку складових частин деталей, з яких можна формувати основні форми деталі при конструюванні та бібліотеку комплексів додаткових поверхонь, що використовуються для сполучення основних форм. Уніфікація комплексів поверхонь є основою для уніфікації операційних ТП, схем обробки комплексу поверхонь, фрагментів планів обробки, суміщень при обробці комплексу поверхонь допоміжного, ріжучого і матеріального інструмента. Приклади комплексів поверхонь зображено на рис. 67. В основу уніфікації комплексів поверхонь іноді покладено функціональне призначення. Так, у [15] рекомендується описувати будь-яку деталь сукупністю так званих модулів поверхонь, що вибирається з обмеженої

номенклатури таких модулів. Під модулем розуміють сукупність поверхонь для виконання певної службової функції деталі. Залежно від службового призначення всі поверхні деталей поділяють на виконавчі та зв'язуючі.

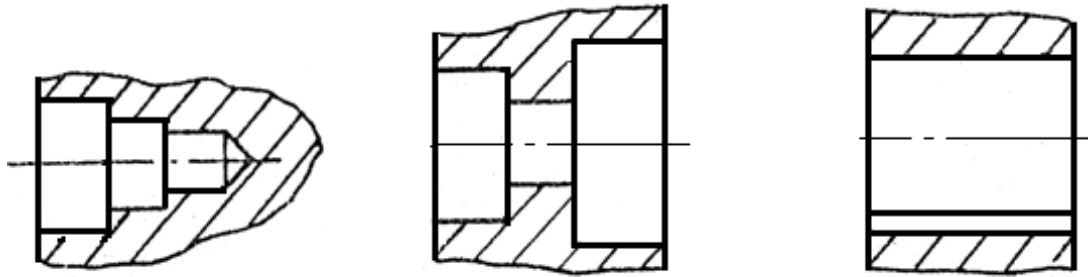


Рис. 67. Приклади комплексів поверхонь

Виконавчі поверхні поділяють на базуючі та робочі. Такий розподіл дає можливість зформувати модулі поверхонь трьох класів: базуючі (МПБ), робочі (МНР) і зв'язуючі (МПЗ) (рис. 68). У кожному класі модулі групуються за конструктивними ознаками, що враховують характер положення і геометрію поверхонь. Із запропонованого 21 модуля поверхонь можна скласти практично будь-яку деталь, що проектується, тим самим значно скоротивши терміни технологічної підготовки виробництва.

Кожний модуль поверхні залежно від вимог до якості можна одержати в результаті реалізації технологічного процесу його обробки, який виконується на спеціальному верстатному обладнанні, призначеному для обробки не окремих поверхонь, а їх сполучення.

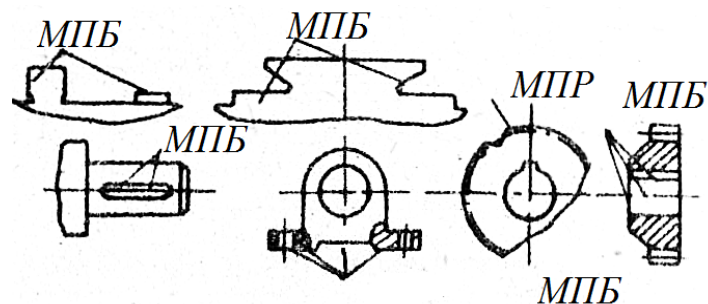


Рис. 68. Схеми модулів поверхонь

Сполучення технології, побудованої на модульній основі, агрегатно-модульного програмування обладнання, машинних методів проектування виробів і технологічних процесів особливо перспективне при створенні ГАВ у дрібносерійному та одиничному виробництві.

Уніфікація поверхонь деталей полягає в їх типізації й уніфікації застосовуваних розмірів і їх полів допусків. Поверхні (елементи) загального застосування систематизуються на першому етапі перш за все на

основі їх класифікації за формою. Приклад класифікації канавок зображено на рис. 69. Форму конструктивних елементів деталей (КЕД)

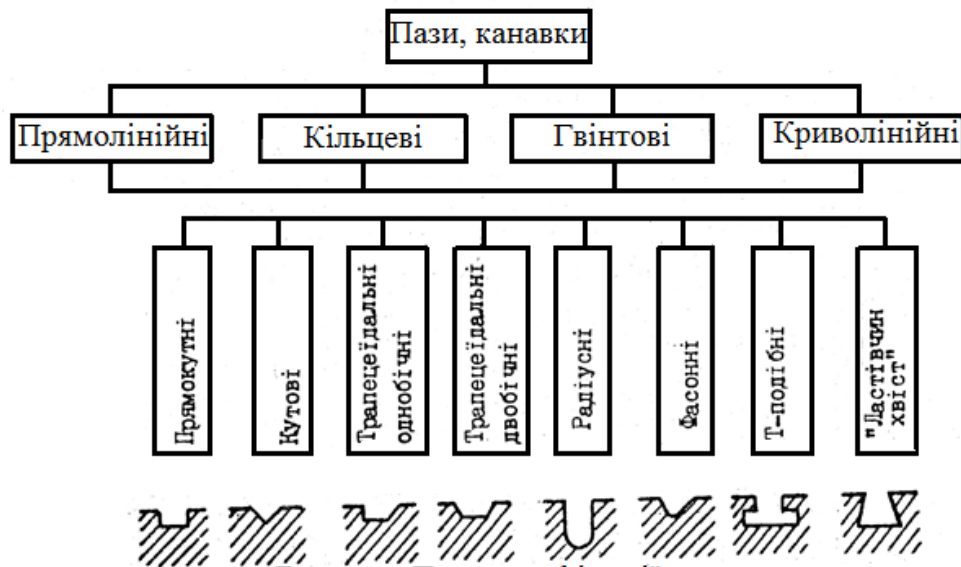


Рис. 69 . До класифікації канавок

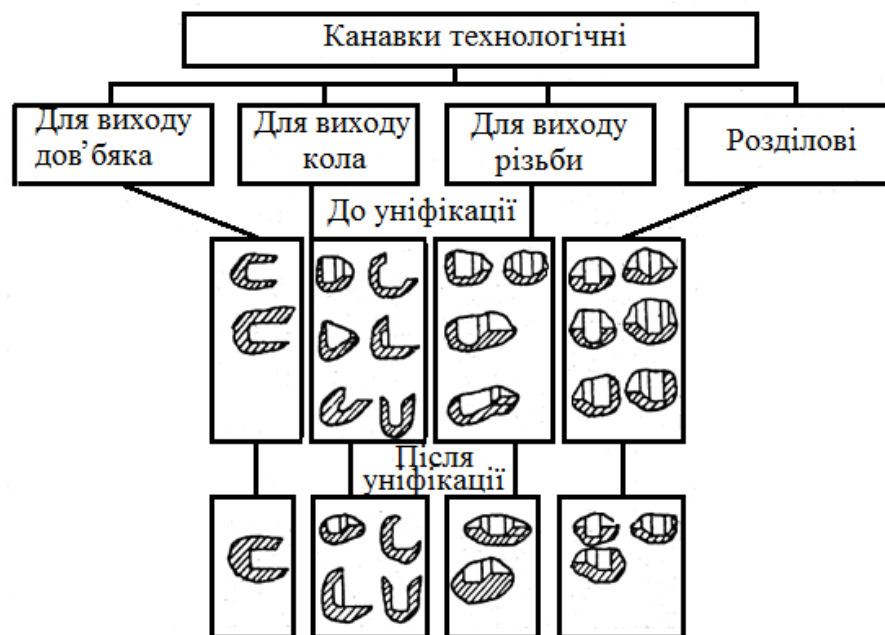


Рис. 70. До уніфікації технологічних канавок

уніфікують за функціональним призначенням. Приклад уніфікації форми технологічних канавок зображено на рис. 70 [106]. На наступному етапі уніфікації підлягають розміри та якісні характеристики КЕД. Уніфікація на цьому рівні полягає в аналізі застосовуваності кожного розміру однотипних елементів, їх якісних характеристик та об'єднання близьких за значенням або скороченням рідко застосовуваних. За результатами уніфікації форми, розмірів та якісних характеристик розроблюються

стандарти на КЕД, в яких встановлюються деякі розміри елемента з урахуванням розмірів, перспективних до застосування.

Конструкції деталей уніфікуються і стандартизуються у взаємозв'язку з технологією їх. обробки, ріжучого і матеріального інструмента.

Технологічна уніфікація - це уніфікація робочих і допоміжних ходів, схем обробки, типових поверхонь і комплексів поверхонь, переходів, операцій і маршрутів обробки деталей.

Стандартизацією технології передбачається визначення фіксованого складу і послідовності технологічних переходів при обробці елементарної поверхні, ріжучого і матеріального інструмента, що застосовується при цьому. Стандартна технологія розроблюється на базі найбільш раціональних і перспективних методів обробки, видів технологічного оснащення, інструмента для розробки таблиць відповідності, які використовуються при розробці стандартів (табл. 16).

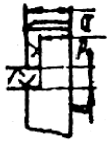
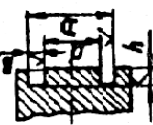
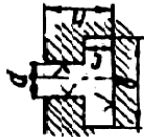
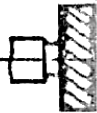
Розподіл стандартних технологічних процесів на окремі елементи (ходи) дає можливість уніфікувати управляючі програми (УП) верстатів з ЧПК. В основу уніфікації УП покладено класифікацію рухів ріжучого інструмента при обробці поверхонь заготовки. Розрізняють робочі та допоміжні ходи. Робочий хід - це рух інструмента відносно заготовки, що виконується на подачах, які визначаються процесом виготовлення деталей. Розрізняють врізання інструмента, його вихід і хід за зміною форми заготовки. Допоміжний хід виконується на підвищених швидкостях і не пов'язаний з обробкою, врізанням і виходом інструмента. У результаті уніфікації робочих ходів отримують бібліотеку типових схем рухів, що виконуються інструментом відносно заготовки. Потім уніфікують елементи УП для обробки типових поверхонь, комплексів поверхонь і деталей.

Уніфікація переходів дає можливість зменшити кількість способів обробки елементарних поверхонь, номенклатуру інструмента, що застосовується, витрати на технологічну підготовку виробництва. Для цього складають таблиці відповідності між поверхнею, елементарним планом обробки (ЕПО) і інструментом, що застосовується. Такі таблиці використовують при складанні САПР ТП.

Уніфікація операцій і маршрутів обробки ґрунтується на групуванні деталей. Для групи деталей розробляється декілька альтернативних маршрутів із типових операцій, які забезпечують максимальну уніфікацію схем базування, обладнання та пристосувань, що вживаються, методів обробки; мінімізацію витрат на обслуговування обладнання і технологічну підготовку виробництва. Уніфікація операцій дає можливість зменшити кількість налагоджувань обладнання, а уніфікація маршрутів - кількість організаційних структур ГВС.

Таблиця 16

Таблиця відповідності для обробки стандартної технології

Елемент, його ескіз	Стандарт	Схема обробки	Ріжучий інструмент	Стандарт	Мірний інструмент	Стандарт
Канавка кільцева зовнішня прямокутна 	СТП...	Точити канавку шириною b на глибину $(D-d)/2$ = ... м/хв = ... об./хв = ... мм/хв	Різець канавковий №... 	СТП...	Шаблон на профіль канавки 	Немає /розробити стандарт на шаблон/
Канавка кільцева торцева прямокутна 	СТП...	Точити канавку на торці шириною b на глибину h = ... м/хв = ... об./хв = ... мм/хв	Різець канавковий №... 	СТП...		Немає /розробити/
Паз верстатний T -подібний 	СТП...	1. Фрезерувати паз шириною d і діаметром d на глибину h за n проходів = ... м/хв = ... об./хв = ... мм/об. 2. Фрезерувати T -подібний паз на глибину h = ... м/хв = ... об./хв = ... мм/об.	Фреза дискова для обробки пазів №...  Фреза для обробки верстатних T -подібних пазів 	СТП...	Калібр пазовий Калібр пазовий T -подібний №...	СТП...

Ефективність робіт з уніфікації технологічних об'єктів і рішень значно підвищується, якщо використовувати обчислювальну техніку і створювати банки даних технологічного призначення, що входять До АСТПВ.

Важливий етап технологічної підготовки гнучкого виробництва - групування даних: складання груп деталей і деталеоперацій, побудова групових технологічних маршрутів, операційних типових технологічних процесів. При групуванні деталей необхідно перш за все визначити набір ознак групування у вигляді класифікаційного ряду, в якому ознаки Розташовані за рівнем значущості. Серед запропонованих ознак ієрархію для невеликої їх кількості (табл. 17), таких як матеріал, маса, геометрична форма, габаритні розміри, точність, якість обробки поверхні, серійність.

Таблиця 17

Набір ознак для групування деталей при механічній обробці на
різному обладнанні

Ознака	Наявність ознаки для верстата					
	токар- ного	револь- верно- го	токар- ного	револь- верно- го	сверд- лиль- ного	агрегат- ного
Геометрична форма деталі	+	+	+	+	+	+
Габаритні розміри	+	+	+	+	+	+
Точність розмірів та якість поверхні	+	+	+	+	+	+
Матеріал заготовки	+	+	+	+	+	+
Серійність	+	+	+	+	+	+
Вид вихідної заготовки	+	+	+			+
Діаметри отворів	+	+	+		+	
Форма отворів					+	
Розташування отворів					+	
Число канавок зовнішніх, внутрішніх	+	+	+			
Наявність канавок на торці	+	+	+			
Наявність різьби зовнішньої, внутрішньої	+	+	+		+	
Крок різьби	+	+	+		+	
Наявність сферичних, конічних поверхонь зовнішніх, внутрішніх	+	+		+	+	+
Жорсткість деталей	+	+	+			

Найбільш поширені три методики групування деталей [106]: з побу-

довою класифікаційних рядів або перетворенням n - мірного простору на одномірний; без виявлення підмножин з найвищою щільністю розташування деталей у n -мірному просторі; з встановленням підмножин з найвищою вільністю.

За першою методикою деталі групують переважно вручну. Допускається використовувати ІПСТЗ. Для групування необхідно побудувати класифікаційні ряди, до мають такі властивості: 1) де i деталі з однаковим кодом k однакові або мають високу подібність; 2) три деталі, в яких коди дорівнюють відповідно k_1 , k_2 , k_3 ; якщо $k_1 > k_2$, а $k_2 > k_3$ то перша деталь більш подібна до другої, ніж до третьої; 3) дві деталі мають коди, що відрізняються значенням молодшої ознаки; в ряду вони стоять недалеко одна від однієї. Складність розподілу деталей на групи полягає в тому, що важко побудувати класифікаційні ряди ознак за суворою ієрархією, тому таку методику важко реалізувати в автоматичному режимі. Для автоматичного режиму за такою методикою треба переглядати майже всі деталі ряду і перевіряти на можливість включення до групи наступних деталей, навіть якщо потрапила деталь, яка до цієї групи не належить.

Друга методика групування ефективно реалізується лише за допомогою ЕОМ деталі розглядаються в n - мірному просторі і близькі деталі компонуються звичайно в групу швидше, ніж деталі, які знаходяться в цьому ознаковому просторі на більшій відстані. Ознаки групування зберігаються в базі даних, а запит на групування формується ІПС. Методику реалізовано за системою „Группроєкт” [58], структурну схему якої зображено на рис. 71.

У системі виділено чотири взаємопов’язаних блоки:

- ІПС і база даних конструкторсько-технологічних відомостей про деталі; підсистема АСУП „Склад виробу”, яка формує дані про деталі, що належать до програми випуску виробів;
- база даних „Поопераційні трудові нормативи”, що зберігає інформацію про технологічні операції, на яких обробляються деталі;
- комплекс програм формування й обробки масиву інформації про деталі, що підлягають групуванню (масив створюється щоразу, коли змінюється програма).

Деталі групуються за запитом технолога. При цьому визначається сумарна трудомісткість виготовлення деталей. Основний недолік методики - ступінь подібності деталей, що відбираються у групу, - визначається суб’єктивно, тобто залежить від кваліфікації технолога.

Згідно з третьою методикою в n - мірному просторі попередньо виділяються підмножини деталей з високою щільністю. Залежно від їх складу автоматично чи в режимі діалогу остаточно формуються групи деталей за заданими критеріями: мінімізація загального часу обробки всіх

деталей, сумарного простоювання обладнання в заданий період часу а також часу обробки деталей на обладнанні; максимізація продуктивності обладнання, його завантаження тощо. Залежно від конкретної виробничої ситуації формується конкретна ієрархія критеріїв, що підвищує гнучкість системи групування. При групуванні деталей крім безпосереднього групування виникають додаткові задачі: визначення складу ознак, у просторі яких виконується групування; формування критеріїв і побудова дерева цілей; підвищення адаптивних властивостей системи групування.

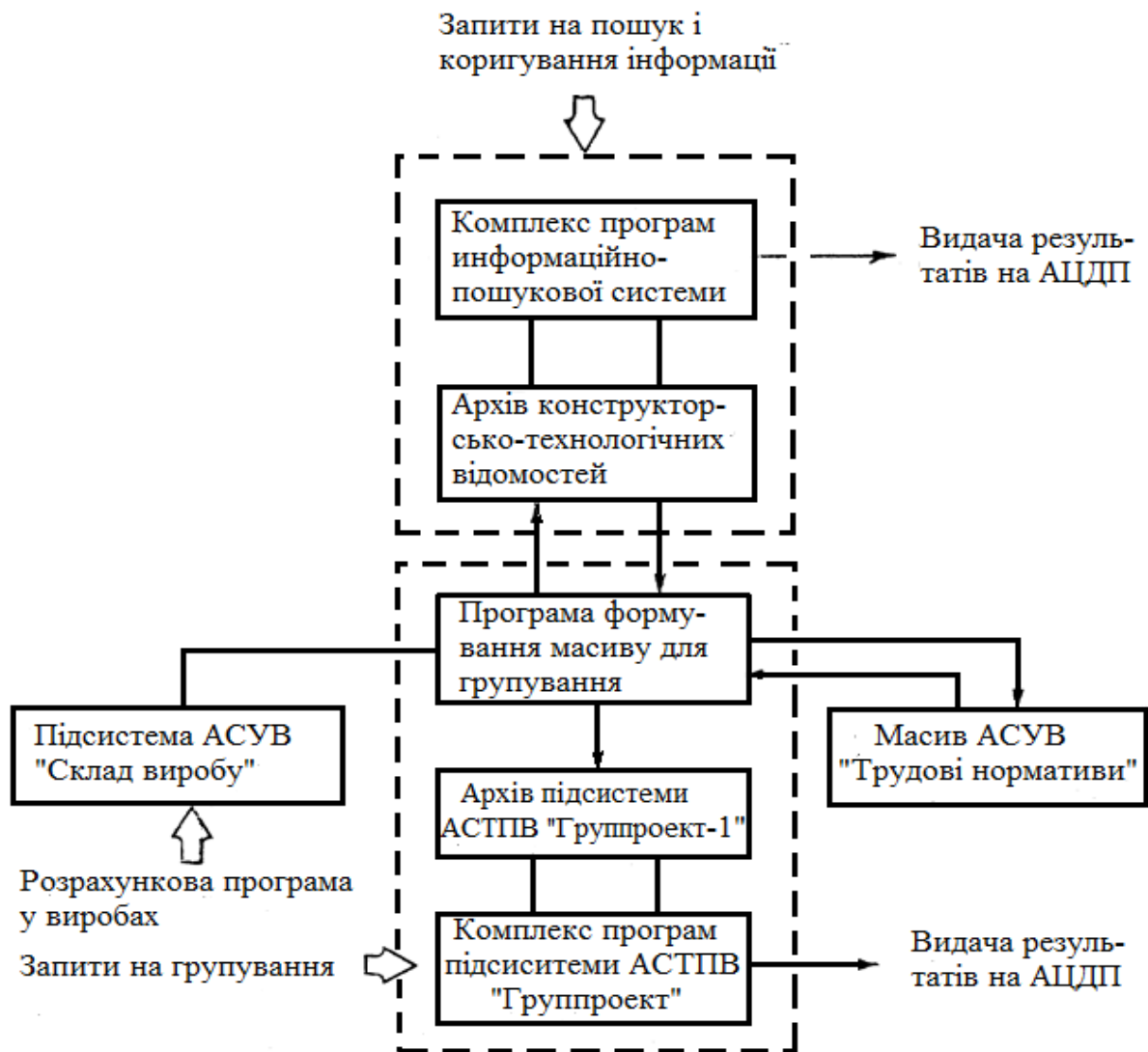


Рис. 71. Структурна схема системи групування деталей „Группроект”

Третя методика частково реалізується в системі „Група” [106], схему якої показано на рис. 72. Система має два рівні: перший (ПО) складається з підсистем групування; другий (ПН) - із підсистем визначення ознакового простору і формування критеріїв і дерева цілей. Підсистема формування

описів групи належить до системи автоматизованого проектування програмних систем (САПР ПС).

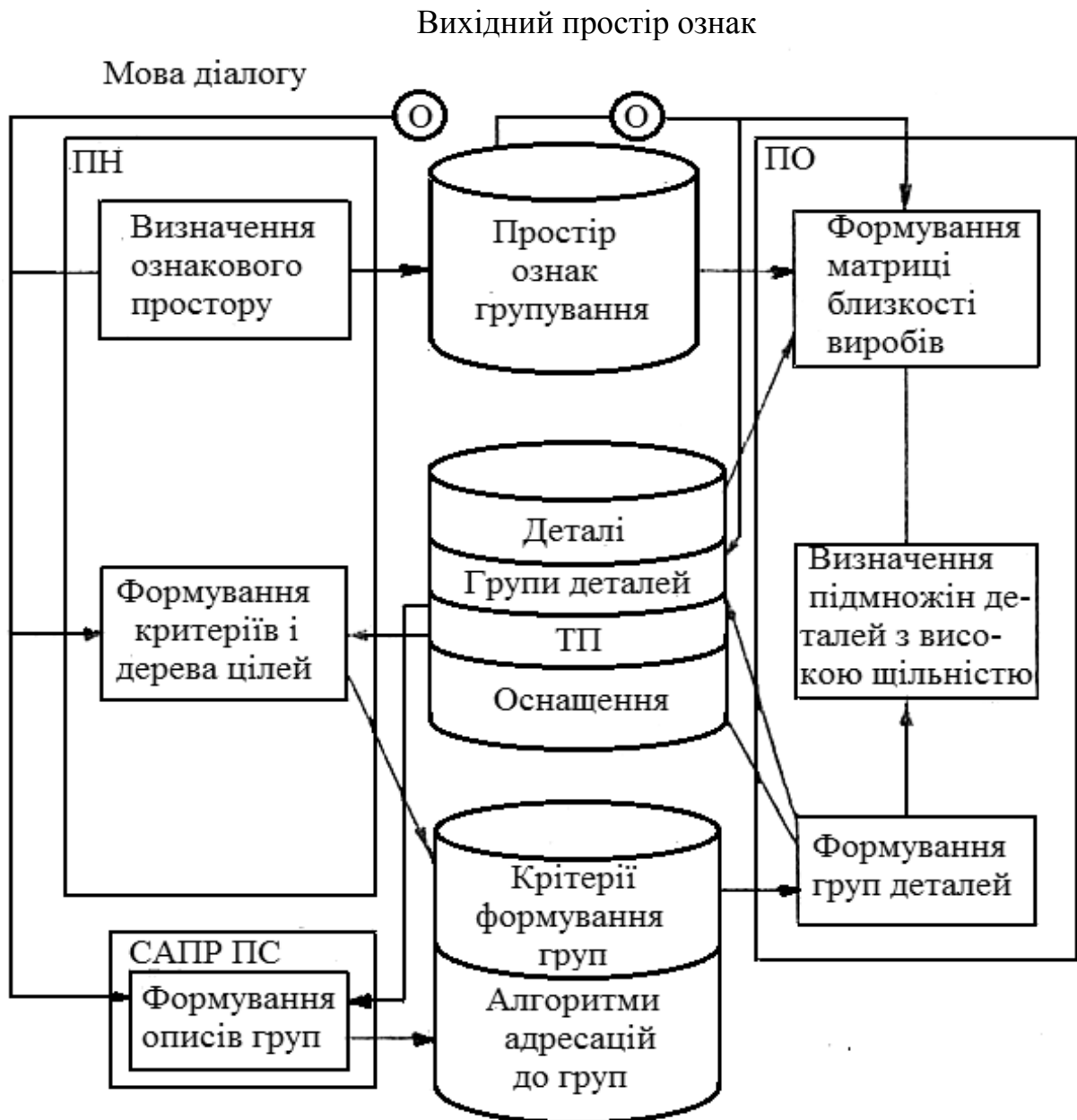


Рис. 72. Структурна схема системи „Група”

Перед початком роботи системі „Група” технолог заводить до бази даних кілька груп, які він сформував вручну, визначення оптимального ознакового простору зводиться до відшукування такої системи ознак, в якій відстані між заданими групами деталей були б максимальними. Для цього використовуються методи теорії розпізнавання образів і метод групового обліку аргументів.

Деталі можна поділити на групи за інформацією про технологічні процеси. Операційне групування виконується для заготівельних, транспортних, завантажувальних і механообробних операцій. При цьому формується інформаційна модель, яка містить оброблювані поверхні деталі, що виконуються від однієї технологічної бази при одному русі деталі та знаходяться з одного боку деталі. Ці поверхні утворюють комплекс, упорядкований так, що поверхня, яка використовується як технологічна база, стоїть завжди раніше поверхні, дія якої вона є базою. Так, при створенні інформаційної моделі ставиться за мету (не прямо) технологія обробки деталі.

При маршрутному групуванні автоматично формується інформаційна модель з номерів операційних груп для кожної з деталей, що належать до одних і тих самих операційних груп.

При групуванні деталей у традиційних виробництвах організаційні фактори враховуються лише в процесі створення ділянок групової обробки. Це пов'язане з тим, що в багатоменклатурних дрібносерійних виробництвах технологічні умови не завжди дають можливість забезпечити одночасний запуск різних деталей однієї групи. У гнучкому виробництві організаційно-технологічне групування забезпечується застосуванням верстатів із ЧПУ, які не потребують спеціально проектованого технологічного оснащення. Крім того, система управління ГВС дає можливість виконувати групування оперативно з урахуванням поточного стану і забезпеченості портфеля замовлень, а також потреб і обмежень виробничого характеру, що виникають. При такому підході організаційно-технологічне групування дає можливість виконувати оперативно-виробниче планування роботи ГВС як довготерміново (протягом місяця чи кварталу), так і короткотерміново (протягом однієї зміни).

У виробничих умовах особливо важливе короткотермінове групування деталей, мета якого - облік конкретних виробничих умов, що склалися в ГВС на початку зміни.

Умови роботи в ГВС можуть змінюватись при виключенні чи додаванні деяких замовлень, необхідності виправляти брак, змінювати порядок подачі комплектів деталей і вузлів на складання, зміні стану і завантаженості обладнання, забезпеченості заготовками, технологічним оснащенням і ріжучим інструментом.

При формуванні груп доцільно не змінювати базуюче оснащення і ріжучий інструмент. Проте ця вимога справедлива лише на попередніх стадіях групування (на етапі технологічної підготовки виробництва). Наприклад, для токарних верстатів після розділення масиву деталей за методом кріплення (в патроні, в центрах) і групами зміщуваності стружки групувати деталі необхідно в першу чергу за інструментом, що вико-

ристовується. При збіганні видів інструмента скорочується час на пробну обробку першої деталі, який складає більшу частину підготовчо-заключного часу.

Задача групування деталей за інструментом, що використовується, - розбиття заданої множини однорідних операцій на мінімальне число груп так, щоб усі операції однієї групи виконувалися в рамках одного інструментального налагоджування. Перед групуванням послідовні однорідні операції за однією деталлю об'єднуються в одну операцію, що використовує сукупний комплект інструмента. При короткотерміновому плануванні роботи ГВС послідовні операції для однієї деталі знову розглядаються окремо. Це забезпечує їх виконання на одному верстаті в рамках однієї групи, але не обов'язково підряд. Для деяких деталей об'єднувати операції неможливо через нестачу позицій в інструментальному магазині верстата або через розміщення в одній позиції різного інструмента. В таких випадках для них залишають одну чи кілька перших сумісних операцій, а при складанні розкладу ці деталі приєднують до кінця групи.

Використання алгоритмів групування деталей за інструментом, що використовується, спрощується внаслідок технологічної специфіки операцій, оскільки деякі види інструмента, наприклад різці, використовуються значно частіше при обробці різних деталей, ніж інші, наприклад розвертки, мітчики тощо. Так, на ділянці АСВ-21 виробництва Сасівського верстатобудівного об'єднання загальна номенклатура інструмента для токарних: верстатів складає 53 найменування, але лише 13 з них використовуються частіше ніж для 4% і сім - частіше ніж для 10% УП.

4.5. Оцінка технологічності об'єктів гнучкого виробництва

У гнучкому виробництві, організованому за принципами групової технології, особливого значення набуває обробка деталей на технологічність. При цьому розглядаються вимоги технологічності не окремої деталі, а цілої групи. Особливе значення мають такі характеристики: вимоги до розмірів і допусків на обробку, спільність розмірних ланцюгів, вибір баз, матеріал заготовок, метод отримання заготовок, зручність обробки з одного встановлення.

Конструкція і технологія виготовлення деталі, вузла чи виробу технологічна, якщо відповідає всім експлуатаційним вимогам і для її виготовлення витрачається мінімальна кількість суспільно-корисної праці [18]. В умовах гнучкого виробництва, де конструкція виробу і технологія його виготовлення проектується в рамках автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва (АС ТПВ), технологічність конструкції виробів впливає на вихідні параметри ГВС (гнучкість, про-

дуктивність, надійність, якість обробки). Приклади технологічних і нетехнологічних конструкцій деталей показані на рис. 73.

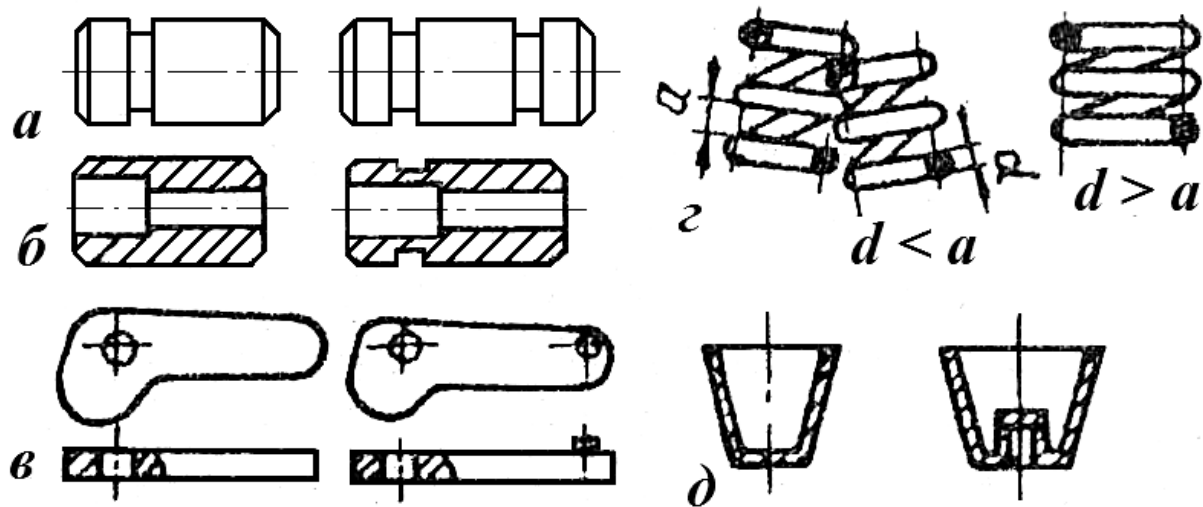


Рис. 73. Схеми нетехнологічних (а-в) та технологічних (г-д) конструкцій деталей

При відпрацюванні деталей на технологічність до них ставляться такі вимоги:

- симетричні конструкції деталей, але з деякими несиметричними елементами (виступами, проточками, буртинками, отворами та ін.) мають бути приведені до повної симетрії введенням аналогічних конструктивних елементів (рис. 73, а);

- асиметричні деталі повинні мати різко виражену асиметричність, причому більша перевага надається асиметрії за наружним контуром, ніж за внутрішнім (рис. 73, б);

- при внутрішній асиметричності і необхідності орієнтувати деталі за внутрішнім контуром на їх наружній поверхні має бути відмітний елемент, розташований у відповідності з внутрішнім контуром (рис. 73, в);

- для зручності орієнтування деталей складної конфігурації на їх поверхню вводяться додаткові конструктивні елементи, що не потребуються при роботі (рис. 73, в);

- для запобігання зчеплювання деталей типу спіральних пружин при автоматизації процесу їх транспортування і орієнтації вводять показані на рис. 73, г конструктивні зміни;

- розміри пазів, заглиблень, отворів великого діаметра та інших елементів конструкції деталей мають бути такими, щоб запобігти можливості западання однієї деталі в іншу (рис. 73, д);

- для складальних автоматів нетехнологічними є деталі з плоского тонкого листа; вироби мають забезпечити складання з одного боку;

- вимоги до технологічності конструкції визначають введення елементів, що забезпечують задану точність відносно розташування складових частин виробу при складанні (напрямні фаски, забірні конуси тощо), а також фіксують і компенсують елементи.

Для підвищення технологічності деталей і виробів необхідно враховувати таке: конструкція деталі та інструмент, що застосовується для неї, мають сприяти скороченню обсягу механічної обробки, зменшенню кількості інструмента, необхідного для обробки групи деталей. Для цього доцільно віддавати перевагу централізованому постачанню ГВС інструментом, оптимізувати кількість інструмента, в інструментальних магазинах застосовувати переважно інструмент простої форми; конструкція деталей, що входять до групи для обробки в ГВС, має передбачати ідентичність базування та забезпечувати обробку деталей без перестановлень на супутники різної форми чи з мінімальною кількістю перестановлень: слід намагатися обмежити ряд розмірів і посадок; введення класних розмірів має суворо обґрунтовуватися, а їх кількість має бути мінімальною; необхідно підвищувати ступінь уніфікації, нормалізації та стандартизації форм і розмірів деталей.

При використанні верстатів з ЧПК традиційні поняття про технологічність дещо змінюються [19]. Так, виготовлення валу зі змінним кроком гвинтової поверхні, що нарізається на універсальних токарно-гвинторізних верстатах, нетехнологічне. Ті самі операції на верстатах з ЧПК і гнучких модулях виконувати неважко і деталь переходить до розряду технологічних. Оскільки технологія обробки складних поверхонь на „оброблювальних центрах” спрощена, то складність геометричних форм поверхонь деталей не впливає негативно на оцінку технологічності.

Можна сформулювати деякі основні вимоги до технологічності деталей, що обробляються на програмно-керованому обладнанні, вмонтованому в ГВС [92].

Так при конструюванні деталей типу тіл обертання необхідно намагатись:

- об'єднати декілька простих елементів в одну складну форму;
- наближати форму заготовки до остаточної форми деталі;
- уніфікувати виточки під ущільнення;
- застосовувати канавки спеціальної форми для виходу шліфувального круга;
- розташовувати однотипні канавки з одного боку деталі;
- узгоджувати розміри торцевих поверхонь деталей з номенклатурою центрувальних пристроїв;
- зменшувати довжини елементів, виступаючих на поверхні деталі.

При конструюванні корпусних і плоских деталей, що потребують

фрезерної обробки, необхідно:

- домагатися уніфікації ресурсів поєднання елементів деталі;
- вибору співвідношення радіусів взаємно перпендикулярних поверхонь, що стискаються (цей вибір забезпечує найбільшу торцеву поверхню інструмента);
- застосування симетричних конструкцій деталі.

Обробка деталей на ГВМ характеризується багатоінструментальністю і централізацією операцій. Це зумовлює підвищені вимоги до базування деталі і стану базової поверхні. При цьому конструкція деталі має забезпечувати вільний доступ кінцевого інструмента до поверхонь, що обробляються, при її незмінному встановленні, високу точність при консольній обробці, оскільки борштанги не можна використовувати через незручності їх зберігання в інструментальному магазині.

При розробці креслень деталей, призначених для виготовлення в ГВС, необхідно виконувати деякі специфічні вимоги [19, 92]: розміри деталей задаються у прямокутній системі координат, яка прив'язується до координат верстата; базові поверхні деталей, особливо установчі, мають суміщуватися з координатними площинами; кріпильні отвори, розташовані на тій чи іншій відстані від центра основного отвору і задані центральним кутом дуги між їх осями і діаметром, задаються координатами осей кожного отвору; розміри окремих поверхонь, груп отворів або елементів деталі можна ув'язувати з початком координат і задавати в місцевій системі координат.

Якісна оцінка технологічності конструкції утруднює процес автоматизації обробки конструкції на технологічність. Кількісну оцінку технологічності найчастіше виконують за трудомісткістю і собівартістю виготовлення виробів, а іноді за їх матеріаломісткістю. За трудомісткістю технологічність оцінюють так:

$$T_{б.н} = T_a K_{скл} K_{тр}$$

де $T_{б.н}$ - базовий показник за трудомісткістю; T_a , - трудомісткість виготовлення виробу-аналога; $K_{скл}$ - коефіцієнт складності виробу, що проектується; $K_{тр}$ - коефіцієнт зниження трудомісткості.

Аналогічно розраховується технологічність за собівартістю. Коефіцієнт складності має перевищувати одиницю. Його визначають як відношення значень технічних параметрів виробу, що проектується, і виробу-аналога. Базові показники розраховують за абсолютним і відносним значеннями та за масою, питомою матеріаломісткістю, трудомісткістю, питомою трудомісткістю виготовлення виробу, технологічною собівартіс-

тю і питомою технологічною собівартістю. При визначенні базових показників виникають значні труднощі, оскільки складно порівнювати трудомісткість нової і базової конструкцій через відміни умов їх виготовлення. Тому базові показники зручно порівнювати з еталоном, що являє собою ідеальну конструкцію виробу, складальної одиниці, деталі. Показник технологічності еталону і трудомісткість його виготовлення приймаються за одиницю. Проте складно зберігати еталони для різноманітних типів деталей, які постійно вдосконалюються в конструктивному виконанні. Питання кількісної оцінки технологічності конструкції перебувають у стадії розробки і потребують глибокої методологічної проробки і подальшого вдосконалення.

Процедуру оцінки виробів на технологічність важко автоматизувати, оскільки немає чітких критеріїв технологічності конструкції. В сучасних ІПСТП автоматизовано лише два процеси обробки виробів на технологічність: запозичення деталей та оцінка технологічності конструкції [106].

До пакету прикладних програм системи оцінки технологічності конструкції (рис. 74) належать бази даних, СУБД, система кодування, загальне та спеціальне програмне забезпечення. Вхідним документом є розширена конструкторсько-технологічна специфікація, яку заповнюють конструктор і технолог. На основі описаних даних розв'язуються задачі автоматизації технологічної класифікації і управління технологічністю конструкції виробу. При цьому виконуються такі операції: встановлення номенклатури окремих показників технологічності; встановлення масових коефіцієнтів окремих показників; вибір методу визначення комплексного показника технологічності (вибір формули); розрахунок досягнутих показників технологічності; встановлення базових показників технологічності; розробка структурної схеми управління технологічністю.

Перші дві задачі розв'язуються методом експертних оцінок. Комплексний показник технологічності

$$k = \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i$$

де k_i - окремий показник технологічності; α_i - масовий коефіцієнт i -го окремого показника.

Обробка групи деталей на технологічність має стати складовою частиною технологічної підготовки виробництва для впровадження ГВС. Досвід показує, що підвищенням технологічності виробів за рахунок усіх можливих засобів можна знизити трудомісткість виготовлення машин на 20-30%.

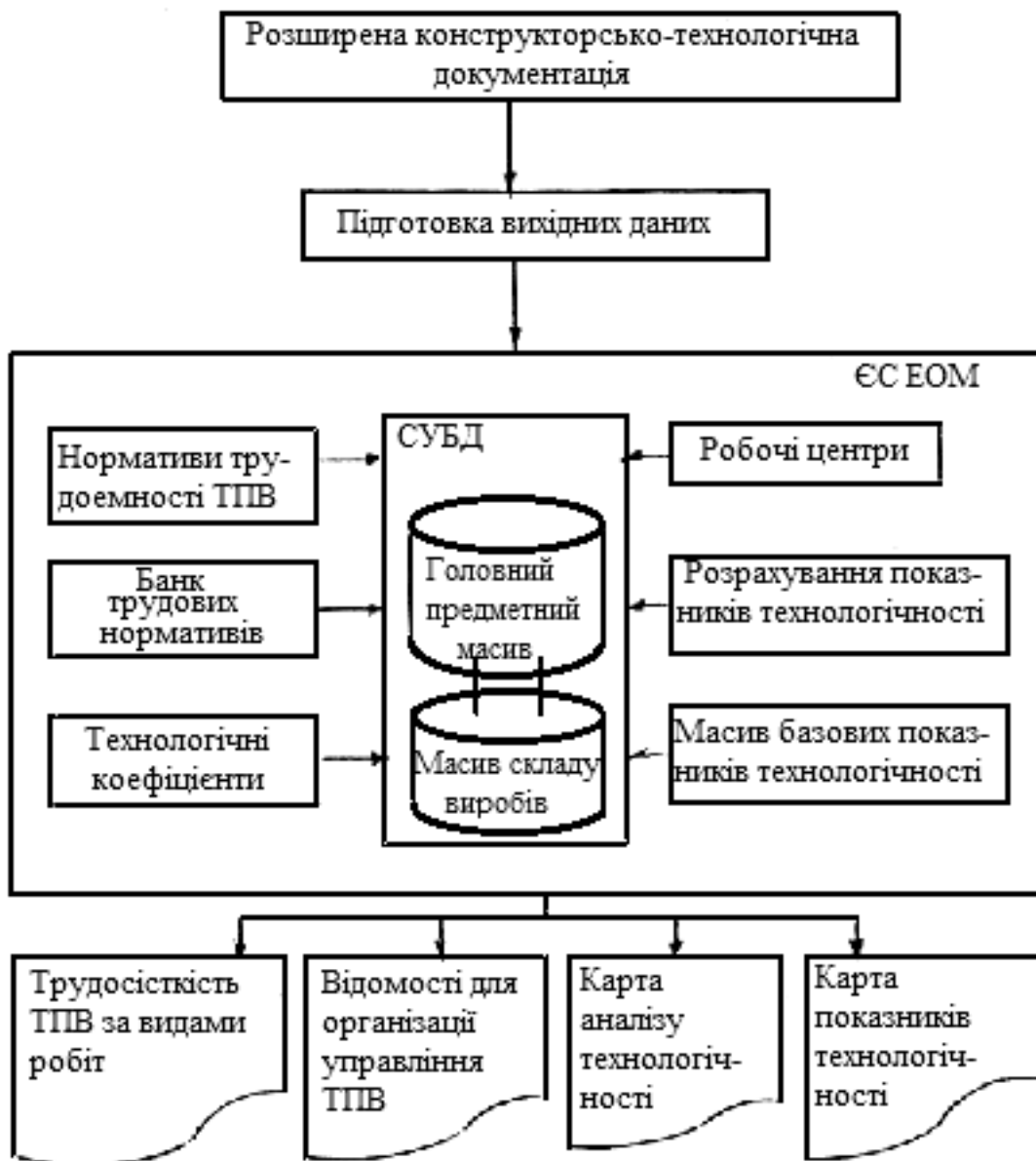


Рис. 74. Схема автоматизованої оцінки технологічності конструкції

4.6. Гнучка технологія заготівельного виробництва

Найбільш ефективні ГВС, що працюють з дотриманням принципу завершеності і вміщують комплекс підсистем; вхідного контролю, підготовки вихідного матеріалу, заготівельної й остаточної обробки, складання і рахування з відповідними транспортними та інформаційними підсистемами, що знаходяться у взаємозв'язку; з автоматизованим конструюванням, проектуванням технологічних процесів, організаційно-економічним управлінням виробництвом, оперативно-диспетчерським

управлінням, управлінням технологічними процесами та обладнанням, діагностуванням і коригуванням стану.

В умовах ГАВ важливе значення має раціональна побудова заготівельного виробництва, що відповідає вимогам гнучкості. Відомо, що близько 75% собівартості багатьох виробів машинобудування складає вартість матеріалу. Проте на багатьох підприємствах майже 25% матеріалу, що вживається, перетворюється на відходи. Заготівельні секції ГВС мають бути пов'язані з секціями механообробки і складання та забезпечувати отримання заготовок у будь-якій кількості, у будь-який час за вимогами остаточної обробки і складання.

Основна перешкода при створенні ГВС заготівельного виробництва - недостатній випуск ковальсько-пресового, ливарного та зварювального обладнання з ЧПК, особливо для формотворення заготовок у гарячому стані. В промисловості підготовлено базу для:

- створення гнучкого заготівельного виробництва;
- розробляння моделей технологічних машин з ЧПК і промислових роботів;
- розвитку методології і технічних засобів систем автоматизованого проектування;
- освоєння групових і типових методів при проектуванні технологічних процесів.

Подальший розвиток цього напрямку пов'язаний з випуском програмно-керуючого обладнання і робото-технічних заходів, здатних працювати в умовах гарячих ливарних, ковальсько-штампувальних та термічних цехів.

Технологічні процеси одержання заготовок методами об'ємних кування і гарячого штампування мають специфічні особливості [14]:

- нестабільність фізико-механічних і геометричних характеристик заготовок, що виготовляються;
- непостійність кінематичних, силових та енергетичних параметрів ковальсько-штампувальних машин;
- високі температури формотворення, що потребують теплового захисту машин, механізмів і приладів;
- підвищені швидкості деформування матеріалів, обумовлені вузьким температурним інтервалом і багатоперехідним процесом формоутворення;
- низька надійність ковальсько-пресового обладнання і технологічного оснащення до нього.

Обладнання, що застосовується в ГВС заготівельного виробництва, повинне мати певну гнучкість, тобто здатність виконувати різні процеси обробки тиском при оперативному переналагоджуванні. Основні характеристики ковальсько-пресового обладнання, які відбивають здатність

обладнання до переналагоджуваний, тобто його технологічну гнучкість, наведені у табл. 18.

Таблиця 18

Основні характеристики ковальсько-пресового обладнання					
Критерій	Характеристика для типу				
	ГВП	КП	ГП	М	ШМ
Процеси					
1.1. Кування	+	-	-	+	-
1.2. Відкрите штампування	/+/-	+	+	+	-
1.3. Закрите штампування	-	-	+	-	+
1.4. Видавлювання	+	-	+	-	-
1.5. Точне штампування	-	-			+
1.6. Ізотермічне штампування	+	-	-	-	-
Гнучкість обладнання					
2.1. Конструктивна	+	-	+	+	-
2.2. Технологічна	+	-	+	+	/+/-
Діапазон технологічних зусиль P_T , МН					
3.1. $P_T \leq 5$	+	-	+	-	-
3.2. $5 < P_T \leq 100$	+	+	+	+	+
3.3. $100 \leq P_T$	+	-	+	+	-
Енергія деформування T , МДж					
4.1. $T \leq 0,01$	+	+	+	-	-
4.2. $0,01 < T \leq 100$	+	+	+	+	+
4.3. $100 < T$	-	-	+	-	+
Можливість підсумовування енергії	-	-	+	+	/+/-
Діапазон швидкості інструмента $V/ V $					
6.1. $V/ V \leq 10^{-2}$	+	-	-	-	-
6.2. $10^{-2} < V/ V \leq 10^{-1}$	+	+	+	-	-
6.3. $10^{-1} < V/ V \leq 10^0$	-	-	+	-	-
6.4. $10^0 < V/ V \leq 10^1$	-	-	-	+	+
6.5. $10^1 < V/ V $	-	-	-	-	+
Максимальна частота циклів n , І/хв					
7.1. $n < I$	+	-	-	-	-
7.2. $I < n \leq 10$	+	-	-	-	-
7.3. $10 < n \leq 60$	-	+	+	-	-
7.4. $60 < n \leq 100$	-	/+/-	-	+	-
7.5. $100 < n$	-	-	-	-	+

Примітка. Умовні позначення; ГП – гідравлічні преси; КП - кривошипні преси; ГВП - гвинтові преси; М - молоти; ШМ - швидкісні молоти.

Велику гнучкість мають гідравлічні та гвинтові преси, молоти і швидкісні молоти, які використовуються у дрібносерійному та серійному виробництві. Кривошипні та гарячештампувальні преси, горизонтально-кувальні машини - найменш гнучкі і використовуються переважно у великосерійному і масовому виробництві.

Для дрібносерійного виробництва раціональні способи одержання об'ємних заготовок куванням за допомогою простих, універсальних та вирізних бойків на гідравлічних пресах і молотах. Мілкі поковки масою до 20 кг доцільно кувати на пневматичних молотах.

Для крупних поковок перспективними є процеси формотворення комбінованими взаємодіями, наприклад штампуванням з крученням. Ці методи мають велику технологічну гнучкість і можуть широко застосовуватись для одержання осесиметричних об'ємних заготовок. Методи одержання заготовок із порошкових матеріалів мають необхідну гнучкість і дають можливість знизити обсяг механічної обробки. Проте ці методи в ГВС впроваджуються повільно, через те що немає відповідного формоутворюючого обладнання з ЧПК.

Поряд із модернізацією типового ковальсько-пресового обладнання за допомогою систем ЧПК, промислових роботів і мікропроцесорів необхідно розробити формоутворюючі машини, спеціально призначені для роботи в ГВС, що мають широку конструктивну і технологічну гнучкість, мають змогу комбінованого впливу на матеріал, що обробляється, а також пов'язують методи кування і об'ємного штампування, лиття і штампування, штампування і зварювання і т.ін.

Заготівельне виробництво ГВС має відповідати таким вимогам: бути пристосованим для обробки невеликих партій заготовок з частим замінюванням; забезпечувати швидке переналагодження на випуск заготовок іншого виду; мати змогу впроваджувати комбіновані технології виробництва заготовок; забезпечувати високу точність заготовок для зменшення обсягу механічної обробки; мати високий ступінь автоматизації і низький рівень застосування ручної праці. ГВС заготівельного виробництва будується на принципах групової технології, використання групового переналагоджувального технологічного оснащення і обладнання з ЧПК.

Принципи гнучкої технології найбільш виражені в холодноштампувальному виробництві [24]. Гнучке заготівельне виробництво організується застосуванням автоматизованих штампувальних комплексів, змінних штампів; автоматизації проектування технологічних процесів, технологічного оснащення; управляючих програм для штампувальних комплексів, а також для оперативного комплектування груп деталей.

Як приклад розглянемо ГВС, що застосовуються в заготівельному виробництві при виготовленні деталей з листових матеріалів і при

об'ємному штампуванні деталей з прутка. До ГВС холодного листового штампування (рис. 75) [24] належать механічні преси 1 моделей КД2І22Е; КД2І24Е; КД2І26; промислові роботи 2 моделей МП-9С та Р5-202СМ; транспортний рухливий робот 3 моделі МП-16Т, що рухається по трасі 4; завантажувальний 5 і розвантажувальний 6 пристрої; міжопераційний орієнтуєчий пристрій 7; приймально-передавальний пристрій 8; роботизований складський комплекс 9 моделі РСК-250; управляюча обчислювальна машина 10 моделі СМ 1420; автоматизоване робоче місце (АРМ 02-01) 11 конструктора; АРМ 02-01 технолога 12; мікроЕОМ 13 типу „Електроніка 60 01”, що обслуговує обладнання; мікроЕОМ 14 того ж типу, що обслуговує транспорт; така ж мікроЕОМ 15, призначена для обслуговування складу.

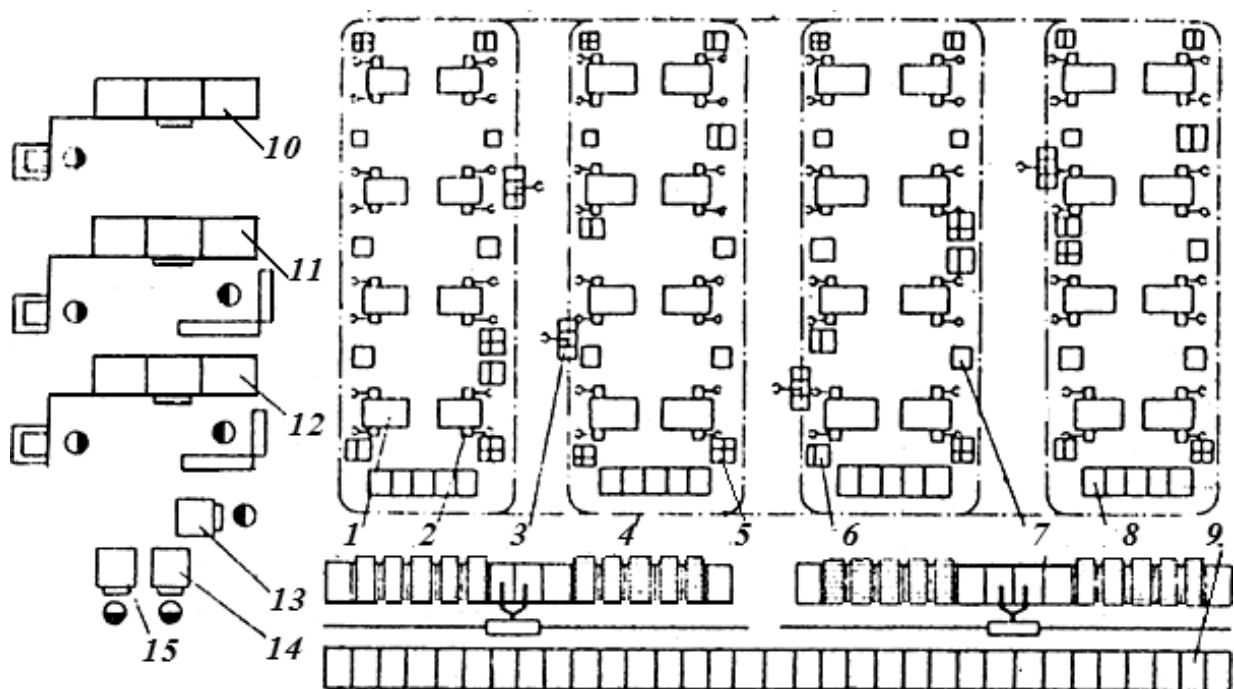


Рис. 75. Схема ГВС холодного листового штампування

Структурно-компоновочна схема вибрана паралельно-кільцевою з комбінованим компонуванням РТК і складається з чотирьох ділянок, які обслуговуються одним транспортним ПР. До початку роботи згідно зі змінно-добовим завданням робот-штабелер РСК-250 встановлює касети із заготовками на приймально-передавальні позиції буферних накопичувачів, а також порожні касети на блок чи тару під відходи виробництва. Через певну кількість циклів касету на завантажувальному пристрої звільняють від заготовок, а на розвантажувальному одночасно порожня касета заповнюється деталями, а тара - відходами штампування. Після

завершення вироблення надходить сигнал про відсутність заготовки в касеті і вона замінюється новою, заповненою заготовками. Транспортний ПР за заданою адресою рухається за одним і тим самим маршрутом траси, що дає можливість звести до мінімуму транспортні переміщення, спрощує програмування і дає змогу робити паралельно переналагодження чи ремонт РТК, що входить у ділянку.

Гнучка автоматична лінія для об'ємного штампування деталей на основі безвідходної технології показана на рис. 76.

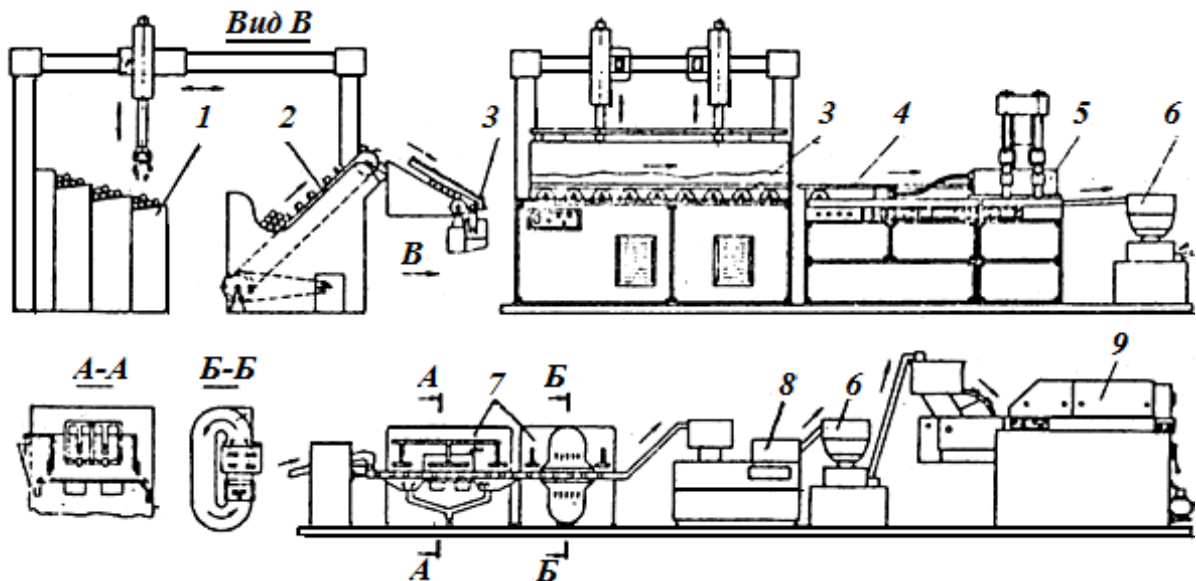


Рис. 76. ГАВ об'ємного штампування заготовок

Заготовки виконуються з прутка 4 довжиною 6 м і максимальним діаметром 32 мм. Прутки розміщуються на полицях стелажного складу 1 добовим обсягом 1,5...2,0 т. Підвісний маніпулятор подає прутки до накопичувача 2 елеваторного типу, з якого прутки 4 поштучно видаються роликним конвейєром 3 до агрегату 5 точного різання. Після різання дозовані за масою заготовки потрапляють до бункера-накопичувача 6, звідки штуками подаються до миюче-сушильного агрегату 7, а потім - в пристрій 8 для нанесення жирового шару і далі - до прес-автомата 9, який видає готові деталі до тари. Продуктивність лінії на годину залежно від конструкції деталі складає 3600...7200 шт.

У ливарному виробництві гнучка автоматизація ще тільки починається. Для прискорення завдань автоматизації ливарного виробництва необхідно створити автоматичні машини різноманітного технологічного призначення з урахуванням вимог гнучкості виробництва. ГВС у ливарних цехах будуть створюватися на основі розробки нових технологій, оскільки традиційні операції ливарного виробництва (приготування сумішей,

формування, встановлення стержнів, ущільнення сумішей, складання форм, переміщення готових форм і подавання порожніх опок, заливання форм, вибивання відливків) автоматизуються надто повільно, а іноді необхідне автоматичне обладнання нових поколінь (інтелектуальні роботи, ливарні машини, що програмуються, та ін.). Наприклад, підвищився інтерес до методу лиття за газифікованими пінополістироловими випалювальними моделями, що дають можливість ліквідувати застосування стержнів, замінити багатокомпонентні формувальні суміші кварцовим піском, підвищити вихід придатного лиття та точність відливків. При цьому процес легко піддається роботизації, що в сполученні з мікропроцесорною технікою дає можливість створити гнучке виробництво виливків [16]. Прогрес у галузі гнучкої автоматизації ливарного виробництва може бути досягнутий в результаті пошуку нових рішень і можливого відмовлення від ливарних процесів, що важко піддаються гнучкій автоматизації, заміною відливків, наприклад зварювальними конструкціями із профільного прокату чи штампуванням рідкого металу.

4.7. Проектування технологічних процесів в умовах ГАВ

В умовах гнучкого автоматизованого виробництва змінюються поняття і сутність технологічного процесу. Враховуючи неперервність і поточність ГАВ, до складу технологічного процесу входять транспортні, складські, маркірувальні, контрольні операції, операції прибирання відходів, плановому обслуговуванню робочих позицій, в також операції, що управляють всім виробничим комплексом: ГВМ, ГАЛ, ГВС, ГАВ. Допоміжні і управляючі операції, не змінюючи розмірів, форми і властивостей виробів, що обробляється, необхідні для обробки, контролю і складання виробу. Тому технологічний процес (ТП), що здійснюється в ГВС, - це набір дій по змінений геометричної форми, розмірів, зовнішнього вигляду, внутрішніх властивостей, а також здійснення контролю, транспортування, складування, маркірування, видаленню відходів, заміні інструмента і технологічного оснащення [106].

Рівень розвитку технології визначають не тільки методи обробки, а й структура технологічного процесу. Поняття структури ТП запропоноване Д.В. Чарнко й далі розвинуте в роботах В.Д. Цветкова, за визначенням якого структура ТП має три складові: часову, функціональну, просторову [106]. Часова складова визначає склад і послідовність елементів ТП на кожному етапі виготовлення виробу, функціональна - порядок перетворення виробу з одного стану в інший, просторова - розмірні і точнісні зв'язки між базовими поверхнями і поверхнями, що обробляються.

Результат проектування технологічного процесу обробки деталі в ГВС - достатньо повне пророблення маршрутної та операційної технології, допоміжних і контрольних операцій; розробка УП для оброблюючого і допоміжного обладнання.

Нині накопичено значний досвід створення і впровадження систем автоматизованого проектування технологічних процесів. Існують декілька класифікацій методів проектування ТП. Найбільш вдалою є класифікація, показана на рис. 77 [106].



Рис. 77. Класифікація методів проектування технологічних процесів.

Усі методи поділені на два класи: адресації та синтезу.

Метод адресації ґрунтується на принципі уніфікації, оскільки склад і структура робочого ТП визначаються згідно із складом і структурою уніфікованого ТП послідовним уточненням рішень, що формуються, при суворому дотриманні порядку переходів з більш високих рівнів декомпозиції ТП на більш низькі. Робочий ТП будується лише шляхом включення деяких елементів-аналогів і зв'язків між ними. Аналогами можуть бути уніфіковані схеми обробки, маршрути, операції, переходи, переміщення транспортних засобів, руху роботів-маніпуляторів при встановленні і зніманні деталей та ін.

Метод адресації найчастіше використовується при проектуванні ТП для ГВС. Це сприяє впровадженню групових і типових технологічних процесів, спрощений процесу проектування та відлагодження управляючих

програм для обладнання, не потребує процедур синтезу нових структур. Відрізняють три модифікації методу адресації: запозичення ТП без зміни структури аналога і параметричного настроювання; те саме, але з параметричним настроюванням (розрахунок режимів різання, норм часу, розмірних характеристик, вибір інструмента і т.д.); запозичення ТП з виключенням елементів і зв'язків і з параметричним настроюванням.

Метод синтезу ґрунтується на формуванні ТП з окремих формалізованих елементів встановленням між ними певних зв'язків. У процесі проектування визначається склад елементів, будуються зв'язки між елементами, виконуються перевірка зв'язків і їх параметричне настроювання з використанням логічних правил і аналітичних залежностей. Проектування здійснюється да з використанням аналогів, так і без їх використання.

Метод синтезу можна використовувати при проектуванні типових і групових технологічних процесів, управляючих програм. Він має такі модифікації: проектування з використанням ТП-аналогів; з використанням елементів-аналогів і без аналогів.

Розглядаючи класифікацію методів проектування (див. рис. 76), неважко переконатись, що спадкоємність технологічних рішень від методу до методу зменшується, а отже, зменшується спеціалізація виробничих підрозділів, збільшуються терміни проектування ТП і вартість виготовлення виробів. На нинішньому етапі розвитку обчислювальної техніки, формалізації технологічних рішень природно найбільш доцільно використовувати в ГВС методи адресації. Проте у міру розвитку оброблюючої й обчислювальної техніки, освоєння „справжніх” ГВС із широкими технологічними можливостями будуть застосовуватись переважно методи синтезу з використанням аналогів і без них. Це особливо пов'язане з розвитком інформаційної технології, створенням ЕОМ і робототехніки на основі штучного інтелекту, коли з'являться можливості оперативно обробляти будь-які виробничо-технологічні ситуації, поява яких неминуча при функціонуванні підприємств, оснований на принципах гнучкої технології.

Найважче автоматизувати процес проектування структури ТП, тобто визначити склад і послідовність переходів, операцій, маршруту обробки і допоміжних елементів ТП. Це пояснюється різноманітністю правил проектування, що визначаються конкретними виробничими умовами. Сучасні системи, основані на використанні евристичних алгоритмів формування структур, які враховують обмежену кількість виробничих ситуацій, слабо пристосовуються і адаптуються до конкретних виробничих умов. Для полегшення коригування рішень, одержаних системою, застосовується діалог, що дозволяє технологіві приймати певні рішення з формування структури ТП. Однак навіть діалог не дозволяє підвищити ефективність

проектування, через те що не може врахувати різноманітності виробничих ситуацій, що виникають.

Процес параметричного настроювання ТП значно легше піддається формалізації, оскільки менше залежить від виробничої ситуації. Існує досить багато систем, в яких параметричне настроювання здійснюється автоматично, а структура ТП формується технологом вручну або за допомогою діалогових програмних засобів. Системи параметричного настроювання, будучи системами низького рівня, досить легко адаптуються до різних виробничих умов. Проте при формуванні структури ТП вони повністю залежать від кваліфікації технолога і в них спостерігається мала послідовність технологічних рішень.

Система параметричного настроювання поділяється на три види:

перший - це системи, в яких людина формує структуру ТП на основі аналізу уніфікованого ТП. Такі системи формують рішення методом адресації ;

другий - системи, в яких передбачається формування структури ТП за уніфікованими ТП. Технолог формує і вводить до ЕОМ ТП на основі свого досвіду і знань. В таких системах реалізується метод синтезу;

третій - системи, в яких допускається формування структури ТП з використанням уніфікованих ТП і без них, тобто вони реалізують два методи проектування ТП

При експлуатації впроваджених ГВС при проектуванні ТП перевага надається системам, що працюють за методом адресації; при проектуванні підрозділів гнучкого виробництва (ділянок, ліній, цехів, ГВС) - системам, що реалізують метод синтезу.

Побудова технологічних процесів у гнучкому виробництві значною мірою відрізняється від традиційного. Технологічні маршрути мають бути досить гнучкими, щоб оперативно реагувати на можливі зміни виробничої ситуації: вихід з ладу однієї одиниці обладнання, термінові замовлення, несвоєчасне постачання на вхід ГВС заготовок чи інструмента, перебої в системі управління тощо. Необхідно створити гнучку технологію, побудовану на міцній основі типізованих і стандартизованих поопераційних групових технологічних процесів.

Типізація технологічних процесів використовується не лише як метод знаходження оптимальних рішень, а й як засіб зберігання технологічної інформації. Спосіб подання і зберігання інформації у вигляді типових технологічних переходів для типових поверхонь - елементів форми чи комплексів - дозволяє раціонально проектувати процеси, враховуючи вплив великої кількості факторів. Технологічне рішення на кожен типову поверхню визначає не тільки набір переходів, а й послідовність їх виконання в межах типового маршрута.

Порядок проходження і тривалість маршрутів залежать від відповідності заданих на кресленні точності і жорсткості поверхні. При проектуванні гнучкої технології важливою є наявність множин варіантів виконання технологічних маршрутів. Для зменшення кількості варіантів і вибору оптимального необхідно додатково мати відомості про змінення припусків, наявність литої корки і вимог точності і жорсткості.

Процес формування маршрутів на комплекси поверхонь значно спрощується, оскільки кожному типовому комплексу поверхонь відповідає типовий технологічний маршрут. Для цього підготовляють і вводять до системи вихідну інформацію про тип поверхні, габаритні розміри, точність та жорсткість обробки, припуски на обробку та ін. За цими даними автоматично призначається типовий технологічний маршрут обробки комплексу поверхонь. Потім визначаються бази обробки і можливості забезпечення технічних вимог на розташування поверхонь. У першу чергу перевіряють елементарні технологічні маршрути, що мають найменшу кількість переходів.

Із множинності елементарних маршрутів вибирають перший, який задовольняє поставленим вимогам базування і точності обробки. Якщо вихідна поверхня деталі, що обробляється, складається з декількох елементів форми, але являє собою єдиний комплекс і зустрічається вперше, то за типом елементів форми визначають групу можливих елементарних технологічних маршрутів, а потім за найменшою кількістю переходів чи за економічними критеріями виділяють один елементарний маршрут. Потім складають новий елементарний технологічний маршрут, до якого входять усі переходи із складових маршрутів, причому технологічна послідовність виконання переходів відповідає вимогам точності і жорсткості обробки.

Задача вибору раціонального маршруту обробки, тобто оптимальної послідовності стандартних переходів і операцій, виникає і на етапі проектування, і на етапі експлуатації ГВС. При впливі на ГВС випадкових збурень у процесі функціонування наявність альтернативних варіантів послідовності маршрутної технології - важливий резерв підвищення експлуатаційної надійності і продуктивності ГВС. Проте закладені при проектуванні ресурси вимагають використання відповідних методів і засобів для їх оперативної реалізації при експлуатації ГВС. Тому на етапі проектування доцільно виконувати імітаційне моделювання на ЕОМ альтернативних маршрутів і розробляти алгоритми управління процесом функціонування ГВС за критерієм оптимальної послідовності технологічного маршруту. Алгоритм управління альтернативним маршрутом задає послідовність зміни маршрутів обробки залежно від стану системи, який визначається випадковими відмовленнями, і вводами в дію обладнання. Довільна зміна маршруту при відмовах і відновленнях

може не поліпшити, а погіршити деякі вихідні показники ГВС. Тому за наявності альтернативних маршрутів необхідно оцінити варіанти і вибрати оптимальний.

Алгоритм зміни маршруту обробки впливає на найважливіші показники ГВС: середню тривалість виробничого циклу, середній час чекання і деталями обробки, середню кількість партій деталей, що знаходяться в ГВС за одиницю часу. Порівнюючи вихідні характеристики ГВС при незмінному лінійному маршруті і використовуючи алгоритм обходу несправного обладнання, можна побачити, що при лінійному маршруті тривалість виробничого циклу обробки партії деталей на 15% більше, ніж при вибраному. Середній час чекання обробки - на 18, а середня кількість партій деталей, що знаходяться на обробці (обсяг незавершеного виробництва), - на 13% більше. Сумарні витрати на експлуатацію ГВС, що приходить на партію виробів, що випускаються при лінійному маршруті, приблизно на 1,5% більші, ніж при вибраному.

Можливість втручання у процес проектування технологічних маршрутів ГВС на етапі експлуатації реалізована в системі ситуативного проектування технології [99]. Передбачається активно впливати на процес прийняття рішень з урахуванням виробничої ситуації. При цьому забезпечується здатність системи оперативно змінювати не тільки маршрут раніше зафіксованих операцій, а й склад самих операцій, що істотно скорочує загальний час перебування деталей у виробничій системі.

При використанні традиційного способу проектування в АСУ ГАВ надходить описання маршрутно-операційного технологічного процесу, а при ситуативному проектуванні - виробничі обмеження, що вміщують відомості про переходи, можливості їх виконання різними засобами технологічного оснащення, а також організаційні обмеження (кількість деталей у партії, порядок і пріоритет їх запуску та ін.). Порядок виконання переходів і операцій формується системою в режимі реального часу, тому маршрут і склад операції стають гнучкими, а система управління ГВС - більш „інтелектуальною” [99]. Набір виробничих обмежень формується до початку функціонування ГВС.

В системі ситуативного проектування технології програми ЧПУ виготовляються в розрахунку не на раніш зформовану операцію, а на перехід; це суттєво підвищує гнучкість технології. Підпрограми ЧПУ на кожен перехід формуються до початку виробництва, а програми ЧПУ для операцій компонуються із підпрограм в режимі реального часу. Систему ситуативного проектування доцільно об'єднати з системою проектування деталей і заготовок. Це дозволяє скоротити терміни проектування і обсяг інженерної праці.

При визначенні оптимальних маршрутів проходження деталей в ГВС

необхідно враховувати оцінки продуктивності і собівартості обробки, що впливають на вибір раціональних режимів різання.

Наприклад, на основі функції собівартості формується цільова функція у вигляді

$$z_c = \frac{\pi DL}{1000} \left(\frac{E}{VS} + \frac{Et}{A_1 V^{A_2+1} S^{A_3+1}} + \frac{\mathcal{E}}{A_1 V^{A_2+1} S^{A_2+1}} \right),$$

де D_L - відповідно діаметр і довжина обробки; E - вартість верстатоміни, крб.; t_3 - час заміни інструмента; $\mathcal{E}$ - вартість експлуатації ріжучого інструмента, крб./хв; A_1 - постійна у формулі стійкості, незалежна від компонентів режиму різання; A_2 , A_3 - показники ступеня у формулі стійкості.

В такому разі швидкість різання, що забезпечує мінімальну собівартість обробки,

$$V = \left[\frac{(Et_3 + \mathcal{E})(-A_2 - 1)}{A_1 E S^{A_3}} \right]^{\frac{1}{A_2}}.$$

Цільова функція для оптимального розподілу робіт між верстатами ГВС

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M T_{ij} x_{ij},$$

де N , M - відповідно число різних деталей і число верстатів; T_{ij} - час обробки партії i -ї деталі на j -му верстаті; x_{ij} - показник застосування j -го верстата для обробки i -ї деталі, $x_{ij} \in \{0,1\}$.

Як обмеження необхідно враховувати умову

$$\sum_{j=1}^M T_{ij} x_{ij} \leq F_j$$

де F_j - допустимий фонд часу j -го верстата; $x_{ij} + x_{i,j+1} = 1$ якщо застосовується j -й чи $j+1$ верстат: $x_{ij} = x_{i,j+1}$, якщо після j -го застосовується $j+1$ -й верстат.

Виробнича ситуація часто характеризується появою нової деталі на вході ГВС. При порівнянні альтернативних варіантів обробки цієї деталі використовується оцінки завантаження верстатів, трудомісткості і складності обробки.

Коефіцієнт завантаження верстатів при обробці деталі за j-м маршрутом

$$K_{zj} = \frac{z_{cpj}}{z_{cp}}$$

де z_{cpj}, z_{cp} - середнє завантаження верстатів, відповідно застосовуваних на J-му варіанті обробки, що входять до ГВС.

Оцінка часу обробки деталі визначається відношенням

$$K_{Aj} = \frac{T_j}{T_{cp}}$$

де T_j - час обробки деталі за j -м альтернативним варіантом, T_{cp} - середній час обробки деталі, яка входить до даної номенклатури.

Показник складності обробки (KG) враховує геометричну складність деталі, складність обробки її поверхонь, число і вид використовуваного інструмента і т.ін. Оцінка складності обробки виражається так:

$$KG = \frac{KG_{n+1}}{KG_{cp}}$$

де KG_{n+1} - показник складності обробки n+1-ї деталі; KG_{cp} - середня складність обробки деталей.

Цільові функції при виборі альтернативного варіанта обробки, що забезпечує найбільшу ефективність ГВС:

$$z = \begin{cases} \min K_{zj}, & \text{якщо } K_{KG} \leq 0,7; \\ \min K_{zj}, & \text{якщо } 0,7 \leq K_{KG} \leq 1,3; \\ \min K_{zj}, & \text{якщо } K_{KG} \geq 1,3; \end{cases}$$

Рациональний вибір технологічних маршрутів при змінненні виробничої ситуації в ГВС дозволяє суттєво підвищити ефективність її експлуатації, збільшити завантаження верстатів системи, зберегти її живучість при

виході з ладу деяких технологічних одиниць.

Розглянемо системи автоматизованого проектування ТП (САПР ТП), що працюють у промисловості, які можуть бути використані при експлуатації ГВС.

Система „Группроцес” [106] належить до систем, що працюють за методом адресації. Вона призначена для проектування маршрутної, операційної технології і управляючих програм для верстатів токарної групи. Схема проектування ТП показана на рис. 78.

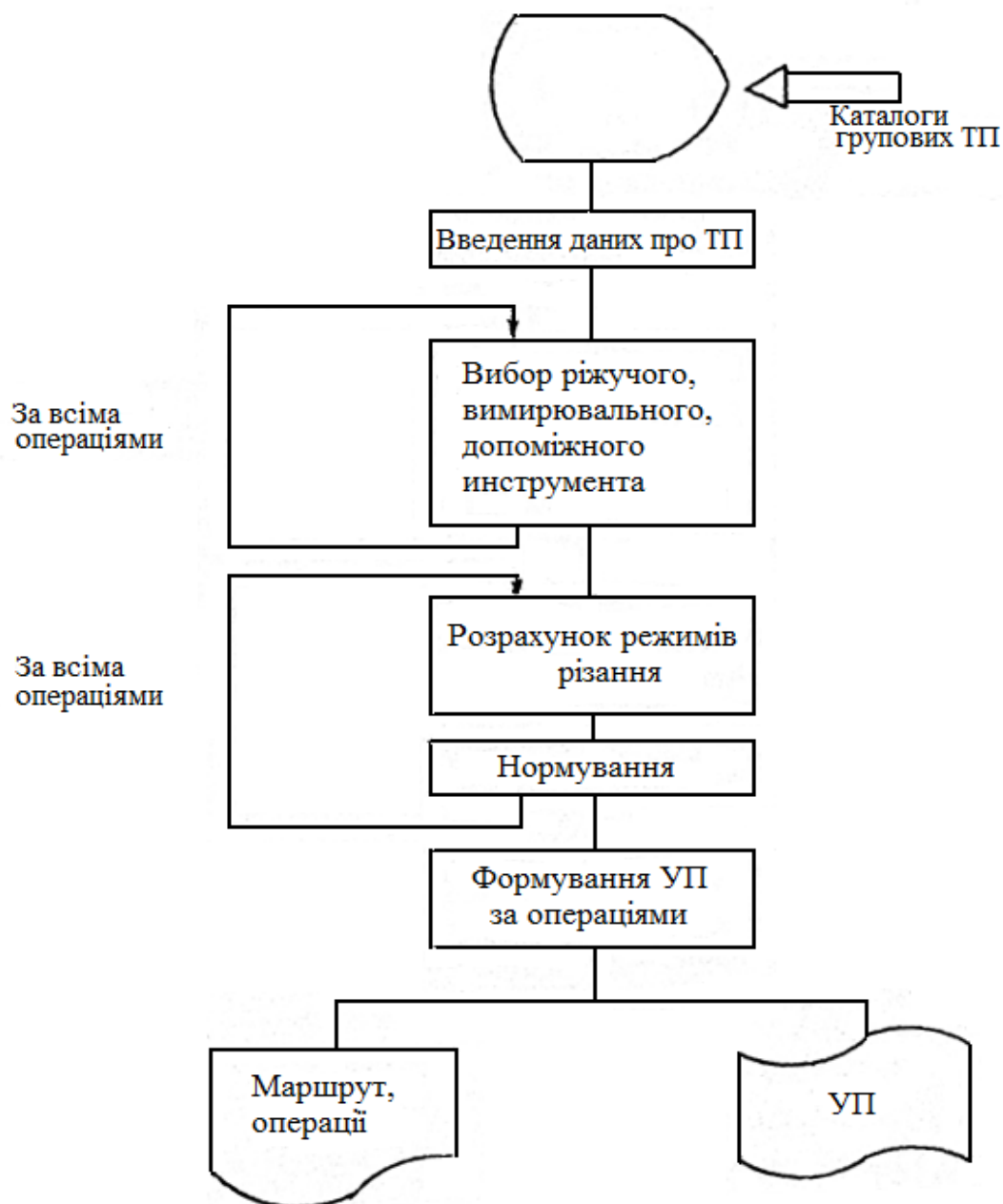


Рис. 78. Структурна схема системи „Группроцес”

За кодом операції чи маршруту відбирається з бази даних уніфікований ТВ, коригується вручну технологом на екрані дисплея і вводиться до ЕОМ, автоматично відбувається пошук ріжучого і вимірювального інструмента, розрахунок режимів різання і нормування. При проектуванні управляючих програм дані автоматично передаються до системи „Техтран”, де на основі уніфікованих схем обробки елементів деталі, що характеризують склад групи, формуються управляючі програми „Группроцес”, які складаються з двох систем: одна реалізована на ОС ЕС, а друга - на PBC (RMS) CM.

Система „Старт” основана на адресації до уніфікованих ТП, розроблених для відповідної групи деталей, яка виділена на основі аналізу номенклатури виробів, що випускаються. Для кожної групи деталей передбачена система кодування, що дозволяє зменшити обсяг інформації, що задається, і спростити автоматичне коригування уніфікованих ТП.

Для простих деталей система кодування і подання вихідної інформації універсальна.

Система „Сириус” призначена для проектування маршрутної і операційної технології за методом адресації. При проектуванні вводяться загальні відомості про деталь, дані про поверхні, що обробляються, і неповні дані про структуру ТП виготовлення деталі. Система інваріантна по відношенню до класу деталей, виконує в автоматичному режимі деякі проектні дії з формування структури ТП і параметричне настроювання ТП.

В системі „Капри” операційна технологія формується автоматично на основі відомостей про деталь, а маршрут обробки деталі визначається в інтерактивному режимі за результатами відповідей технолога на запитання системи. Структура операції і управляюча програма створюються відповідно до алгоритму, який фіксує конкретний склад і послідовність виконання переходів і ходів.

Система „Адрес” призначена для проектування технологічних рішень методом адресації до уніфікованих рішень. Вона побудована як інваріантне програмно-методичне ядро, на якому можуть бути побудовані конкретні системи проектування (маршрутів, операцій, управляючих програм для обробки деталей різних класів, управляючих програм для роботів- маніпуляторів та ін.), основані на методі адресації. В основу методу проектування покладене припущення, що склад елементів, з яких складається рішення, вводиться до системи уніфікованого рішення, і структурні властивості (зв'язки між елементами) нового рішення не змінюються, а тільки, за необхідності виключаються при коригуванні уніфікованого рішення.

Система складається з трьох підсистем (рис. 79): перша призначена для проектування рішення - пакет обробки (ПО); друга - для настроювання

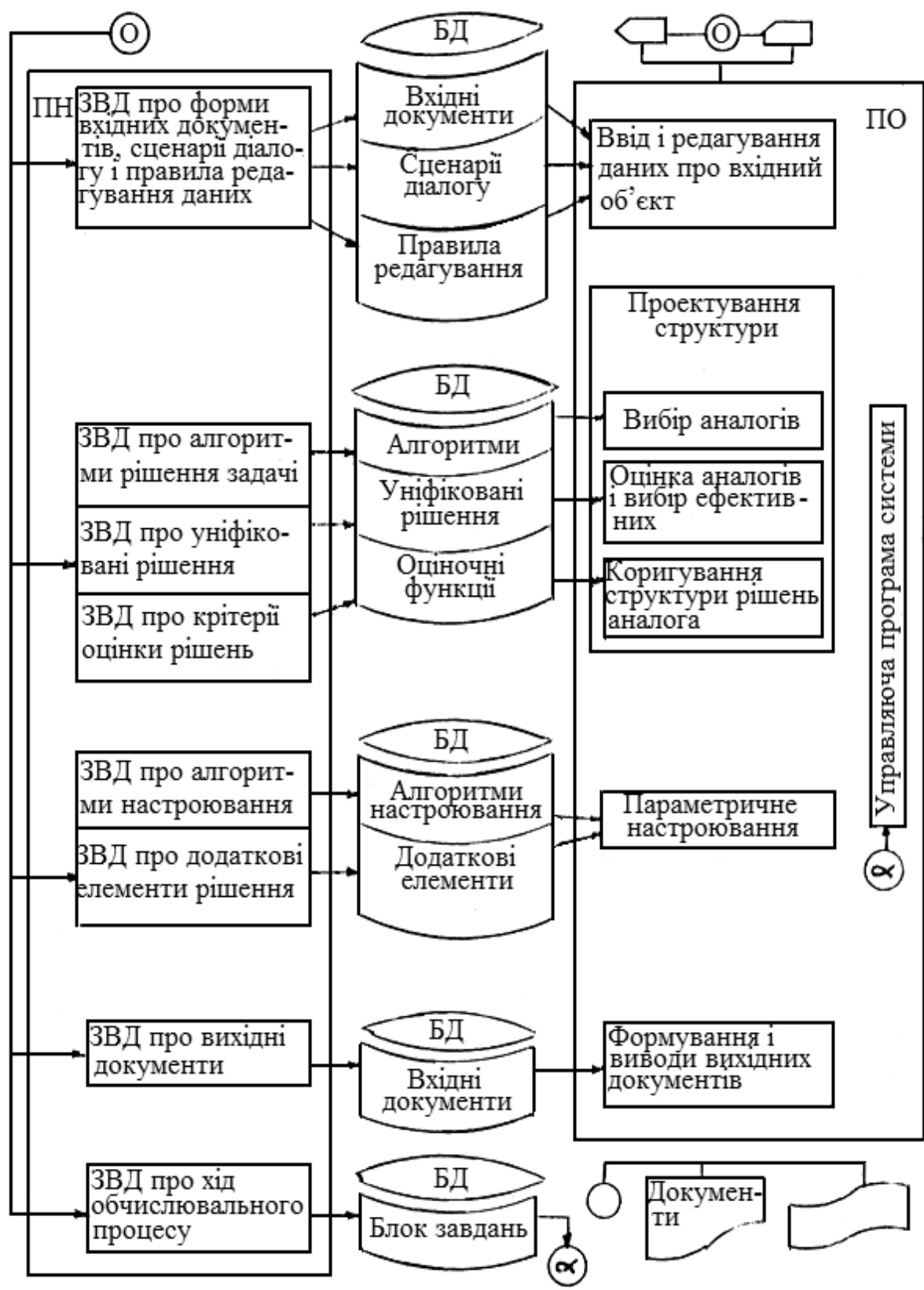


Рис. 79. Структурна схема системи "Адрес"

системи на виконання конкретної функції і її адаптації до виробничих умов за допомогою засобів вводу даних (ЗВД) - пакет настроювання (ПН); третя - для управління базами даних (БД). Буквою О позначено оператор.

До системи „Адрес” введені всі необхідні засоби, щоб реалізувати схему проектування рішень методом адресації, параметричного настроювання рішень, вводу і виводу даних, організації обчислювального процесу та інформаційного забезпечення, настроювання системи на конкретну функцію і конкретні виробничі умови.

Система САПР-Т „Кислородмаш” проектує операційні ТП механічної обробки різних класів деталей, операції котельно-зварювальних робіт і контролю. В масивах знань САПР-Т зберігаються дані про верстати, пристосування, засоби обробки, ріжучий та вимірювальний інструмент, припуски та інші елементи складних технологічних рішень. Передбачено масив можливих рішень, до якого вводяться також елементи-аналоги. Шукане рішення одержується синтезуванням відповідаю до узагальненого плану рішення задачі і множинності алгоритмів пошуку рішень, що є в пам'яті машини. Система САПР-Т „Кислородмаш” належить до систем проектування ТВ методом синтезу з елементами-аналогами.

ІТК АН Білорусії розробив інтегровану систему проектування маршрутної і операційної технології і управляючих програм обробки призматичних і корпусних деталей на оброблюючих центрах свердлувально-фрезерно-розточної групи, які об'єднані єдиною транспортною системою, що доставляє супутники з оброблюваними заготовками до робочих зон верстатів.

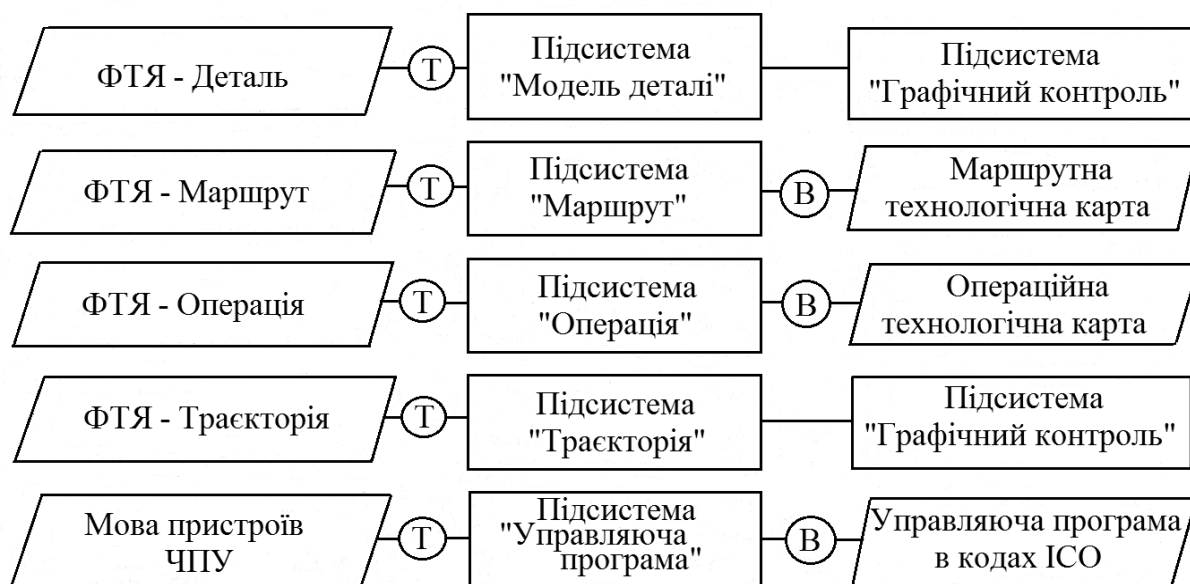


Рис. 80. Функціональна структура інтегрованої системи проектування ТП для ГВС

Система (рис. 80) складається з шести підсистем: формування цифрової моделі деталі і заготовки, графічного контролю, проектування маршрутного ТП, проектування операційного ТП, формування траєкторії руху інструмента і управляючих програм. Якщо система функціонує в ГВС, то вводяться програма випуску, структурно-параметрична модель деталі, описання контурів нетипових поверхонь. На виході системи одержують маршрутну та операційну технологічні карти, які служать для контролю технології ГВС, розрахунково-технологічні карти для відображення траєкторії кожного інструментального переходу, управляючу програму на перфострічці чи з передачею її по каналах зв'язку, дані про час роботи і групу стійкості інструмента. В цій системі реалізовано метод синтезу з елементами-аналогами.

Системи проектування технології, які реалізують методи синтезу з ТП-аналогами і без будь-яких аналогів, поки що не розроблені.

4.8. Автоматизація підготовки управляючих програм для верстатів з ЧПК і промислових роботів

Рівень гнучкості автоматизованих систем механообробки залежить від рівня і якості автоматизації програмування для різних видів обладнання ГВС - металорізальних верстатів і промислових роботів. При неавтоматизованій підготовці управляючих програм практично неможливо забезпечити необхідне завантаження технологічного обладнання.

Програмне забезпечення системи ЧПК - це сукупність програм і документації на них для реалізації задач управління технологічним обладнанням. Системи програмного управління будуються на базі спеціалізованих чи універсальних обчислювальних засобів, що називаються пристроями числового програмного керування (ПЧПК). ПЧПК керують обладнанням на основі послідовності цифрових (числових) команд, що утворюють так звану управляючу програму (УП). На програмоносії УП вміщує інформацію про різальний інструмент, швидкості і траєкторії його переміщень відносно заготовки, про частоту обертання шпинделя, змінювання інструмента, корекцію його положення, замінювання заготовки, порядок вмикання шпинделя та ін. Програмоносієм, що використовується для запису УП, найчастіше є паперова перфострічка. Інформація перфострічки приймається фотозчитуючим пристроєм ЧПУ, обробляється і передається на виконавчі системи обладнання. При роботі обладнання в складі ГВС управляюча програма може бути надіслана в ПЧПК з центральної ЕОМ по каналу локальної мережі зв'язку.

Керуюча інформація розташовується на перфострічці і обробляється ПЧПК окремими блоками (рис. 81). Блок УП, що називаються також

кадром чи фазою, вміщує інформацію про ділянку траєкторії руху чи допоміжних команд. Кадр подається на перфострічці послідовністю символів, для кодування яких прийнято семизначний код ISO.

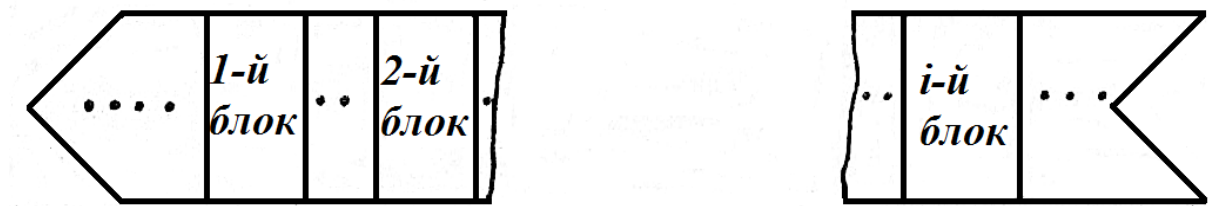


Рис. 81. Структура управляючої перфострічки

Для підготовки УП необхідно зробити великий обсяг робіт, пов'язаних із опрацюванням геометричної і технологічної інформації. Необхідно визначити координати точок переміщення інструмента на ділянках траєкторії, обчислити довжину і швидкість переміщення з урахуванням технологічних вимог, форми, точності і жорсткості поверхні деталі, матеріалу заготовки, параметрів системи ЧПУ, різального інструмента і оснащення. Тому ручна підготовка УП вимагає великих затрат часу і людських ресурсів. В умовах ГВС можлива тільки автоматизована підготовка УП, при якій найбільш повно враховуються всі технологічні фактори, іноді приймаються рішення на основі оптимізаційних процедур.

Для автоматизації підготовки УП за допомогою ЕОМ необхідне спеціальне програмне забезпечення, яке реалізує комплекс алгоритмів геометричних та технологічних задач підготовки УП і вміщує проблемно-орієнтовану мову, що забезпечує запис і ввід до ЕОМ вихідної інформації [6]. Таке програмне забезпечення прийнято називати системою автоматизації програмування (САП) для верстатів з ЧПК.

При автоматизованій підготовці УП в САП вирішуються такі задачі [6]:

- ввід початкової інформації і її описання в режимі діалогу з користувачем;
- синтаксичний контроль початкової інформації на вхідній мові;
- проектування елементів технологічного процесу обробки;
- розрахунок траєкторії руху інструмента; формування і запис початкової інформації на проміжній мові;
- видача діагностичних повідомлень про різні етапи обробки початкової інформації;
- редагування програм на рівнях вхідної, проміжної та вихідної мови;
- формування УП на вихідній мові для конкретного верстата і видача на програмоносії;

- розпечатка УП і супровідної документації;
- зберігання і тиражування УП.

До складу САП входять препроцесор, процесор і постпроцесор.

Препроцесор проектує план операції для обробки окремих елементів чи класів деталей за типовою технологією.

Препроцесори вирішують технологічні задачі, пов'язані з вибором послідовності обробки, складу операції, різального інструмента та ін. Початкова інформація для препроцесорів задається в табличному чи словниковому вигляді на спеціалізованій вхідній мові. Вихідна інформація надходить до процесора на універсальній вхідній мові, яка використовується і при ручному програмуванні.

Процесор - це основний обчислювальний блок, призначений для рішення загальних геометричних і технологічних задач підготовки УП. У процесорі визначаються проходи за типовими схемами обробки, розраховуються режими різання і визначаються траєкторії переміщень інструмента. Вихідна інформація процесора - послідовність і умови руху інструмента відносно деталі - передається до постпроцесора на проміжній мові.

Постпроцесор пов'язує рішення, що видає процесор, з можливостями і особливостями верстатів з ЧПК і їх систем управління. Постійне оновлення верстатів з ЧПК вимагає створення уніфікованих методів проектування постпроцесорів, що різко скорочує терміни і ефективність автоматизованої підготовки УП. Постпроцесор перетворює систему координат деталі, в якій розраховано процесором чи задано у початковій інформації рухи інструмента, на систему координат верстата. Крім того, він задає рухи робочих органів верстата, формує елементарні переміщення з урахуванням динаміки верстата, переводить швидкості головного руху на частоти обертання шпинделя і подачі на обертання на хвилини - подачі, перераховує кількість переміщень на кількість дискрет, визначає порядок зміни інструмента і розподіл коректорів, кодує і записує УП на програмоносій.

На рис. 82 показана типова структурна схема САП [6], до якої, крім препроцесорів, процесорів і постпроцесорів, входить блок сервісу, що переробляє постійну інформацію про обладнання, інструмент і матеріали.

САП, що існують, класифікують за призначенням, характером структури, формою подання початкової інформації і формою її обробки, рівнем автоматизації і ЕОМ, що використовується [6].

Призначення САП визначається конструктивно-технологічними ознаками деталей, що обробляються, і технологічною групою верстатів.

За характером структури САП розподіляють на спеціалізовані, універсальні і комплексні. Спеціалізовані САП розробляються для окремих

груп верстатів, на яких обробляються деталі певного типу. Універсальні САП застосовуються для підготовки КП обробки деталей широкого класу на верстатах певної групи. Комплексні САП поєднують у собі можливості окремих спеціалізованих і універсальних САП, об'єднаних єдиною вхідною мовою.

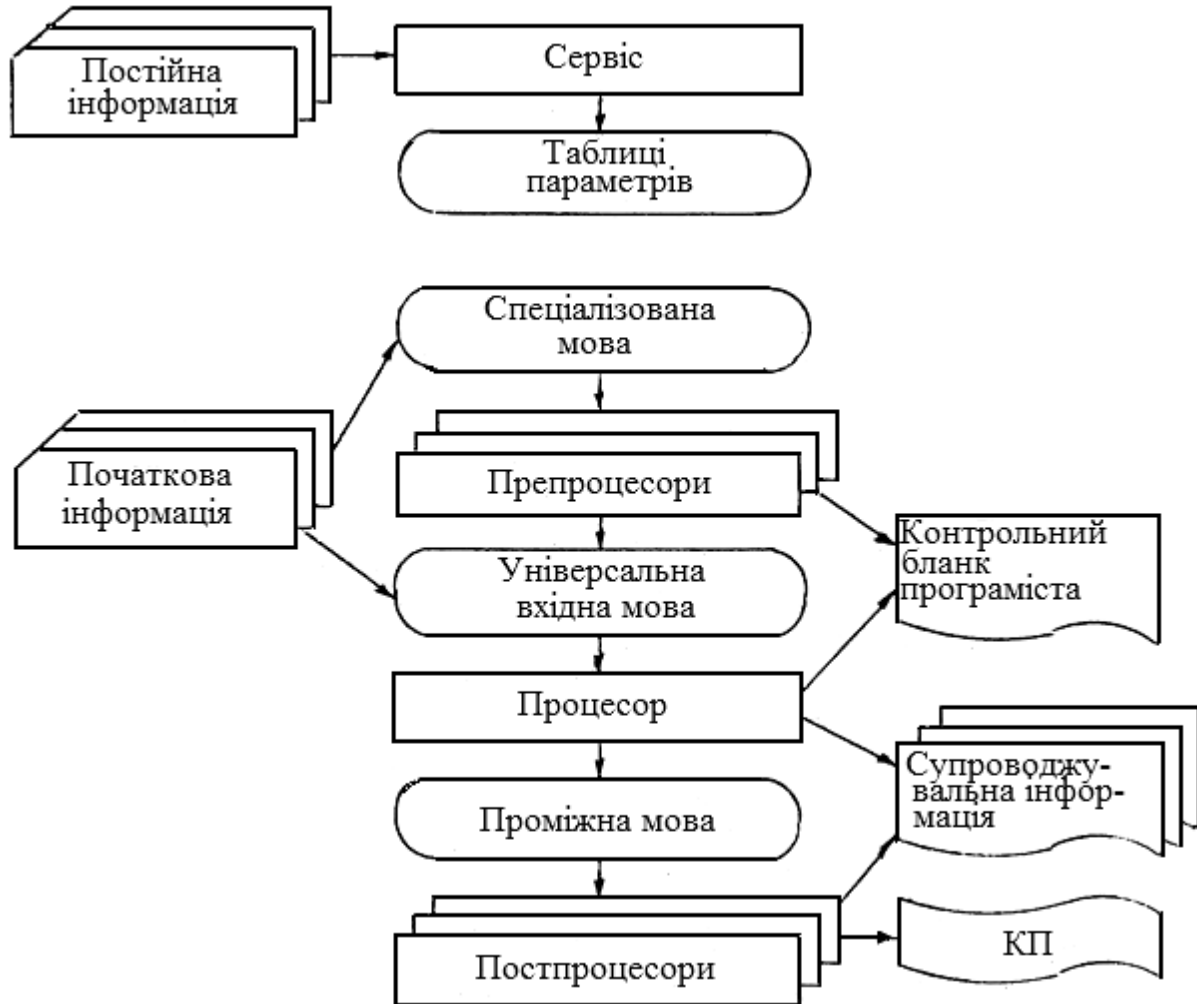


Рис. 82. Типова структурна схема САП

Основні форми подання початкової інформації до САП; табличний, вільні словникові і впорядковані словникові записи.

Табличний запис даних лаконічний і при використанні певних бланків досить наочний. Він застосовується в основному в спеціалізованих САП, вузька орієнтація яких дозволяє використовувати характерні особливості конфігурації при заданій початковій інформації деталей конкретних класів.

Словниковий запис початкової інформації дозволяє оперувати широким набором визначень і тим самим задовольняє потреби універсальної

САП. Вільні словникові записи збільшують обсяг записів і важко піддаються контролю, тому частіше застосовують впорядковані словникові записи, які скорочують обсяг записів і зменшують імовірність пропущених необхідних даних у процесі підготовки початкової інформації.

Рівень автоматизації САП характеризується задачами процесу підготовки УП, що вирішуються на ЕОМ. Розрізняють низький, середній і високий рівні автоматизації. У САП низького рівня автоматизації на ЕОМ вирішуються в основному геометричні задачі визначення координат опорних точок траєкторії інструмента. У САП середнього рівня вирішуються технологічні задачі вибору послідовності переходів за заданими узагальненими технологічними схемами обробки окремих ділянок-заготовки.

САП високого рівня за описом деталі і умов її обробки проектує на ЕОМ інструментальне налагодження і послідовність переходів.

САП реалізуються на ЕОМ різних типів. Поряд з великими універсальними ЕОМ серії ЕС одержують розповсюджені малі ЕОМ зі спрощеними редакціями САП. Розвиток персональних ЕОМ дозволяє наблизити один до одного розроблювані УП і робочий при встановленні ПЕОМ безпосередньо в цеху.

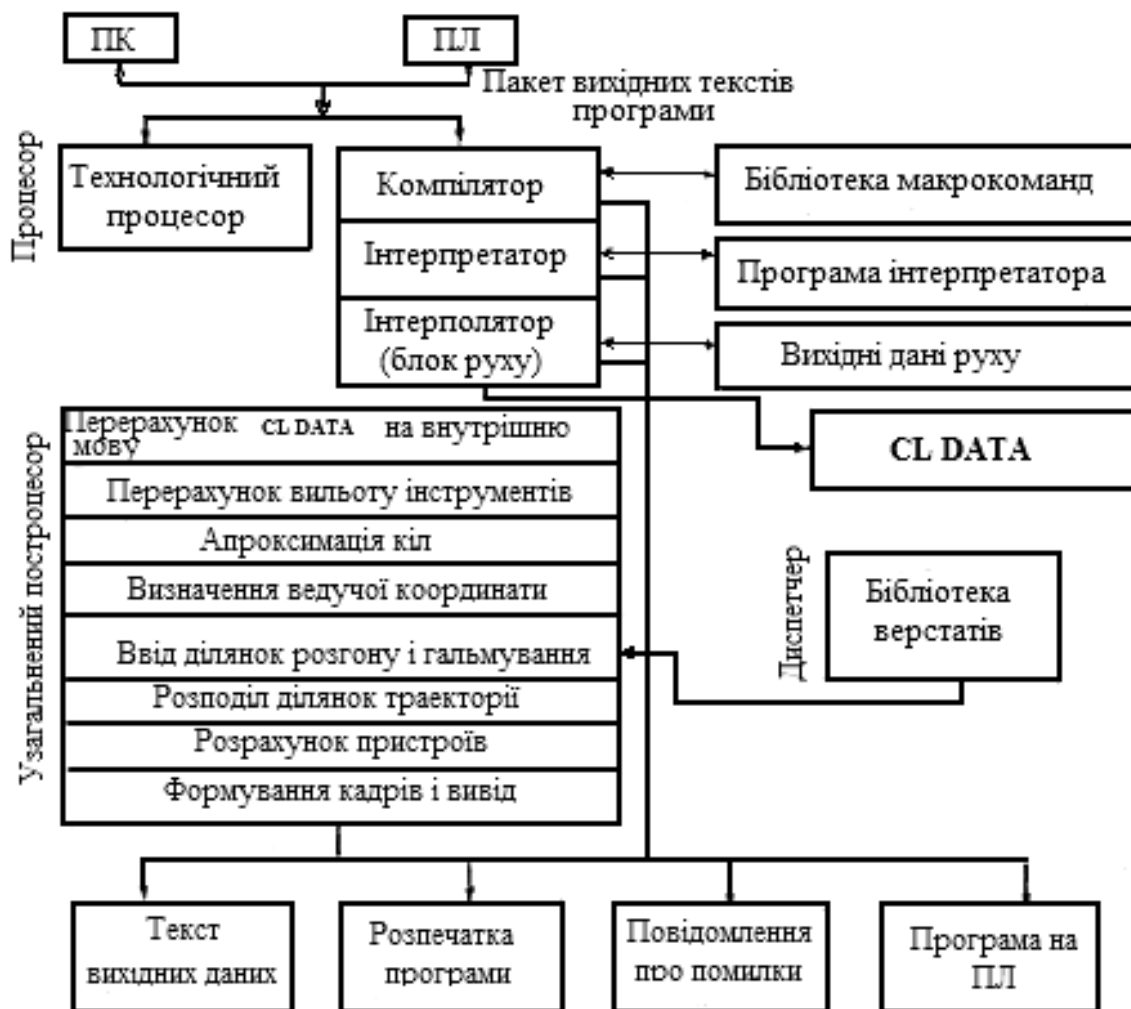
Дуже перспективні спеціалізовані САП на базі вмонтованих у верстат мікроЕОМ. Такі САП можуть у найбільш повному обсягу враховувати технологічні особливості верстата і дозволяють перейти до УП, в яких в якості програми використовується набір узагальнених інструкцій обробки окремих типових елементів форми деталей.

Розглянемо деякі найбільш часто застосовувані в промисловості САП.

Система „Техтран” [6] - 2,5-координатна система для контурної (фрезерної, токарної, багатоцільової) обробки; розрахована на застосування ЕС ЕОМ з обсягом пам'яті 256 Кбайт. Геометричні об'єкти задаються точкою, вектором, колом, площиною, матрицею перетворення систем координат, кривою, заданою таблично. Система вміщує близько 70 основних варіантів геометричних визначень. В ній розраховується еквідистантний контур траєкторії пуху інструмента. Технологічна інформація задається за допомогою операторів постпроцесора. Вводяться необхідна точність обробки інструмента, подача, частота обертання шпинделя, зміна різального інструмента з указанням довжини його вильоту. Визначається корекція інструмента. В системі можуть накопичуватись типові технологічні рішення: траєкторії типових технологічних переходів токарної і фрезерної обробки, типові цикли свердлування, розрахунки, цикли зміщування подачі в типових переходах, корекції фрезерної обробки у внутрішніх кутах та ін. Постпроцесор системи - це нарощувальний пакет обчислювальних програм. Він може

адаптувати систему до різних типів технологічного обладнання.

Структурна схема системи „Техран” показана на рис. 83. Пакет вихідних текстів програм не вхідній мові вводиться до процесора, геометрична частина якого організована у вигляді трьох фаз, що виконуються послідовно. Дані від фази до фази передаються тільки через проміжні



Рим. 83. Структурна схема системи „Техран”

файли на диску. У першій фазі компілятор виконує синтаксичний контроль початкової програми, виклик, вставку текстів з бібліотек і макрогенерацію. У другій інтерпретатор за підготовленою компілятором робочою програмою обчислює значення арифметичних і логічних виразів і стандартних функцій, розраховує геометричні об’єкти. У третій фазі інтерполятор (блок руху) обробляє оператори руху, розраховує еквідистантну траєкторію з урахуванням діаметра робочого інструмента, виконує лінійну чи кругову інтерполяцію і формує записи вихідного файла процесора у форматі ISO CL DATA для подальшого використання у постпроцесорі.

У постпроцесорі виконуються формальні геометричні розрахунки, формуються коди програм керування верстатами з ЧПК, перевіряється допустимість тих чи інших режимів роботи системи ЧПК з урахуванням динаміки привода верстата.

Для ГАД типу АСВ, що застосовуються для обробки деталі типу тіл обертання розроблена спеціалізована система технологічної підготовки виробництва (СТПВ), яка складається з версій СТПВ (0,4; 0,5 і 0,9) для підготовки УП обробки різних класів деталей на токарних верстатах і СТПВ-30 - для програмування операцій оброблювальних центрів ділянки АСВ. Для ГАВ обробки корпусних деталей типу АСК створена діалогова система підготовки СПУП - АСК, реалізована на УОК М 6000.

В СТПВ за описом деталі і умов її обробки проектується серія установів і розраховується необхідний комплект УП з урахуванням розподілу обробки між верстатами ділянки [6].

Для промислових роботів (ПР), що використовуються в ГВС, керуючі програми формуються за тими самими принципами, що й для верстатного обладнання - за допомогою спеціалізованих чи універсальних САП.

Для інтелектуальних роботів повинні застосовуватися спеціальні САП, в яких передбачена можливість програмування рухів залежно від показів сенсорних датчиків.

Робото-орієнтовані САП вміщують засоби описання геометричних об'єктів чи робочого простору робота, програмування його рухів, технологічних команд (стискання - розтискання захвату та ін.), універсального програмування, керування рухами робота залежно від сигналів сенсорних датчиків.

САП УП типу АL для роботів, розроблена у Стенфордському університеті (США), має розвинуту вхідну мову, обчислювальні можливості якої наближаються до можливостей універсальних мов програмування АЛГОЛ чи Паскаль. В системі АL реалізовані різні способи подання геометричної інформації за допомогою векторів, матриць поворотів і систем координат. вирішуються питання моделювання технологічних операцій, взаємного прив'язування координат робочого місця, деталі захвату та ін.

Система АМL призначена для програмування робототехнічних систем, що випускаються фірмою ІВМ. За допомогою мови системи програмуються алгоритми планування траєкторії руху при обмеженнях на швидкість і положення робота, алгоритми абсолютних і відносних переміщень, в також алгоритми переривання рухів на основі аналізу сенсорної інформації.

Задачно-орієнтовані САП для роботів описують не дії, що виконує робот, а операції, які повинні бути виконані над об'єктами. Задачно-

орієнтовані описи перетворюються на роботоорієнтовані спеціальним блоком САП - планувальником завдань. Задачно-орієнтовані САП для робіт слід віднести не до класу систем автоматизації програмування, а до класу САПР УП для промислових робіт.

Автоматизація програмування для інтелектуальних робіт, як і їх застосування, перебував у стадії наукових розробок і багато проблем ще не вирішено.

4.9. Технологічна підготовка гнучкого складального виробництва

У сучасному машинобудуванні на технологічні процеси складання впливають тип виробництва і обсяг продукції, що випускається. У багато-серійному і масовому виробництві застосовують спеціальні складальні автомати; спеціалізовані складальні автомати, що перебудовуються, побудовані на агрегатно-модульній основі; робототехнічні складальні комплекси, в яких складальні операції виконують спеціальні прості промислові роботи з цикловим управлінням. В серійному і дрібно-серійному виробництві переважають складальні системи з промисловими роботами, що переобладнуються, які мають рівень мобільності змін технологічних функцій починаючи від зміни інструмента у процесі складання і закінчуючи адаптивним керуванням і застосуванням елементів штучного інтелекту. Застосування для складання промислових робіт з програмним керуванням, що мають високий ступінь гнучкості, - якісно нове рішення проблеми економії живої праці в умовах індивідуального і серійного випуску виробів.

При виконанні технологічного процесу складання можна виділити роботи кількох видів: підготовчі, допоміжні і складальні. Під час підготовчих робіт готують деталі, складальні одиниці і комплектуючі вироби до наступних складальних робіт, змінюючи їх форму, розміри чи стан поверхонь. До допоміжних відносяться всі підготовчі роботи, не пов'язані зі зміною форми, розмірів і стану деталей (лиття, змащування, маркірування та ін.). Складальні роботи - це технологічні операції з'єднання деталей у збірні одиниці, вузли, механізми, вироби; обкатки, випробування і контролю складених елементів і виробів. В одиничному і дрібносерійному виробництві питома вага підготовчих і допоміжних складальних робіт складає 25...30% загальної трудомісткості складання, 5...8% - в крупносерійному і масовому. Тому при створенні гнучкого складального виробництва необхідно особливу увагу приділяти переналагоджуваним засобам автоматизації підготовчих і допоміжних робіт.

Технологічний процес роботизованого складання проектується на базі таких даних про діюче виробництво [65]; складальні креслення ви-

робів; технологічні умови складання; масогабаритні характеристики деталей, що складаються; умови сполучення і базування деталей; характеристики точності складальних одиниць, деталей і т.ін.

Важливий етап роботизації складання - визначення необхідних складів складальних баз, які забезпечують певність базування елементів, що складаються. У процесі складання базування деталей, що складаються, безперервно змінюється на шляху від завантажувальних пристроїв до закінчення процесу безпосереднього сполучення. Базуванням забезпечується найбільш просте взаємоположення деталей, при якому виконуються умови складуваності деталей.

Конструкція базуючого пристрою залежить від геометричної форми, розмірів, маси, жорсткості і точності деталей, що складаються, способів їх подачі до зони обробки, необхідної точності базування, складальних зусиль, характеристик складального обладнання, що застосовується. Залежно від структурної побудови складального обладнання базування деталей на позиції складання може проходити при вертикальному, горизонтальному і похилому положеннях осі деталей, що складаються.

Найбільш характерні схеми базування деталей на позиції складання показані на рис. 84.

Надійне і чітке, положення деталі при складанні обумовлюється яскраво виявленими базовими поверхнями, що забезпечують її стійке положення при складанні; більшими габаритними розмірами, ніж деталі, які монтується на ній; високою точністю відносного розташування базових і поєднуючих поверхонь.

Складальні роботизовані комплекси проектуються на основі схеми складання, яка впливає на вибір складального обладнання і визначають траєкторії і швидкості переміщення його основних органів. Схема складання передбачає технологічне розчленування виробу на елементи, розробку послідовності складання, визначення принципів базування, розробку конструктивної схеми складального оснащення.

При розробці операційного технологічного процесу складання вибираються склад і послідовність виконання операцій з'єднання і контролю при заданій послідовності установки елементів складальної одиниці, визначається тип промислового робота; вибирається склад захватних і орієнтуючих пристроїв; розраховуються техніко-економічні показники роботизованого складання. При створенні складальних роботизованих технологій особлива увага приділяється компенсації неточностей взаємної орієнтації деталей, що складаються, і забезпеченню поєднання деталей при складанні [65]. Зміна розташування, розміну чи орієнтації деталей призводить до їх заклинювання і руйнування, а також до простоїв обладнання.

Похибки взаємного розташування деталей, викликані як самими деталями, так і затискуючими пристроями, фіксаторами, передаточними механізмами, можуть бути лінійними і кутовими.

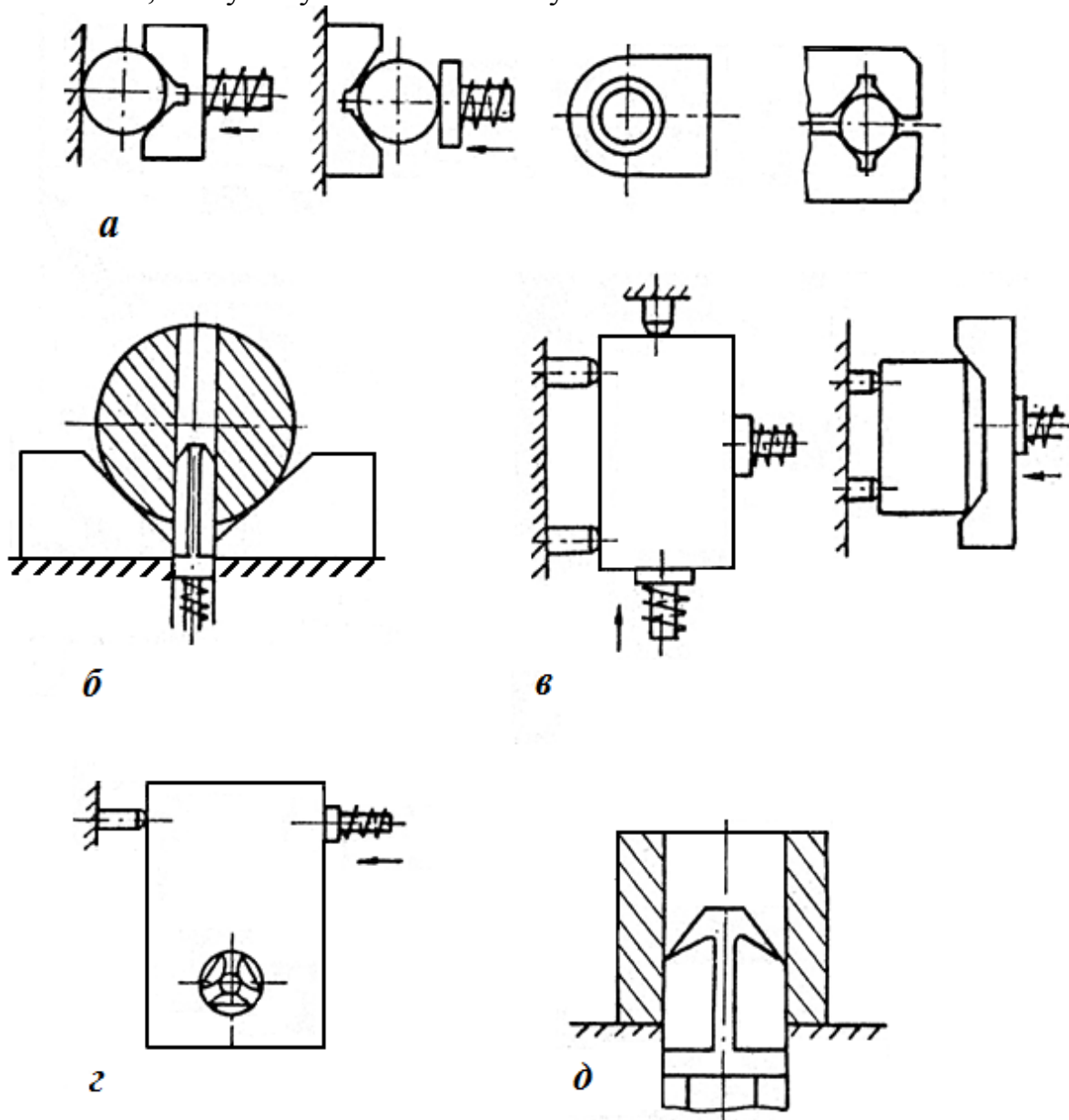


Рис. 84. Схеми базування деталей на позиції складання: а - вала; б - вала з отвором; в - пластины; г - пластины з отвором; д - втулки

Приклад лінійної похибки - зміщення осей поєднуваних деталей, а кутової - нахил осей деталей відносно один одного. Для вилучення похибок взаємного розташування і забезпечення поєднання деталей, що складаються, складальні роботизовані засоби обладнують пристроями, що забезпечують орієнтування і коливання деталі, що вводиться. Щоб виключити затискання і зменшити опір безперервному руху при поєднанні

від затискання, необхідно забезпечити податливість деталі, що вводиться, тобто використати пружні захватні пристрої ПР і оснащення. Для цього компенсують допустимі неточності композиціонування за допомогою фасок, вловлювачів, західних конусів; розширюють функціональні можливості робота, спрямовані на збільшення вірогідності поєднання деталей; створюють автономні системи пошуку задовільного взаємного розташування деталей, що поєднуються [65].

Технологічна підготовка процесу автоматичного складання вузла чи машини передбачає такі етапи: аналіз технологічності конструкції з точки зору умов складання; визначення структури технологічного процесу складання; визначення параметрів складальних систем за позиціями; вибір базуючих і транспортних пристроїв; визначення оптимального компонування складального автоматичного комплексу; визначення кількості і кваліфікації обслуговуючого персоналу; підготовка необхідної документації.

З метою вдосконалення і підвищення ефективності технологічної підготовки складального автоматизованого виробництва необхідно виконати такі роботи: формалізовано описати складальні одиниці і технологічні процеси складання; створити інформаційні масиви, що описують елементи складальних систем з метою їх оптимізації; розробити методи синтезу складального обладнання з оптимальними технологічними характеристиками.

Вирішити проблему комплексної автоматизації впровадження ГАВ неможливо, не створивши на його складі гнучке автоматизоване складальне виробництво (ГАСВ). ГАСВ - це інтегрована система, що складається з декількох гнучких технологічних комплексів складання (ГТКС), які обслуговує гнучка система технологічної підготовки складального виробництва, а ця, в свою чергу, за допомогою ЕОМ забезпечує автоматизоване проектування нових виробів, технології складання, обладнання і оснащення, а також контроль, оперативна планування і управління складальним виробництвом усього підприємства. До ГТКС звичайно входять декілька гнучких технологічних модулів складання, об'єднаних мобільною транспортною системою складального інструмента, пристосувань і деталей, що складаються. Складальний комплекс управляється від ЕОМ.

Це дозволяє легко переобладнувати обладнання для складання іншого виробу, змінюючи управляючу програму і замінюючи комплект інструмента і пристосувань. ГТКС працює в автономному режимі за рахунок оснащення пристроями автоматичної подачі деталей виробу, що складається, складальними пристосуваннями і інструментом, а також засобами автоматичного контролю якості складання і діагностики

обладнання.

Передбачається інтеграція у складі ГАСВ окремих гнучких моделей складання, гнучких комплексів складання, складальних ліній і ділянок, підпорядкованих єдиній системі управління процесом складання. Як технологічне обладнання в складальних комплексах застосовують переналагоджувальні агрегати модульної конструкції, складальні верстати і лінії з ЧПК, що програмуються, промислові складальні роботи і головки. Обладнання переналагоджують, замінюючи окремі блоки складальних агрегатів, змінюючи управляючі програми і технологічний цикл складання.

На основі розрахунків формується структура складального комплексу, що визначається складом технологічного обладнання, оснащення, транспортних засобів, засобів контролю і діагностики; розробляється програмно-математичне забезпечення комплексу, що визначає загальний частинний алгоритм його роботи.

Узагальнена структура ГТКС показана на рис. 85.

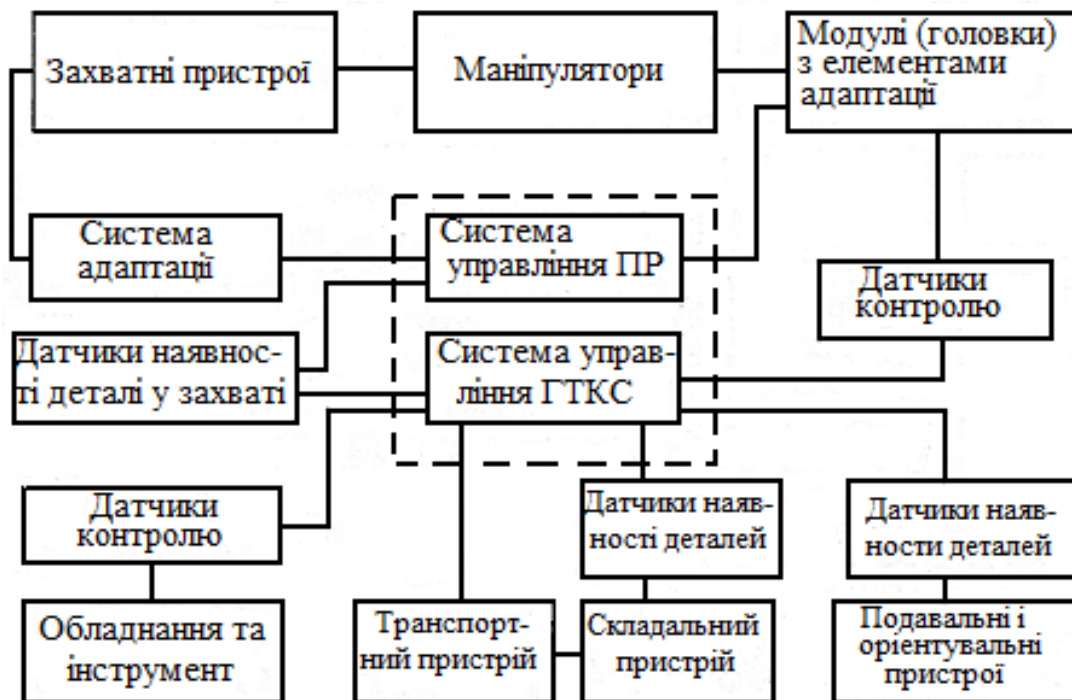


Рис. 85. Структура гнучкого технологічного комплексу складання

При розробці структури ГТКС приймають до уваги, що технологічна послідовність переміщення деталей у комплексі розподіляється на подачу їх до робочої зони, транспортування в її межах, орієнтування, поєднання і фіксацію. Успіх складання досягається за допомогою систем зворотного зв'язку від обладнання і оснащення до системи управління комплексом. До початку виконання монтажних операцій ці системи перевіряють наявність і

правильність встановлення деталі в складальному пристосуванні. Основні компоненти складальних комплексів - промислові роботи, подавальних пристроїв; транспортні засоби і контрольно-вимірювальні пристрої.

Компоновка ГТКС вибирається залежно від функціональних можливостей ПР і конструктивно-технологічних характеристик виробів, Що складаються. Розрізняють компоновку ГТКС таких основних видів: стаціонарну з концентрацією складальних переходів, що складається з ПР, складального пристосування, подавальних пристроїв; стаціонару за участю людини, характерну тим, що основні складальні операції виконує людина, а ПР здійснює маніпуляції з деталями великої маси і складеними вузлами; стаціонарну диференційовану, що відзначається великою кількістю промислових робіт і деталей, з яких складається вузол; складальну лінію, в якій об'єкт виробництва переміщується з позиції на позицію, де виконуються окремі переходи; поточну лінію складання, в якій міжопераційні переміщення вузла здійснюють ті самі ПР, які виконують операцію складання. У виробництві трапляються більш складні організаційні форми складальних комплексів, до яких входять різні варіанти розглянутих структур.

При проектуванні ГАСВ відповідальна задача - визначення гнучкості складальної системи. Під цим терміном розуміють здатність системи швидко і цілеспрямовано змінювати свої технологічні можливості переналагоджуванням при переході до складання нових виробів. Ступінь гнучкості визначається різноманітністю конструкції виробів, що складаються, часом і трудомісткістю переналагоджування, можливістю перерозподіляти технологічні функції при пошкодженні одного чи декількох елементів системи.

До передпроектної стадії створення ГАСВ входять аналіз номенклатури виробів, що складаються, та їх елементів, групування виробів за конструктивно-технологічними ознаками на базі спільності складального обладнання, що застосовується; розробка групових технологічних процесів складання. При групуванні враховують масо-габаритні та геометричні характеристики об'єктів складання, спільність поєднуваних та базових поверхонь, спільність складальних операцій і рухів, спільність принципів базування і орієнтування об'єктів складання, спільність налагоджування обладнання, обсяг партій виробів, що складаються. Вироби, об'єднані в складальні групи, аналізують на технологічність, в результаті чого можуть бути внесені зміни щодо конструкції і технології виробництва окремих виробів.

Потім розробляються групові і уніфіковані процеси складання, розраховується необхідна кількість обладнання, оснащення і робочої сили, визначаються нормативні параметри процесу складання, розраховуються

оптимальні партії' запуску, число переналагоджень, графіки подачі об'єктів, що складаються, комплектуючих; виробів складального інструмента і оснащення.

Основне технологічне обладнання гнучких складальних комплексів - ПР, які характеризуються великою гнучкістю і швидкодією, управляються за програмою і легко переналагоджуються на виконання різних складальних робіт. Ефективність роботи складальних роботів залежить від рівня технологічної підготовки складальних процесів, стандартизації та уніфікації захватів, маршрутів складання, засобів базування деталей, що приєднуються, механізмів автопошуку, допоміжних пристроїв, що обслуговують робот, зміцнення конструкцій роботів і їх технологічного обслуговування, підвищення надійності їх роботи і точності виконуваних рухів.

У практиці складання поширені складальні роботи, що мають прямокутну просторову і полярну циліндричну об'ємну систему координат, що забезпечує високу точність позиціонування і значний робочий простір. Проте такі роботи нездатні передрати великі складальні одиниці у вертикальному напрямі. Крім того, при маніпулюванні важкими деталями у них швидко зношується вузол висування руки, що знижує точність позиціонування. Роботи порталного тилу, що мають прямокутну просторову систему координат, мають високі жорсткість і динамічну стійкість, однак вони мають суттєвий недолік - громіздкість конструкції і обмежений робочий простір.

У сучасних конструкціях роботів усе частіше починають застосовувати ангулярну циліндричну і сферичну системи координат. Це дозволяє створювати складальне обладнання з широким робочим діапазоном, високими жорсткістю конструкції і точністю позиціонування.

При виборі оптимальної конструкції складального робота слід враховувати, що чим простіша його конструкція, тим легше його технічне обслуговування і менша вірогідність виникнення відмов.

Щоб забезпечити високу ефективність роботизованої системи складання, необхідно виявити відповідність конструкцій деталей, що складаються, з'єднань і виробів вимогам роботизованого складання; якщо необхідно виконати роботи з підвищення технологічності конструкцій деталей, що складаються, з'єднань і виробів у роботизованому складанні; виявити і проаналізувати раціональні технологічні процеси складання і визначити можливості скорочення витрат праці на всіх технологічних переходах і операціях; з проектувати оптимальний технологічний процес з урахуванням передачі об'єктів, що складаються, і зв'язку з попереднім і наступним технологічними процесами.

Крім типових складальних операцій робот виконує упаковку,

розподіляє краплі рідких препаратів, нарізує різьбу і свердлить отвори невеликого діаметра, чеканку. Це розширює його можливості при виконанні комплексу складальних робіт.

Високопродуктивні складальні роботи дозволяють створювати складальні модулі і комплекси з високим ступенем гнучкості і широкими технологічними можливостями. Гнучкий складальний комплекс касетного типу, який застосовується у малосерійному та серійному виробництві для складання різних близьких за конструкцією виробів, показаний на рис. 86. Деталь з ділянки механічної обробки подається до складального комплексу конвейером 2 в касетах 4. Із них деталі переносяться до касет 3 маніпулятором 20, котрий комплектує їх відповідним чином.

Для захвату різних за конфігурацією деталей маніпулятор оснащений системою автоматичної зміни захватів.

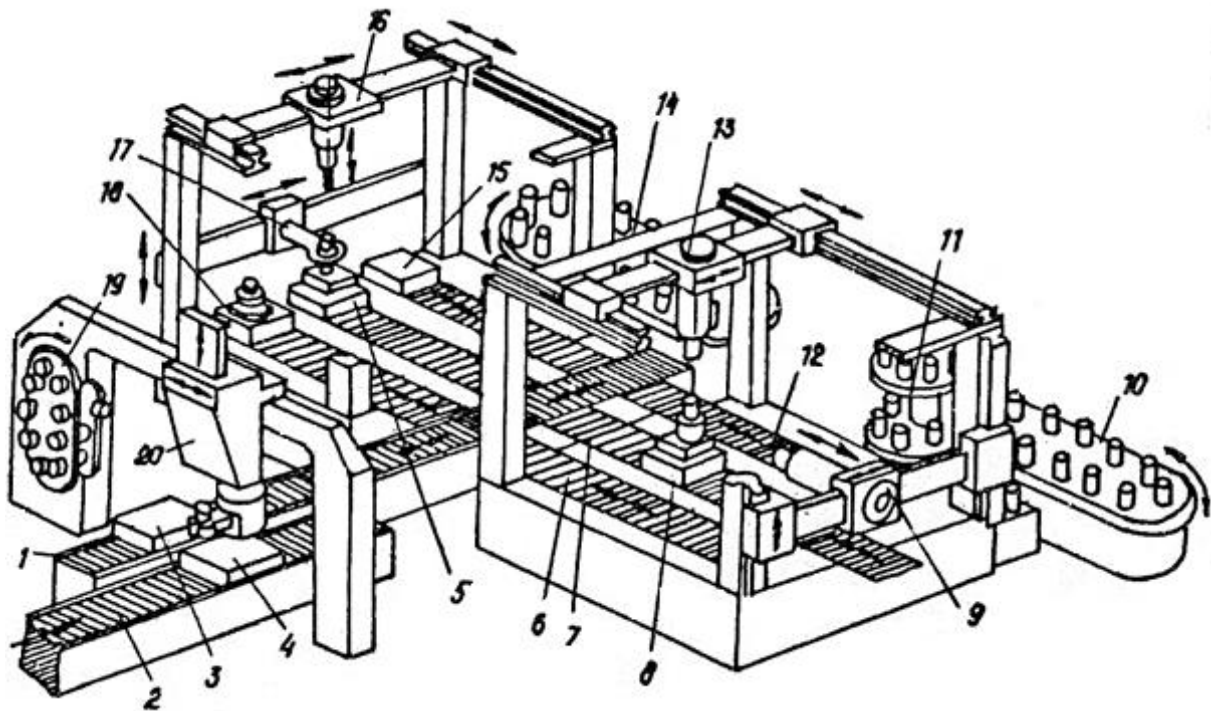


Рис. 86. Гнучкий складальний центр

Укомплектовані деталями касети переміщуються конвейерами 1, 6 і 12 до місця захвату першої і другої складальних позицій. На першій позиції складання деталі захвачуються із касет 15 і 18 і орієнтуються відносно складального пристосування 5 захватно - орієнтуючим пристроєм 17. Деталі встановлюється і запресовується пристроєм 16, який може переміщуватись у напрямках координатних осей x , y , z . Пристрої 16 і 17 обладнані системами автоматичної заміни захватів і складальних

інструментів. Після виконання складальних операцій на першій позиції виріб разом з пристосуванням переміщується конвейером 7 на другу позицію складання, де встановлені різьбозагвинчувальний пристрій 9 і гвинтоверт 13, що переміщується у напрямку осей. Ці пристрої обладнані системами автоматичної зміни складальних інструментів. Після виконання операцій на другій складальній позиції складений (півскладений) виріб виводиться за межі складального комплексу конвейером 7.

Щоб створити глибоке автоматизоване складальне виробництво, необхідно вирішити багато науково-технічних проблем, пов'язаних із розробкою наукових принципів модульної побудови ГВС складання (ГВСС), створенням типових компоновок, типажів і конструкцій уніфікованих типових модулів ГВСС, з урахуванням їх технологічної сумісності в різних галузях промисловості; організацією централізованого виробництва всієї номенклатури типових модулів ГВСС з урахуванням потреб, розробкою високоефективних конструкцій адаптивних складальних роботів, а також їх вузлів на модульній основі, розробкою нових методів і форм організації складальних процесів для різних виробництв з урахуванням психофізіологічних факторів.

Контрольні запитання для самоперевірки

1. Які основні задачі технологічної підготовки виробництва?
2. Які основні вимоги і принципи створення системи ТПВ?
3. Що таке банк даних технологічного призначення?
4. Які функції виконують бази даних технологічного призначення?
5. Для чого використовується інформаційно-пошукові системи?
6. Як будується типові бази даних обладнання, інструментів, транспортних засобів?
7. Чим характеризується групові форми виробництва?
8. На які групи поділяється деталі?
9. Що таке комплексна деталь?
10. Як будується матриця групового технологічного процесу?
11. Які ознаки використовується при групуванні деталей?
12. Які заходи вживаються на підприємстві при впровадженні групового виробництва?
13. Які основні задачі уніфікації технологічних об'єктів?
14. Які основні методики групування деталей?
15. Яке значення процедури оцінки технологічності деталі?
16. Як змінюються вимоги до технологічності деталей при використанні обладнання з ЧПК?
17. Як робиться кількісна оцінка технологічності деталі?
18. Які основні особливості заготівельного виробництва в ГВС?
19. Які основні методи застосовуються при автоматизованому проектуванні ТП?
20. В чому полягає ситуативне проектування ТП для ГВС?
21. Яка структура основних САПР ТП, що застосовуються в ГВС?
22. Що таке управляюча програма?
23. Що таке препроцесор, процесор і постпроцесор?
24. Які види САП застосовуються при підготовці УП?
25. Чим відрізняються САП для верстатів з ЧПК і промислових роботів?
26. Який вплив на автоматизацію складання мають тип і характер виробництва?
27. Які основні етапи має технологічна підготовка автоматизованого складання?
28. Яка структура ГТКС?
29. Які типи промислових роботів застосовуються при складанні?
30. Які основні проблеми необхідно вирішити для створення гнучкого складального виробництва?

5. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ

5.1. Задачі та основні напрями організаційно - технологічної підготовки виробництва

Створення гнучкого інтегрованого виробництва потребує нових підходів в організації ТП і підприємства в цілому. Задачі розширеного відтворення і підвищення продуктивності праці розв'язуються не за рахунок освоєння нових виробничих потужностей, а за рахунок інтенсифікації використання наявного обладнання, прискорення оборотності оборотних засобів, раціоналізації кожного робочого місця, забезпечення ритмічності роботи підприємства, застосування „безпаперової” технології, підвищення ефективності використання обладнання за рахунок збільшення коефіцієнтів змінності і завантаження. В умовах інтенсивного розвитку техніки і технології необхідні підвищення мобільності виробництва і гнучка організація праці [13, 62].

У сучасних умовах організації виробництва обсяг його поточних форм (масового і великосерійного типів) постійно зменшується. Це відбувається під впливом ряду факторів, таких як: розширення і збільшення нових видів продукції; часта змінюваність виробів; багатомономенклатурність виробів, складальних одиниць, деталей; зниження обсягу випуску окремих виробів зі збільшенням обсягу інших і т.д. Бурхливий розвиток обчислювальної техніки і програмування, використання сучасних верстатів з ЧПК (оброблювальних центрів), групові технології спільно з робототехнікою дозволили створити базу для переходу до ГАВ і до масового впровадження гнучких виробничих систем (ГВС) в умовах серійного, дрібносерійного і одиничного виробництва [13, 62].

В умовах ГАВ увесь ТП механічної обробки деталі здійснюється на одній ГВС, яка перетворюється на колективне робоче місце. Це зумовлює перехід від організації виробництва на автономних робочих місцях до колективних робочих місць, від функціональних до багатопредметних ділянок, призначених для обробки групи деталей. Таким чином, централізація і групова предметна організація праці є організаційно-технологічною основою гнучкого виробництва і одним з основних напрямків вдосконалення організації виробництва [61].

Особливістю інтегрованих виробництв є наявність нової складової. Це комп'ютерні системи управління, а також широке застосування інформаційних технологій, що дає можливість об'єднувати окремі виробничі процеси, функції і поставлені завдання в загальну систему для

підвищення ефективності виробництва. Подальший розвиток робіт в даному напрямку в кінці 1980-х - початку 1990-х років призвело до появи поняття комп'ютеризованого інтегрованого виробництва (КІВ). Концепція КІВ мала на увазі новий підхід до організації та управління виробництвом, новизна якого полягала не тільки в застосуванні комп'ютерних технологій для автоматизації технологічних процесів і операцій, але в створенні інтегрованої інформаційної системи управління виробничою діяльністю підприємства. Передбачалося, що досягнення інформаційної інтеграції виробничо-технологічних процесів можливо здійснити на основі використання загальних баз даних, що дозволяють більш ефективно вирішувати питання розробки і проектування виробів, інженерної підготовки, планування і регулювання виробництва, вирішення завдань матеріально-технічного забезпечення, охоплюючи таким чином всі бізнес-процеси підприємства [16, 57, 59, 107].

Від впровадження КІВ очікувалося: зменшення розмірів підприємств, збільшення коефіцієнта використання устаткування і зниження накладних витрат, значне зменшення обсягу незавершеного виробництва, скорочення витрат на робочу силу в результаті організації „безлюдного” виробництва, прискорення змінюваності моделей продукції, що випускається відповідно до вимог ринку, скорочення термінів поставок продукції та підвищення її якості [26, 31, 57].

Невдачі в реалізації ідей і принципів КІВ, так само як і багатьох проектів з розробки автоматизованих систем управління виробничими процесами (АСУПВ) в 1980-90-х рр. були обумовлені тим, що в їх концепцію спочатку закладений принцип максимально можливий мірі автоматизації управління, практично повністю виключає участь людей-операторів (осіб що приймають рішення) в управлінні виробництвом.

Прихильники заміни природного інтелекту людини штучним для вирішення різних практичних завдань спочатку обмежилися вивченням закономірностей поведінки об'єктів управління (через їхню складність) на основі порівняння вхідних впливів і вихідних результатів, ігноруючи при цьому їх внутрішній устрій. Даний методологічний підхід, відомий як принцип „чорного ящика”, отримав широкий розвиток в теорії автоматичного управління і забезпечив задовільні результати в створенні технічних пристроїв [104]. Спроби розширити межі його застосування до рівня управління складними системами за участю активних елементів (людей) виявилися безрезультатними. Ідея заміни людини машиною поставило перед дослідниками і розробниками КІВ складне завдання адекватного уявлення в машинній середовищі знань про реальні об'єкти і процеси. Рішення такої задачі за допомогою апарату теорії автоматичного управління та методів класичної математики практично не можливо в

переважній більшості випадків. Спроби вирішення задач управління за допомогою обмеженого інтелекту ЕОМ з класичною архітектурою призводять до грубих помилок в оперативному регулюванні складного динамічного процесу виробництва.

Використання ГВС повинно сприяти збереженню безперервності і ритмічності таких багатомономенклатурних виробництв, підвищенню якості продукції, що випускається, продуктивності праці і скороченню чисельності робітників-операторів.

У гнучкому інтегрованому виробництві з'являється можливість використання переваг різноманітних типів виробництва і форм організації праці. Так, масове виробництво стає більш мобільним, одиничне - більш продуктивним за рахунок високого ступеня автоматизації. Мобільність і продуктивність серійного виробництва за рахунок виконання різних видів обробки і широкої номенклатури деталей на одному робочому місці без переналагодження за відсутності регулярності чергування операцій, що характерне для одиничного виробництва. Рациональне об'єднання основних і допоміжних технологічних операцій в єдиний процес можливе на основі високої організації виробництва за допомогою засобів електроніки і обчислювальної техніки. Гнучкість і комп'ютеризація є організаційно-управлінською основою гнучкого виробництва і напрямком подальшого вдосконалення організації виробництва.

У сучасних умовах підвищення ефективності народного господарства потребує, з одного боку, індивідуалізації, а з іншого - збільшення серійності, масовості виробництва. Розв'язання цього протиріччя полягає у максимальній уніфікації виробництва, створенні машин на основі агрегатно-модульного принципу, випуску багатофункціональної техніки, переході на комплектне постачання технологічних систем і комплексів машин. Це вимагає розширення предметної подетальної і повузлової спеціалізації і кооперування виробництва, ефективного поєднання зі спеціалізованими заводами механоскладальних підприємств. Висока ефективність такого виробництва досягається в процесі створення гнучких інтегрованих підприємств. Гнучке виробництво з елементами повузлової спеціалізації і диверсифікації ставить організаційно-економічні зв'язки над рамками розвитку машинобудівного виробництва.

З впровадженням ГВС змінюється структура виробництва, тобто склад і розміщення основних, допоміжних виробництв, а також форма їх взаємовідношень. Технологічна форма спеціалізації цеху поступається місцем предметній формі як більш прогресивній, сучасній тенденції вдосконалення виробничої структури машинобудівного підприємства. Починає розвиватися безцехова форма організації виробництва за рахунок ін-

теграції обладнання і ТП, а також встановлення управлінських зв'язків і автоматизованих матеріальних потоків між ГВС та іншими підрозділами механообробного виробництва.

Організація ГАВ підпорядковується таким загальним принципам:

пропорційності, тобто забезпеченню однакової пропускної спроможності різноманітних ГВС за рахунок перерозподілу навантаження між ними;

спеціалізації, тобто певному розподілу робіт між різними цехами, ділянками, окремими ГВС і ГВМ;

стандартизації, що є головним інструментом скорочення номенклатури оброблюваних деталей;

ритмічності, що полягає в забезпеченні випуску продукції за графіком;

прямоточності, що забезпечує рух матеріальних потоків у ГВС найкоротшим шляхом;

автоматичності, що забезпечує роботу технологічного обладнання в автоматичному режимі;

безперервності, що ліквідує чи значно скорочує різні перерви у випуску продукції;

паралельності, що полягає в одночасному виконанні різних частин виробничого процесу.

Гнучкі виробничі системи відрізняються від технічних систем, що складаються з універсального обладнання і автономно працюючих верстатів з ЧПК і від виробництв, обладнаних верстатами-автоматами і полуавтоматами в автоматизованих і роторних лініях (АЛ, РЛ і ін.) з механічним зв'язком. Від виробництв, оснащених універсальним обладнанням і верстатами з ЧПК, ГВС відрізняються високою продуктивністю обладнання та праці як за рахунок одночасного виконання багатьох операцій виробничого процесу з однієї установки оброблюваного предмета праці, так і за рахунок того, що ГВС може працювати в автоматичному режимі цілодобово. Від автоматичних ліній ГВС відрізняється гнучкістю в широкому сенсі слова, що дозволяє обробляти в ньому широку номенклатуру виробів і швидко зміню об'єктів виробництва.

Володіючи широкою гнучкістю, ГВС забезпечує високу продуктивність обладнання, що наближається до рівня продуктивності автоматичних ліній і ліній, скомпонованих з спеціалізованих верстатів. Основний показник ГВС - ступінь гнучкості - може бути визначений величиною витрачається часу, кількістю необхідних додаткових витрат, при переході на випуск виробів певного найменування, а також широтою номенклатури продукції, що випускається.

Поняття ступіню гнучкості виробничої системи - це не однозначний,

а багатокритерійний показник. Залежно від конкретної розв'язуваної задачі ГВС висуваються різні аспекти гнучкості:

1) машинна гнучкість - простота перебудови технологічного обладнання для виробництва заданої множини виробів кожного найменування;

2) технологічна гнучкість - здатність системи виробляти заданий безліч деталей кожного найменування різними варіантами технологічного процесу;

3) структурна гнучкість - можливість розширення ГВС за рахунок введення нових додаткових технологічних модулів, а також можливість об'єднання декількох систем в єдиний комплекс;

4) гнучкість за обсягом випуску - здатність системи економічно виготовляти вироби кожного найменування при різних розмірах партій запуску і може бути охарактеризована мінімальним розміром партії, при якому використання системи залишається економічно ефективним;

5) гнучкість за номенклатурою - здатність системи до оновлення випуску продукції, вона характеризується термінами і вартістю підготовки виробництва деталей нового найменування. У дрібносерійному виробництві в якості показника гнучкості номенклатури можна прийняти максимальний коефіцієнт оновлення продукції, при якому використання системи залишається економічно ефективним.

Важливе значення для забезпечення гнучкості по номенклатурі має уніфікація конструктивних і технологічних рішень, що досягається за рахунок автоматизації процесів конструювання виробів і технологічної підготовки виробництва, а також широкого застосування принципів групової технології, що є технологічним фундаментом сучасних механообробних виробництв.

Перераховані види гнучкості тісно пов'язані між собою і поліпшення одного показника гнучкості може викликати погіршення іншого. Тому при зіставленні різних ГВС, особливо при аналізі варіантів на стадії проектування, бажано користуватися не якісними оцінками, а деякою системою кількісних характеристик, так як створення ГВС, що володіють високою гнучкістю по всіх перерахованих показників, є не тільки технічно неможливим, а й економічно недоцільним. Оскільки, кожна ГВС розробляється для потреб конкретного підприємства, цеху, дільниці, вона виявляється спеціалізованою не тільки за своїм технологічним призначенням, але і по виробничим задачам, які вирішуються.

У загальному вигляді під гнучкою виробничою системою (рис. 87) розуміється автоматизоване виробництво, побудоване на сучасних технічних засобах (верстатах з ЧПК, роботизованих технологічних комплексах, гнучких виробничих модулях, транспортно-накопичувальних і

складських системах і т.д.), здатне забезпечувати випуск широкої номенклатури однорідної тільки по своїм основним конструктивним і технологічним параметрам і яке здатне безінерційно переходити на випуск нових виробів будь-якого найменування. До числа основних факторів, що забезпечують функціонування ГВС, відносяться:

- 1) комплексна автоматизація всіх основних і допоміжних технологічних операцій;
- 2) програмне переналагодження технологічного устаткування;
- 3) оперативна (автоматизована) конструкторсько-технологічна та організаційно-економічна підготовка виробництва;
- 4) автоматизація управління виробничо-технологічними процесами, що здійснюється в режимі реального часу;
- 5) реалізація і оптимізація оперативно-виробничого планування, що дозволяє отримати максимальне завантаження устаткування, мінімізувати виробничий цикл і забезпечити комплектність деталей і складальних одиниць для складання;
- 6) групова технологія обробки деталей.

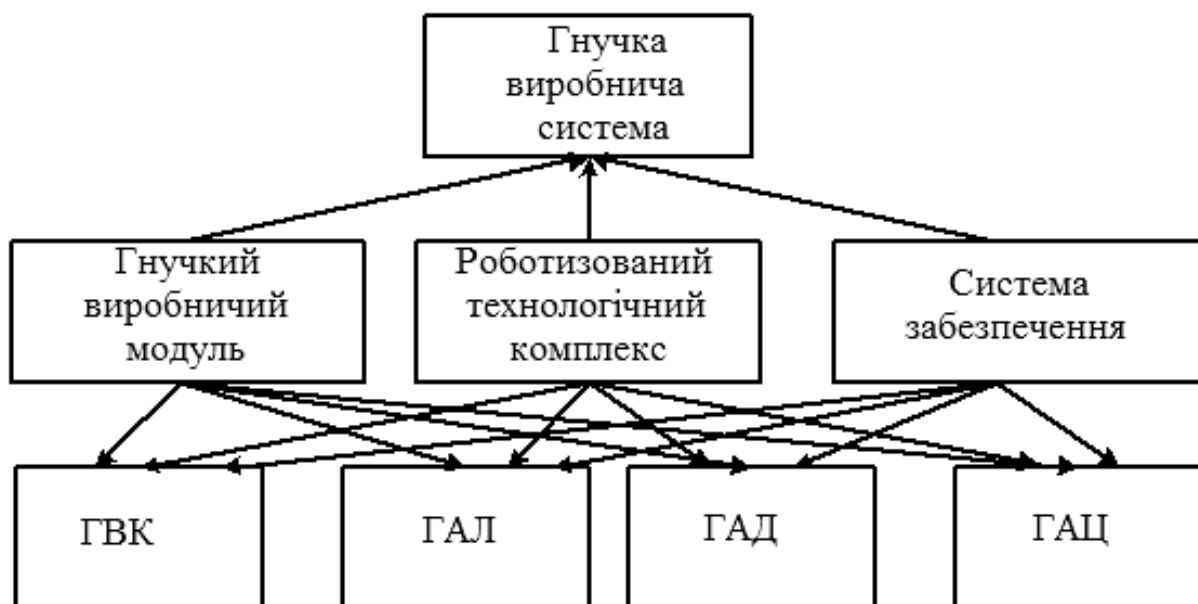


Рис. 87. Структура гнучкої виробничої системи:
 ГВК - гнучкий виробничий комплекс; ГАЛ - гнучка автоматизована лінія;
 ГАД - гнучка автоматизована ділянка; ГАЦ - гнучкий автоматизований цех

Реалізація названих чинників забезпечується за рахунок функціональних елементів ГВС, які можна розділити на дві групи:

- виробничо-технологічні функціональні елементи ГВ, які становлять виробничо-технологічну частину ГВС;
- електронно-обчислювальні функціональні елементи ГВ, які

складають інформаційно-обчислювальну та керуючу частину ГВС.

При проектуванні виробничо-технологічної частини ГВС, як правило, використовують блочно-модульний принцип на різних організаційних рівнях системи (рис. 86).

Основними елементами виробничо-технологічної частини ГВС є: гнучкий виробничий модуль (ГВМ), роботизований технологічний комплекс (РТК) і система забезпечення.

Гнучкий виробничий модуль (ГВМ) - це одиниця технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик з ЧПК, яка автономно функціонує і автоматично здійснює всі функції, пов'язані з виготовленням продукції і має можливість вбудовуватися в більш складну ГВС.

До складу ГВМ входять спеціальне технологічне обладнання (від одного до трьох верстатів з ЧПК); контрольно-вимірювальна апаратура та установки; промислові роботи і маніпулятори; засоби автоматизації технологічного процесу; засоби ідентифікації деталей, заготовок, інструменту та оснастки.

Роботизований технологічний комплекс (РТК) - це сукупність одиниць технологічного обладнання від 3 до 10 верстатів з ЧПК, роботів і засобів їх оснащення. Цей комплекс автономно функціонує і здійснює багаторазові цикли. Призначені для роботи в ГВС роботизовані комплекси повинні мати автоматизовану переналадку і можливість вбудовуватися в ГВС. Як засоби оснащення вони можуть бути пристроями накопичення, орієнтації, поштучної видачі об'єктів виробництва і т. д.

Таким чином, основними характеристиками ГВМ і РТК є:

- здатність працювати автономно, без участі людини;
- автоматично виконувати всі основні і допоміжні операції виробничого процесу;
- гнучкість, яка задовольняє вимоги одиничного і дрібносерійного виробництва;
- простота налагодження, усунення відмов основного обладнання та системи управління;
- сумісність з обладнанням традиційного і гнучкого виробництва;
- велика ступінь завершеності обробки деталей з одного установа;
- висока економічна ефективність при правильній експлуатації.

В даний час створюються і експлуатуються ГВС повного технологічного циклу, на яких деталі або вироби обробляються (виготовляються) зі 100%-ою готовністю, і ГВС неповного циклу, коли для завершення виготовлення деталі потрібні додаткові операції, що виконуються поза даної системи. Відповідно до цього створюються більш складні ГВС у вигляді гнучких виробничих комплексів (ГВК), гнучких

автоматизованих ліній (ГАЛ), гнучких автоматизованих ділянок (ГАД), гнучких автоматизованих цехів (ГАЦ) - і гнучких автоматизованих заводів (ГАЗ).

ГВК - ГВС, що складається з декількох ГВМ (1/3 парку від 6 до 10, а решта - 11 і більше ГВМ) або РТК, об'єднаних АСУ та автоматизованої транспортно-складської системою (АТСС), яка автономно функціонує протягом заданого часу і має можливість вбудовуватися в систему більш високого рівня автоматизації.

ГАЛ - ГВС, що складається з декількох ГВМ або РТК, об'єднаних АСУ, в якій технологічне устаткування розташовується в прийнятій послідовності технологічних операцій уздовж автоматизованої транспортно-накопичувальної системи.

ГАД - ГВС, що складається з декількох ГВМ, РТК, ГАЛ і окремих одиниць спеціального технологічного обладнання, автоматизованої транспортно-накопичувальної системи, об'єднаних АСУ в гнучку ділянку, в якій передбачено зміну послідовності використання технологічного обладнання в межах заданого технологічного маршруту.

ГАЦ - ГВС, що об'єднує ГАД (або ГАЛ), допоміжні ділянки і окремі ГВМ, ГВК, АТСС і керована автоматизованою системою.

ГАЗ - ГВС, що складається з ГАЦ заготівельного виробництва, ГАЦ обробної і складальної стадій, автоматизованих складів матеріалів, заготовок, комплектуючих виробів, готових деталей і виробів, автоматизованої транспортної системи (АТС), об'єднаної АСУ.

Система забезпечення функціонування ГВС в автоматичному або автоматизованому режимі включає:

а) автоматизовану транспортно-складську систему - систему взаємопов'язаних автоматизованих транспортних і складських пристроїв з установкою в транспортній тарі для тимчасового накопичення, розподілу та доставки предметів виробництва та технологічної оснастки до ГВМ, РТК або іншому технологічному обладнанню в ГВС;

б) автоматизовану систему інструментального забезпечення (АСІЗ), що здійснює підготовку, зберігання, автоматичну заміну інструменту;

в) автоматизовану систему стеження за зносом і поломками інструменту (АССІ);

г) автоматизовану систему забезпечення надійності, яка здійснює спостереження за станом обладнання (АСЗНО);

д) автоматизовану систему управління якістю продукції (АСУЯП);

е) автоматизовану систему видалення відходів виробництва (АСВВВ).

Виробничо-технологічна частина ГВС призначена для виконання всіх основних і допоміжних технологічних процесів і операцій над

елементами матеріального потоку.

Основними елементами інформаційно-обчислювальної і керуючої частини ГВС є:

система автоматизованого проектування (САПР);

автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АСТПВ);

автоматизована система управління технологічними процесами (АСУТП);

автоматизована система наукових досліджень (АСНД); локальні системи управління (ЛСУ);

автоматизована система управління підприємством (АСУП), що забезпечує автоматизоване організаційно-економічне, управління гнучким автоматизованим виробництвом.

Часткова або повна інтеграція виробничо-технологічної частини ГВС з функціональними системами інформаційно-обчислювальної і керуючої частин в єдину виробничу систему перетворює її в гнучке автоматизоване виробництво (ГАВ).

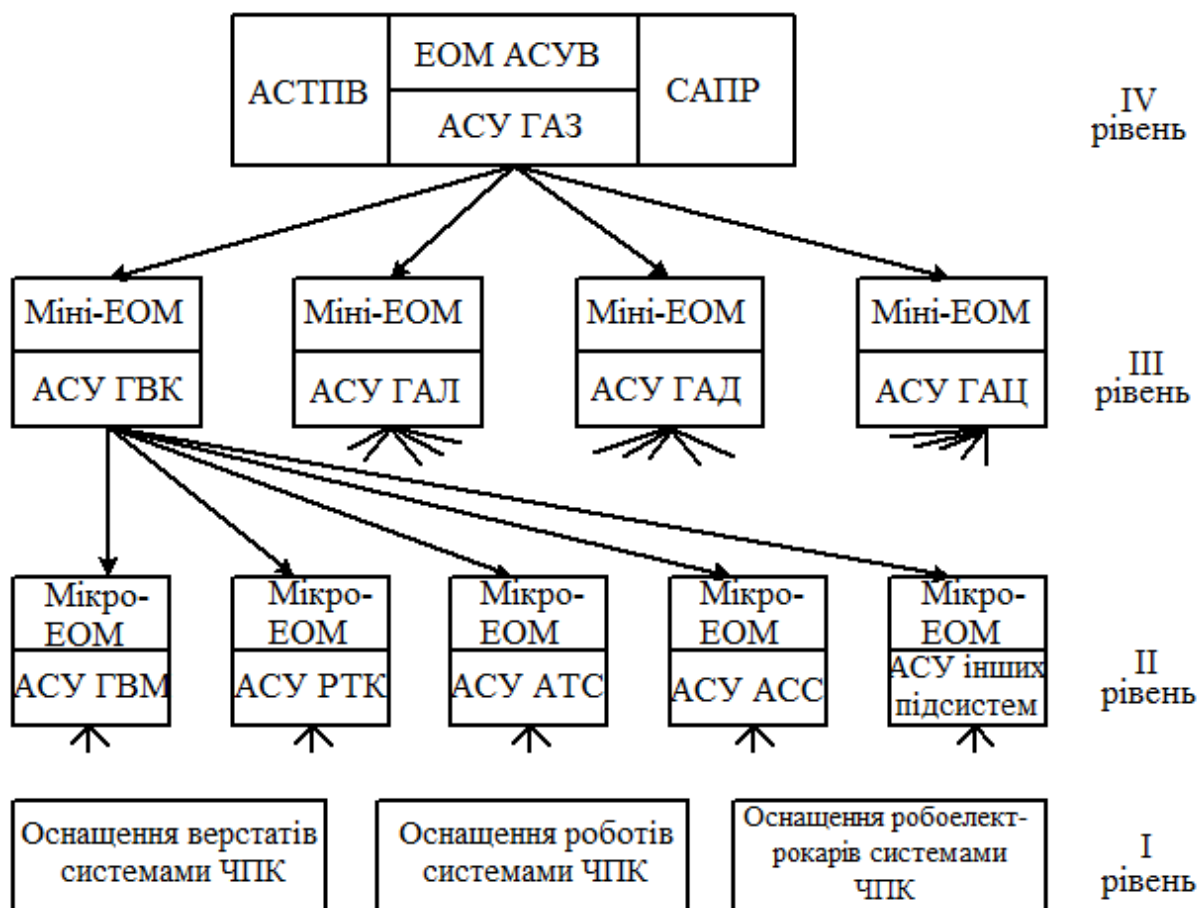


Рис. 88. Структурна схема автоматизованої системи керування гнучкою виробничою системою

Інформаційно-обчислювальна та керуюча частини ГВС забезпечують управління та координацію діяльності виробничо-технологічних функціональних елементів системи, яка реалізується ієрархією ЕОМ (рис. 88).

На першому рівні ієрархії управління використовуються системи ЧПК. З їх допомогою управляються верстати та інше технологічне обладнання, промислові роботи, роботоелектрокари та інші транспортні системи.

На другому рівні використовуються мікро-ЕОМ типу «Електроніка» та інші програмно сумісні з нею ЕОМ. З їх допомогою управляються ГВМ, РТК, АТС, АСС і інші системи що забезпечують роботу даних комплексів.

На третьому рівні використовуються міні-ЕОМ типу СМ-1420 і інші програмно сумісні з ними ЕОМ. Міні-ЕОМ керують групами модулів (ГВК, ГАЛ, ГАД, ГАЦ). У механообробці в середньому однієї мікро-ЕОМ може бути підпорядковане до чотирьох верстатів з ЧПК або один ГВМ, а ці групи верстатів (ГВМ), в свою чергу, підпорядковуються міні-ЕОМ наступного рівня, яка може об'єднувати в середньому до восьми мікро-ЕОМ попереднього рівня.

На цьому рівні за допомогою міні-ЕОМ здійснюються зберігання програм та іншої інформації, реалізація оперативно-календарного плану, реєстрація поточного стану виробництва, контроль за несправністю обладнання і т.д.

На четвертому рівні використовується ЕОМ типу ЄС в складі АСУВ. На всіх етапах розробки гнучкі виробничі системи розглядаються як складні виробничі системи, до складу яких входять виробничо-технологічні і електронно-обчислювальні елементи ГАВ, предмети праці і обслуговуючий персонал, а також система управління. Завдання проектування полягає в тому, щоб забезпечити високі техніко-економічні показники не тільки кожного елемента ГВС, але і всієї системи в цілому.

Широкий розвиток і впровадження ГВС відкривають шляхи для створення машинобудівного підприємства майбутнього - (ГАЗ) гнучкого автоматизованого заводу, який є повністю інтегральним виробництвом, що включає в єдину систему всі необхідні функціональні підсистеми, які забезпечують безперервний випуск високоякісної продукції (АСНД, САПР, АСТПВ, АСУВ, ГВС) заготівельного виробництва, ГВС механообробки, ГВС термообробки, ГВС зварювання, ГВС фарбування, ГВС випробовування та інше, АСК - діловодства, АСК обслуговування і утримування обладнання, АСК головного механіка та інше.

На рис. 89 показано схему інтеграції основних функціональних частин ГАЗ: технічної підготовки, власне виробництва і організації керування виробництвом.

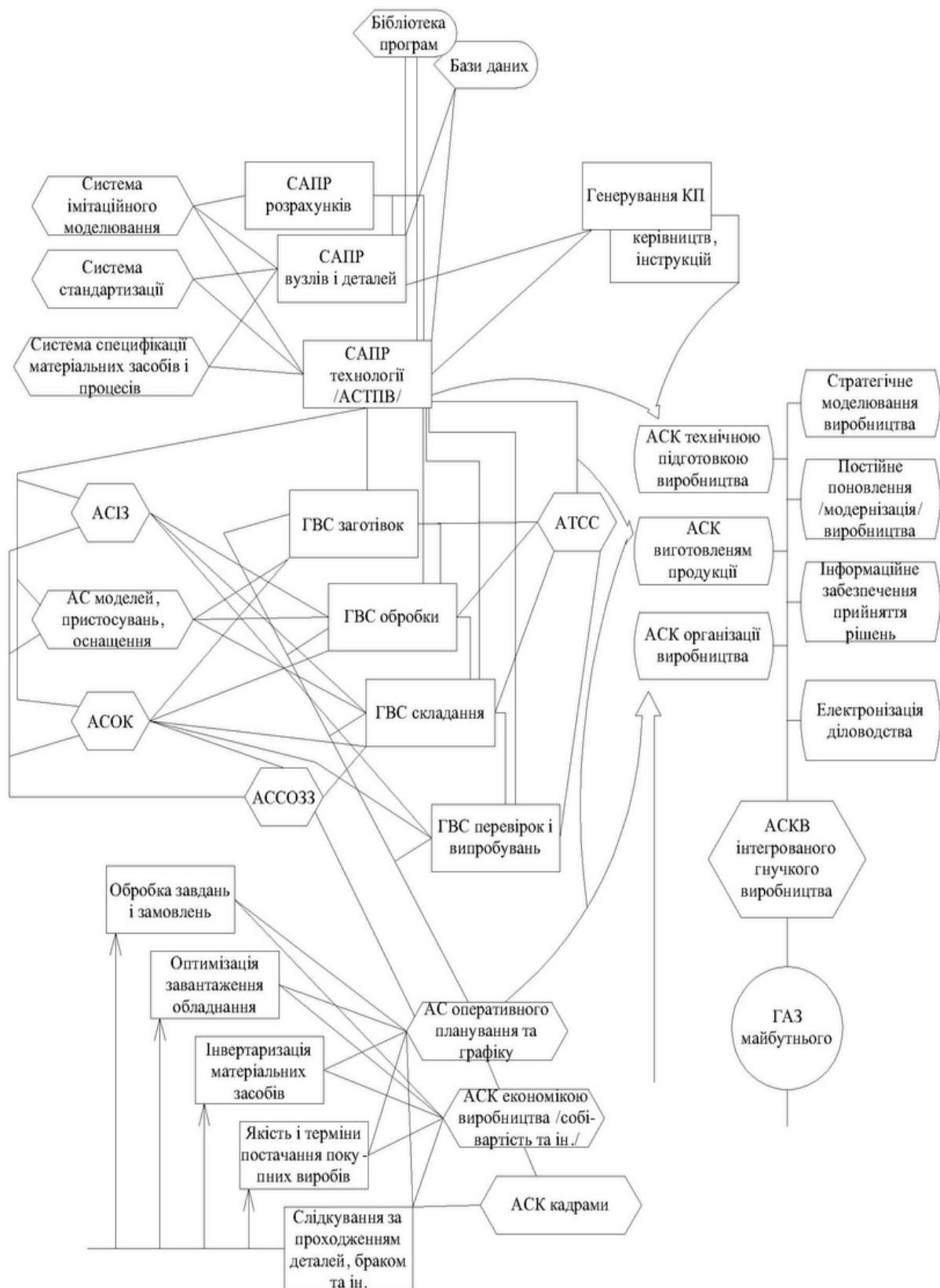


Рис. 89. Схема інтеграції основних функціональних підрозділів ГАЗ майбутнього

На заводі майбутнього відбудеться зміщення центра ваги розв'язання багатьох виробничих проблем зі стадії виробництва на стадію технічної підготовки, коли конструктор і технолог саме на цій стадії своїми рішеннями будуть забезпечувати успіх на всіх наступних стадіях виробництва.

У процесі створення машинобудівних підприємств майбутнього має вирішитись ціла низка серйозних науково-технічних завдань. Уже зараз з'явилась настійна необхідність створення заводів переважно подетальної і технологічної спеціалізації. Цей напрямок торкнеться і верстатобудівного виробництва, спрямованого на випуск технологічного обладнання ГВС: обробляючих центрів, ГВМ і др. [46, 66, 67, 68].

У зв'язку з цим цікавим є напрямок по створенню автоматичних загально-галузових банків даних деталей, вузлів, стандартного інструменту, оснащення, пристосувань, технологічних переходів і бібліотек пакетів прикладних програм. Успіх цієї важливої роботи залежить від координації зусиль багатьох галузей промисловості, правильної орієнтації на обчислювальну техніку, що застосовується, єдиної стратегії налагодження банків даних. Щоб розв'язати такі серйозні завдання, необхідно розробити єдину проблемно-орієнтовану математичну мову для описування об'єктів виробництва, виробничих процесів, програмування і керування підсистемами ГВС.

Необхідний подальший розвиток систем імітаційного моделювання ГВС і ГАЗ у цілому. Побудова надійних і достовірних імітаційних моделей дасть змогу уже на стадії проектування розв'язати цілий комплекс виробничих завдань, що неминуче виникають при функціонуванні такого складного організму, як ГАЗ.

Рішення проблем безлюдних виробництв пов'язане з комплексом НДР у галузі надійності машин, систем технічної діагностики, методів і систем самодіагностики обладнання. Вимагає рішення проблема підвищення „гнучкості” РІ. Зараз виконуються роботи щодо оптимізації загальної його номенклатури з метою забезпечення можливості обробки різноманітних деталей меншою кількістю інструменту, виконання великої кількості технологічних переходів. Наукові дослідження мають бути спрямовані на підвищення стійкості інструменту, пошук нових зносостійких матеріалів і покриттів, автоматизацію настроювання інструменту на заданий розмір.

Подальший розвиток отримає адаптивне керування технологічним обладнанням, що забезпечує отримання високоякісних деталей без зупинки верстата. З цією метою необхідно розробити стандартну гаму датчиків, здатних визначати стан ріжучих властивостей РІ:

- датчиків рівня вібрації, звуку;

- датчиків, за сигналами яких можна визначати стан якості продукції та адекватності протікання процесу;

- датчиків, які мають саморегулюючі властивості і можуть виправляти виникаючі помилки.

Перспективним є розвиток робіт щодо створення систем штучного інтелекту, здатних на основі накопиченого досвіду приймати рішення у виробничих ситуаціях, що змінюються.

Слід всебічно розвивати заготівельне виробництво на основі програмно-керуючого обладнання, за допомогою якого можна було б створювати заготовки, за формою максимально наближені до готової деталі, випускати їх невеликими партіями за вимогою металорізального і складального виробництва.

Щоб створити заводи майбутнього, потрібні нові напрямки у виробництві технологічного обладнання, зокрема на агрегатно-модульній основі. Необхідно розробити теорію агрегатування машин, вивчити способи підвищення жорсткості верстатів, побудованих за модульним принципом, розробити і створити мікропроцесорні приводи подач, автоматичні пристрої, які б компенсували відтиснення робочих органів верстата, що дасть змогу створити обробляючі центри для чорнової і чистової обробки важких і легких деталей на одному верстаті.

Подальший розвиток оснащення має йти шляхом створення програми керованих пристосувань, які переналагоджуються автоматично, створення автоматичних машин встановлення і закріплення заготовок у пристосуваннях.

Необхідно розвивати загальні принципи створення і експлуатації ГАВ, спеціалізовані технологічні САПР, принципи автоматичного оперативного планування і контролю за графіком виробництва, принципи керування гнучким інтегрованим виробництвом і ГАЗ майбутнього.

Як було зазначено раніше, склад системи державних стандартів, які використовуються в ЄСТПВ і показаних на рис. 62, розбивається на п'ять класифікаційних груп.

Ці стандарти визначають використання технічних засобів механізації та автоматизації інженерно-технічних робіт, програмування і алгоритмізації вирішення завдань, організації інформаційного, математичного та технічного оснащення, правила сформування комплексно-автоматизованих систем, вибору об'єктів і черговості автоматизації вирішення завдань технологічної підготовки виробництва (ТПВ).

Тому в умовах ГВС, з метою рішення таких складних задач, необхідним є використання спеціальних автоматизованих систем, які вирішують ці задачі ТПВ в автоматичному або автоматизованому режимі.

Розробка документації по організації управління ТПВ виконується в три стадії: розробка технічного завдання, технічного та робочого проектів. Особливістю технологічної підготовки виробництва в умовах ГВС є технологічне проектування з використанням верстатів з ЧПК. Вона починається з опрацювання креслень з метою виявлення особливостей конструкції деталей для забезпечення кращого використання переваг обладнання з ЧПК. Цей етап підготовки переходить в етап проектування маршрутного технологічного процесу, який служить основою для розробки операційного технологічного процесу виготовлення деталі. Створення операційної технології полягає в графічному зображенні переміщенні інструменту за операціями, розробці детальних технологічних даних та необхідної розмірної ув'язці на так званій розрахунково-технологічній карті (РТК). РТК в даний час є основним технологічним документом для обробки деталей на верстатах з ЧПК. Наступним етапом є розробка керуючих програм. Процес програмування досить широко автоматизований. В організаційну структуру технологічних служб підприємств, на яких є значна кількість верстатів з ЧПК, включаються спеціалізовані підрозділи - відділи програмного управління.

Як вже зазначалося, що для ТПВ характерний інтенсивний документообіг між різними її підрозділами. Він включає в себе великий обсяг накопиченої інформації про складальні одиниці, деталі, заготовки, технологічній оснастці, технологічних процесах. Це, в свою чергу, викликає необхідність проведення ТПВ за допомогою автоматизації обчислювальних процесів і операцій з технологічними об'єктами. З цією метою в складі інтегрованого гнучкого автоматизованого виробництва повинна функціонувати автоматизована система технологічної підготовки виробництва (АС ТПВ). Вона вирішує всі завдання з проектування, аналізу, контролю, обліку і регулюванню технологічних процесів в автоматичному або автоматизованому режимі.

5.2. Організаційно-технологічні основи групового виробництва

Основою групового виробництва є прогресивна в техніко-економічному відношенні форма організації дискретних (переривчастих) виробничих процесів, економіко-організаційною основою якої є детальна (предметна) спеціалізація ділянок і цехів а технологічної складової - уніфікована групова (типова) форма організації технологічних процесів.

Як показали дослідження і практика роботи багатьох об'єднань і підприємств, групове виробництво, що формується на основі класифікації виробів, уніфікації технологічних процесів, в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва забезпечує можливість в

найбільш повніший мірі врахувати і реалізувати характерні для масового виробництва принципи раціональної організації виробничого процесу. Виробництво може бути реалізоване в різних організаційних формах.

Класифікація основних організаційних форм групового виробництва (яка наведена раніше) показана на рис. 63. Під термінами, що використовується на малюнку, слід розуміти: підприємство групового виробництва - об'єднання (підприємство), виробничі підрозділи якого складаються в основному з предметно спеціалізованих цехів, ділянок групового виробництва і групових поточкових ліній; цех групового виробництва - виробничий цех, спеціалізований для спільного виготовлення груп виробів (деталей); ділянка групового виробництва - виробнича ділянка, призначена для спільного виготовлення груп виробів (деталей) на спеціалізованих робочих місцях при груповій формі організації технологічних процесів; групова поточкова лінія - багатоміністерна поточкова лінія виготовлення груп виробів (деталей) на спеціалізованих робочих місцях, розташованих в послідовності виконання операцій групових технологічних процесів для усіх або більшості виробів (деталей).

Останнім ступенем спеціалізації є робочі місця, на яких виконуються технологічно однорідні групові операції.

Організація групового виробництва доцільна при виготовленні деталей, зборці виробів, їх ремонті в основних і допоміжних цехах в умовах одиничного, дрібносерійного і серійного виробництва. У багатосерійному і масовому виробництві метод групової обробки доцільно застосовувати при короткому циклі виготовлення виробу або при коефіцієнті закріплення операцій $K_{з.о} \geq 2$. Використання тієї або іншої форми організації групового виробництва у багатьох випадках диктується виробничою структурою підприємства, залежною від масштабу виробництва.

Рівень спеціалізації машинобудівних об'єднань і підприємств і їх підрозділів, включаючи і робочі місця, визначається поєднанням двох основних чинників - об'ємом виробництва і трудомісткістю продукції, які багато в чому визначають і організаційно-виробничу структуру виробництва.

Можна виділити три типи машинобудівних об'єднань і підприємств, що спеціалізуються на випуску готових виробів:

об'єднання (підприємства) з повним технологічним циклом, що мають в розпорядженні усю сукупність заготівельних і складальних цехів;

об'єднання (підприємства) механоскладального виробництва, одержуючи необхідні ним заготівлі в порядку кооперації з інших заводів;

об'єднання (підприємства) складального типу, що випускають готові вироби з деталей, що виготовляються на інших підприємствах [66].

Залежно від характеру виконуваної роботи визначаються структура групового виробництва і вибір принципів організації роботи окремих виробничих підрозділів.

Організація групового виробництва включає комплекс робіт, що забезпечують створення і функціонування спеціалізованих підрозділів. Як видно з рис. 90, при організації групового виробництва здійснюються наступні заходи:

- аналіз номенклатури виробів і виробничих умов підприємства;
- класифікація і кодування деталей (виробів);
- групування деталей, укрупнений розрахунок їх трудомісткості, визначення складу виробничих підрозділів, розробка комплексного плану робіт по організації групового виробництва;
- уніфікація деталей і відрізків їх на технологічність; аналіз діючих технологічних процесів і розробка групових процесів;
- визначення типу і модернізація устаткування; проектування і виготовлення високопродуктивних засобів технологічного оснащення;
- створення або вдосконалення системи нормування групових технологічних процесів;
- оперативне планування і управління з використанням АСУП;
- дослідно-промислова експлуатація і промислове впровадження.

Основними документами, що розробляються на стадії створення технічного проекту, є наступні:

- маршрутні карти, що визначають види і послідовність завантаження спеціалізованих робочих місць груповими операціями;
- відомості деталей або складальних одиниць (з розрахунком їх трудомісткості), для виготовлення яких доцільне створення спеціалізованих виробничих підрозділів і робочих місць;
- розрахунки необхідної кількості засобів технологічного оснащення та організаційного оснащення, виробничих площ, робочої сили і т. д. схеми розташування устаткування у виробничих підрозділах;
- технічні завдання на проектування нового або модернізацію наявного технологічного устаткування і засобів механізації та організаційного оснащення;
- основні положення по оперативно-виробничому плануванню і управлінню;
- розрахунки техніко-економічних показників, які можуть бути отримані при впровадженні групового виробництва.

Формування спеціалізованих підрозділів групі виробництва ведеться для груп виробів з урахуванням сумарного значення показника відносної трудомісткості, який розраховується відповідно до ГОСТ 14.314-74.

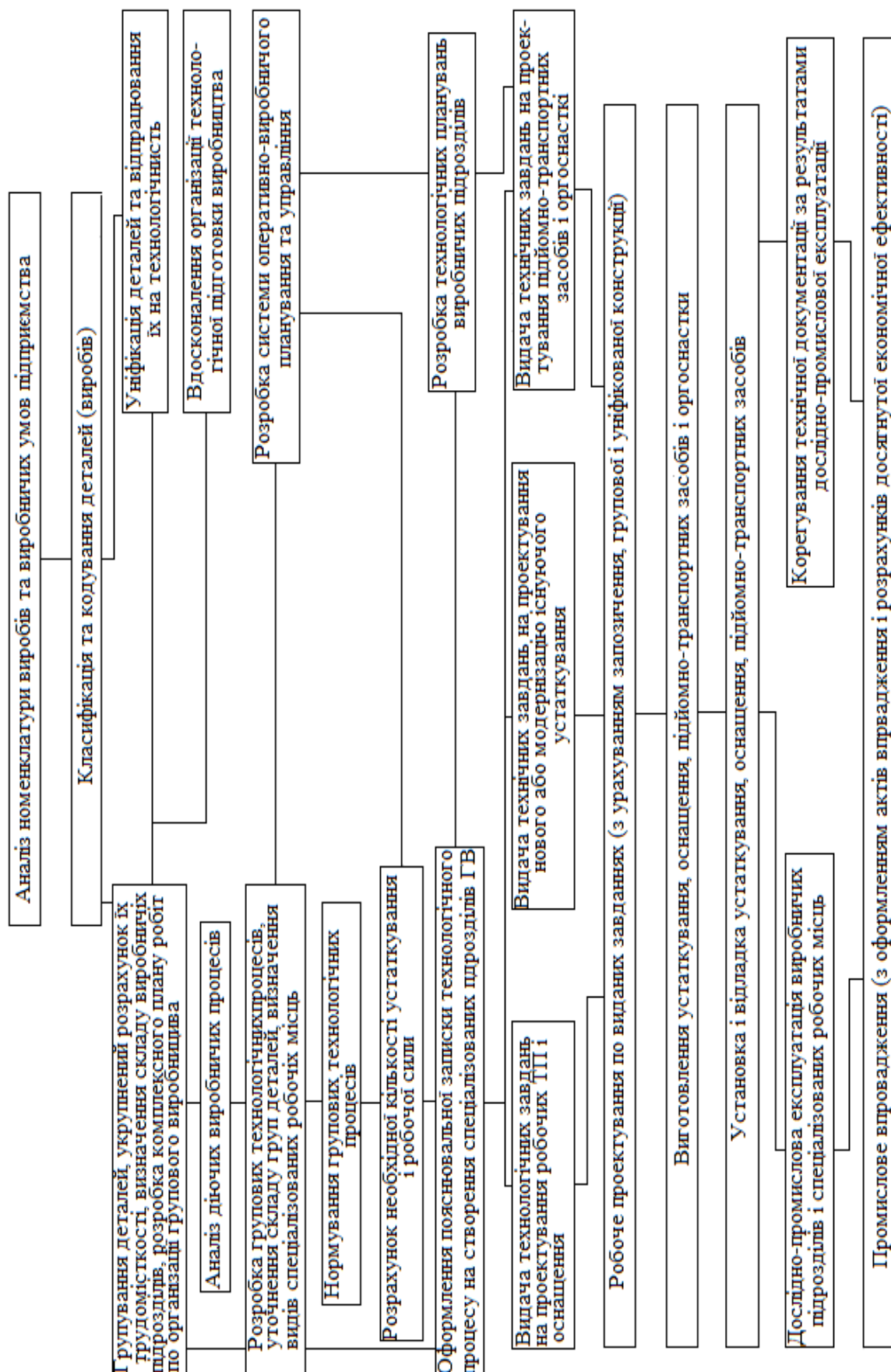


Рис. 90. Основні етапи роботи по організації групового виробництва

Роботи, які пов'язані з аналізом, прогнозуванням, порівнянням і групуванням, дозволяють систематизувати великий набір цих відомостей, правил, прийомів роботи в області технології, що сприяє полегшенню і вдосконаленню ТВП.

Аналізу мають бути піддані усі об'єкти ТПВ: вироби, технологічні процеси, технологічне оснащення, організація ТПВ, методи обробки, правила прийняття рішень тощо.

Аналіз виробів дозволяє підвищити міру конструктивної і технологічної спадкоємності. Наприклад, максимальне обмеження номенклатури і типорозмірів деталей сприяє укрупненню партій кожного типорозміру, що створює сприятливі передумови для централізованого їх виготовлення. Багато деталей, широко вживаних в машинобудуванні, можна стандартизувати по конструктивних формах і типорозмірах.

Аналізуючи конкретний виріб на спадкоємність деталей і їх елементів і визначаючи типорозміри нового виробу, можна виявити відхилення його конструкції від існуючих обмежувальних стандартів підприємства. На етапі аналізу виробу вирішується завдання технологічної раціональності його конструкції, яка полягає у виявленні можливості виготовлення і експлуатації цього виробу при використанні матеріальних і трудових ресурсів підприємства. Виріб можна розглядати як технологічно раціональним лише стосовно конкретних умов підготовки виробництва, виготовлення, технічного обслуговування і ремонту. У зв'язку з цим для забезпечення технологічності конструкції виробу на ЕОМ слід моделювати не лише процес виготовлення виробу, але і процес експлуатації.

На основі аналізу ТП систематизують технологічні дані і розробляють уніфіковані ТП і технологічне оснащення. Уніфікувати можна як увесь ТП, так і окремі його складові; причому якщо розподіл ТП на складові виконаний якісно, то значно підвищуються можливості модернізації верстатного парку і застосування високовиробничих методів обробки з використанням швидко переналагоджуваних верстатів і пристосувань. При такому підході дрібносерійне виробництво наближається до рівня серійного, вираженого вже не в номенклатурі оброблюваних деталей, а в числі деталеоперацій.

Технологічна уніфікація ділиться на п'ять рівнів.

На першому (нижньому) рівні уніфікуються ходи, одна з груп яких пов'язана із зміною форми деталі в процесі обробки, а інша - з допоміжними переміщеннями. Поняття „хід” - це елемент синтезу програм, що управляють, і автоматичної системи проектування ТП.

Другий рівень уніфікації - „перехід”. Він є елементом при проектуванні ТП на універсальних верстатах. До об'єму типізації

відносяться вид і характер обробки конкретної елементарної поверхні, а також вид різального інструменту.

Третій рівень уніфікації - „елементарна схема обробки”. В цьому випадку упорядковуються плани обробки елементарних поверхонь. Окрім цього, враховується обробка комплексних конструктивних елементів, що мають однозначний зв'язок між поверхнями, що утворюють їх.

Четвертий рівень уніфікації - „операція”. Відмітна особливість цього рівня - зв'язок із структурними властивостями деталей, тоді як попереднім рівням властива повна безвідносна до деталей. Об'єкти типізації - вид і характер обробки деякої групи деталей, технологічне устаткування і вид оснащення.

П'ятий рівень уніфікації - „маршрут обробки деталі”. В цьому випадку уніфікується послідовність операцій, яка справедлива для безлічі деталей, що належать до однієї класифікаційної сукупності.

Внаслідок неперервного розвитку системи ТПВ, яке полягає в оновленні устаткування, методів обробки деталей і зборки виробів, випуску продукції, спостерігається зміна з часом об'єму і складу інформації. В результаті таких змін вимагається виявляти закономірності утворення інформаційних потоків. На підставі виявлених закономірностей можна вирішити ряд актуальних практичних завдань, до яких відносяться мінімізація інформаційних масивів шляхом виключення дублювання і скорочення паралельних потоків, визначення структури ТПВ і чисельності персоналу для прийнятої структури, виявлення усіх завдань, що вирішуються в системі ТПВ, встановлення складу завдань, належних автоматизації, і послідовності їх автоматизації, розробка вимог до процедур обробки інформації, розрахунок потреб в засобах обчислювальної і організаційної техніки.

Пакет програм, що забезпечує виконання розглянутих функцій, повинен взаємодіяти з інформаційно-пошуковою системою технологічного призначення (ІПС ТП). Деякі функції аналізу можна реалізувати, використовуючи тільки засоби ІПС ТП, особливо при проведенні аналізу технологом. Використовуючи системи кодування і класифікації деталей, можна виявити їх загальні ознаки і звести деталі в певні конструктивно-технологічні групи.

При механічній обробці загальноприйнято групою називати сукупність деталей, для виготовлення яких використовують спільне обладнання, оснащення, налагодження та загальний технологічний процес [38]. При цьому необхідно враховувати габарити деталей, їх матеріал, конструктивні особливості, так як вони визначають тип обладнання та розміри технологічної оснастки. Враховується також геометрична форма, спільність поверхонь, що підлягають обробці, якісні характеристики,

точність, шорсткість, однорідність заготовок, серійність випуску, економічність процесу.

Практика показала, що об'єднання деталей тільки за конструктивно-технологічними ознаками не забезпечує повного використання можливостей групового методу. Необхідно приділяти велику увагу і організаційно-плановим питанням. При груповому виробництві оброблювані деталі характеризуються конструкторською, технологічною, інструментальною, організаційно-плановою спільністю, а також загальним використовуваним обладнанням. Слід зазначити, що утворення груп деталей - найбільш відповідальний процес, що вимагає певних технічних знань і навичок.

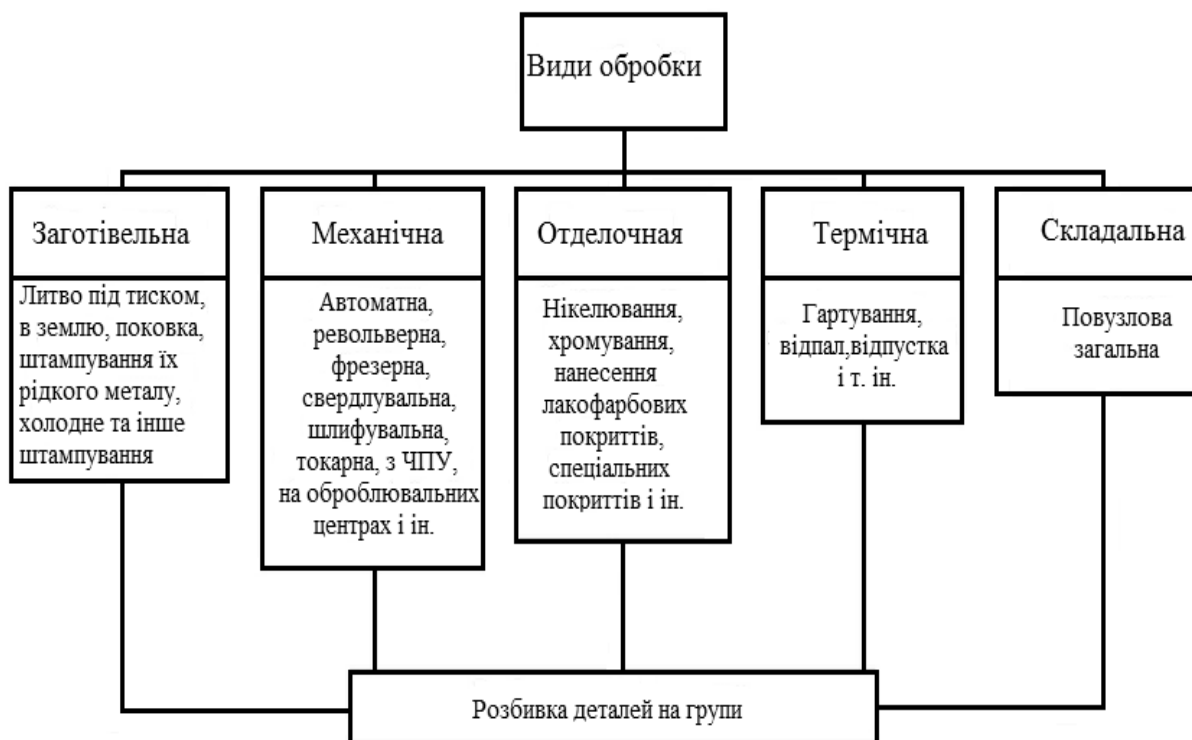


Рис. 91. Класифікація деталей за видами обробки

У груповому методі допускається використовувати декілька методів групування деталей - за видами обробки (рис. 91), по спільності їх технологічного маршруту, операціям - якщо вони доцільні в умовах цього виробництва. Цим і визначається універсальність групового методу.

Групування деталей для побудови групових процесів рекомендується виконувати по спільності маршрутних групових процесів, групових деталеоперацій. В якості керівних матеріалів по групуванню можна рекомендувати системи „Техархив”, „Групппроект” і „ТИС 82” [61].

Створення уніфікованих (групових) процесів виготовлення деталей може базуватися на різних методах їх групування:

- за конструктивно-технологічної схожості деталей;

- за елементарними поверхнями деталей, що дозволяє встановити варіанти обробки цих поверхонь, а з комбінації елементарних процесів отримати технологічний процес обробки будь-якої деталі;

- за переважаючих видах обробки деталей (типам устаткування), єдності технологічного оснащення і спільності наладки верстата.

Груповим технологічним процесом називається сукупність групових технологічних операцій, що забезпечують обробку різних деталей групи (чи декількох груп) по загальному технологічному маршруту. При груповому технологічному маршруті деякі деталі або їх групи можуть пропускати окремі операції або переходи.

Такі процеси є основою для створення ділянок із замкнутим циклом виробництва, спеціалізованих ділянок і групових (багатономенклатурних) поточних ліній. При цьому такий груповий (багатопредметний) потік складається з окремих деталеоперацій. При створенні груп деталей із загальним технологічним процесом слід враховувати обсяг випуску окремих деталей.

При розробці групових процесів необхідно виходити з наступних основних положень:

- прийнята послідовність технологічних операцій при груповому маршруті, операцій або переходів повинна забезпечувати обробку будь-якої деталі групи у відповідності до креслення і технічних вимог;

- технологічне оснащення має бути груповим або універсально переналагоджуваним;

- устаткування повинне забезпечувати високий рівень продуктивності механічної обробки при мінімальних витратах на його переналадку;

- технологічна документація повинна бути простою за формою, вичерпною за змістом і зручною для використання на робочих місцях [55].

Виконуючи роботу із створення найбільш раціонального процесу, слід вирішувати і низку запитань технічного і організаційного характеру. До їх числа відносяться:

- технологічність конструкції;

- уніфікація виду заготовок;

- встановлення виробничих зв'язків (маршрутів руху деталей на ділянці, в цеху);

- визначення об'єму паралельних робіт в різних підрозділах підприємства;

- виявлення можливостей спеціалізації цехів або окремих ділянок, у тому числі гнучких автоматичних ліній, ділянок, цехів, вибір усіх видів

устаткування. Правила розробки групових технологічних процесів викладені в ГОСТ 14316-75.

Технологічність конструкції деталей і їх уніфікація є основною умовою їх групування. Тому при організації групового виробництва і на його базі ГАВ великого значення набуває відпрацювання деталей на технологічність конструкції. У зв'язку з тим що доводиться мати справу не з однією деталлю, а з групою, вимоги до технологічності кожній деталі групи значно підвищуються. Вона вже розглядається не як окремий об'єкт, а в поєднанні сукупних вимог до групи деталей. У цих випадках особливо ретельно мають бути вибрані загальні ознаки для усієї групи на постановку розмірів і допусків, прорахунок розмірних ланцюгів, вибору і призначення баз, вибору матеріалу, методу отримання заготовки і т.п. Результати аналізу і комплектування деталей в групи дозволяють провести уніфікацію заготовок і деталей, зменшити кількість їх конструктивних типів і типорозмірів, вирішити низку запитань, пов'язаних не лише із скороченням номенклатури деталей і вузлів, але і із збільшенням розмірів їх партій в умовах серійного виробництва.

Вибір заготовки безпосередньо пов'язаний з типом виробництва. Для автоматизованого або повністю автоматичного виробництва велике значення має вибір раціональної заготовки, тобто форма якої наближається до форми готової деталі із забезпеченням досить високої точності розмірів і мінімальних припусків.

Як відомо, це досягається шляхом застосування прогресивних методів формоутворення, що дозволяють не лише скоротити витрату металу, трудомісткість обробки, але і створити умови для автоматизації виробничих процесів.

Прогресивні методи формоутворення виробів знайшли найбільш широке впровадження в умовах багатосерійного і масового виробництва. Висока вартість технологічної підготовки заготівельного виробництва, особливо технологічного устаткування, робить неможливим їх використання в серійному та дрібносерійному виробництві.

При цьому більшість заготівельних цехів мають дрібносерійне і багатомономенклатурне виробництво, що обмежує не лише застосування прогресивних методів формоутворення, але і проведення робіт по механізації і автоматизації. Між тим розповсюдити прогресивні методи формоутворення в дрібносерійне виробництво можливо при груповій технології і широкому використанні швидко переналагоджуваного групового оснащення. Розробка оснащення в цьому випадку ведеться на базі класифікації деталей (на групи) і групового технологічного процесу. Організація групової технології в заготівельних цехах дозволяє впровадження в них ГВС в умовах дрібносерійного і серійного випуску виробів.

Процес автоматизації великою мірою залежить від конструкції технологічного оснащення, яке має бути простим і швидко переналагоджувальним. Це завдання можна вирішити за рахунок створення уніфікованого групового або універсально переналагоджуваного оснащення.

Під уніфікацією технологічного оснащення розуміється можливість використання пристосувань, прес-форм, штамів і інструментів для обробки і отримання різних деталей шляхом переналадки або перекомпонування цього оснащення із заміною або регулюванням її окремих елементів і вузлів. Уніфікація оснащення тісно пов'язана з її стандартизацією і універсалізацією. Об'єктами стандартизації можуть бути як частини (елементи) оснащення, так і пристосування, форми, штампи в цілому.

Уніфікацію і стандартизацію технологічного оснащення слід проводити по двох напрямках: уніфікація оснащення для обробки груп деталей, функціональна стандартизація деталей і вузлів переналагоджуваного оснащення. Відомо, що деталі одного і того ж типу можна робити за декількома схемами, для чого використовуються пристосування різної конструкції. Конструювання технологічного оснащення є багатоваріантним завданням, у зв'язку з чим у ряді випадків потрібно використання ЕОМ. Рішення її можна спростити при широкому використанні уніфікованих технологічних процесів завдяки наявності як прямого, так і зворотного зв'язку. Створення уніфікованих конструкцій технологічного оснащення пов'язане з уніфікацією технології, що у свою чергу визначає зміст технологічних процесів. Маючи уніфіковане оснащення, технолог, як правило, не дає завдання на проектування новій, а використовує базову конструкцію пристосування. Перегляд і аналіз різних схем базових конструкцій пристосувань дозволяють вибрати ту з них, яка якнайповніше і усім вимогам, що пред'являються до виготовлення деталі.

З метою автоматизації названих процесів використовується інформаційно-пошукова система (ІПС) для уніфікації конструкцій пристосувань до металорізальних верстатів. Система призначена для накопичення, зберігання і цілеспрямованого пошуку інформації про пристрої за запитом споживачів.

З організаційних і технічних міркувань ГВС необхідно представити як систему, що складається з двох функціональних блоків: підготовки інформації і автоматизованої обробки її. Основним призначенням першого блоку є подання повідомлень, що надходять в ГВС, на зовнішньої мові системи, зручної для користувачів і що дозволяє здійснювати їх введення в ЕОМ для обробки. У функції другого блоку входить обробка запитів споживачів на ЕОМ.

Математичне забезпечення ГВС складається з управляючою програми, транслятора і функціональних модулів; інформаційне забезпечення - з масивів службової інформації і модуля опису бази даних. Звернення до системи реалізується у формі запиту, який містить вимоги до обробки даних і безпосередньо до самих даних. Керуюча програма призначена для організації режиму обробки запитів, що надходять і виклику що відповідають функціональним модулями, які проводять обробку даних.

Автоматизована ГВС дозволяє скоротити терміни і вартість проектування і виготовлення оснащення в 1,5-2 рази, підвищити коефіцієнт оснащення виробництва деталей, створити сприятливі умови для проведення робіт по уніфікації конструкцій і проектуванню групового оснащення, покращити систему обліку пристосувань.

Дуже важливим в умовах ГАВ є застосування автоматизованих металорізальних верстатів. Це сприяє не тільки підвищенню продуктивності праці і скороченню непродуктивних витрат часу при обробці виробів, але і дає можливість створювати нові, прогресивні процеси. Слід зазначити, що при організації групового виробництва створюються передумови для проектування нових, прогресивних видів спеціалізованого обладнання, що використовується при обробці широкої номенклатури деталей.

Як видно з рис. 92, об'єктами механізації і автоматизації при груповому методі і типізації технологічних процесів є:

- групові, типові операції;
- групові, типові автоматизовані (багатономенклатурні) потокові лінії;
- гнучкі (групові, типові, багатономенклатурні) переналагоджувальні виробництва.

Вибір автоматизованих верстатів і систем для їх автоматизації повинен проводитися з урахуванням завдань, що вирішуються при обробці певних груп деталей. При створенні автоматизованих і автоматичних ліній найбільшого поширення набувають верстати з ЧПУ, оброблювальні центри і спеціалізовані верстати.

Високі капітальні витрати на придбання верстатів з ЧПУ можуть бути істотно понижені як за рахунок застосування спеціалізованих верстатів і систем програмного управління при обробці певних груп деталей, так і в результаті попередньої класифікації деталей в цілях розподілу їх на групи і вибору на цій основі найбільш раціональної і продуктивної моделі верстата. При такій підготовці виробництва виключається придбання „випадкових” моделей, які не дають належного економічного ефекту.

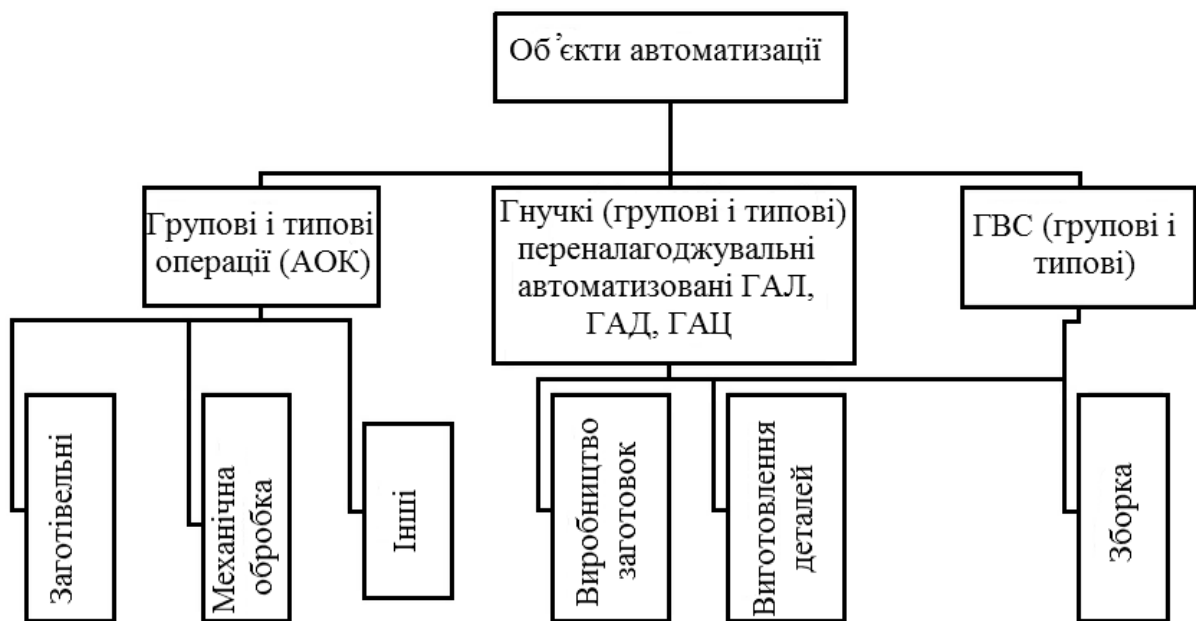


Рис. 92. Об'єкти автоматизації.

При переході до обробки нової групи деталей слід не лише здійснити підналагодження верстата і змінити черговість застосування інструменту, але і здійснити переналагодження і перенавчання робота, а найчастіше і зміну його захватів. Для цього вимагається заздалегідь розглянути характеристики деталей (їх габаритні розміри, масу), вибрати поверхні для захоплення і метод захоплення (механічний, магнітний, вакуумний і т. п.), визначити рухи робота, зіткнення, що унеможливають, особливо при обслуговуванні декількох верстатів, і встановити тимчасові чинники, до яких відносяться тривалість елементарних циклів, швидкість переміщень тощо.

При організації нової роботизованої лінії (або ділянки) необхідно провести економічний аналіз можливих варіантів її створення. Здійснивши аналіз операцій, слід розглянути можливі варіанти і характеристики промислових роботів (з урахуванням періоду їх окупності). Потім визначити базову систему промислового робота, програми управління його робочим органом. Далі потрібно розрахувати рентабельність його застосування на конкретній операції.

З метою проектування ділянок, ліній, цехів групового виробництва необхідно виконання низки додаткових задач. Планування організації або техніко-економічне проектування групового виробництва покликане раціонально вирішити комплекс завдань просторової структури групових систем зі створення цехів і дільниць з подетально і подетальногруповою спеціалізацією, багатономенклатурних групових поточних автоматизованих і автоматичних ліній і групового оснащення робочих місць.

У проектуванні зазначених виробничих систем виділяють дві стадії: макропроектування, яке визначає функціонально-структурну побудову (організацію) систем, і інженерні розрахунки і проектування окремих компонентів і систем в цілому.

Перша стадія має очолююче значення не тільки в цілях науково-обґрунтованого вибору структури окремих ділянок, а й для забезпечення ефективного функціонування системи (ділянки, цеху) в цілому. Макропроектування подетальних ділянок (цехів) при реорганізації, реконструкції діючих або проектуванні нових цехів (підприємств) виконується в три етапи [61].

1. Аналіз і виявлення конструктивно-технологічних відмінностей деталей. Методичною основою такого аналізу служить класифікація складу деталей у виробі підприємства, цеха або ділянки залежно від того, що є об'єктом реорганізації. Мета класифікації - отримання на останньому її рівні кінцевих класифікаційних груп деталей, однорідних по конструктивно-технологічних параметрах. Цим вимогам відповідає багаторівнева класифікація, побудова у вигляді дерева цілей. Коренем дерева буде множина, яка відповідає прийнятій для аналізу сукупності деталей. Вершину дерева становить кінцева мета, яка утворює підмножину однорідних груп деталей.

2. Аналіз сформованих груп деталей з характерними планово-організаційними характеристиками. При визначенні спеціалізації ділянок не можна не враховувати характеристики деталей за такими факторами, як їх трудомісткість і обсяг випуску. Ці фактори в значній мірі визначають ступінь стабільності виробничих умов на робочих місцях і характер руху деталей у виробництві, тобто функціонування системи в часі. Коли концентрація на ділянці близьких за вказаними параметрами (факторами) деталей дозволяє планувати виготовлення двох деталей в одному ритмі, то в цьому випадку спрощується планування, підвищується ритмічність виробництва, а також економічні показники роботи ділянок і цехів.

Для групування деталей за ознаками трудомісткості і обсягу випуску доцільно використовувати показник, який синтезують обидва ці фактора. За ГОСТ 14.314-74 таким показником є відносна трудомісткість виготовлення деталі K_d .

3. Синтез конструкторсько-технологічної та планово-організаційної спільності деталей і остаточне формування цільових і загальних структурних систем (цехів, дільниць) групового виробництва. Заздалегідь потрібно обґрунтувати раціональну кількість виробничих ділянок в складі реорганізованого або проектного цеху. При закріпленні груп деталей за ділянками необхідно забезпечити проектування „рівновеликих” ділянок по кількісному складу устаткування або нормам керованості.

Вищою формою організації групового виробництва являється створення ГВС і ГВК

Головною метою робіт із створення ГВС є поліпшення організації виробництва, що дозволяє значно скоротити час освоєння нових виробів, різко збільшити продуктивність праці, поліпшити використання устаткування.

Створення гнучких виробничих систем ґрунтується на застосуванні прогресивної технології виготовлення деталей, наукових основ групового виробництва, високопродуктивного технологічного обладнання, механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних і транспортно-складських робіт, забезпеченні інструментом і контролю, використання засобів обчислювальної техніки і програмного забезпечення, що дозволяє автоматизувати управління обладнанням і хід виробництва в цілому.

ГВС створюються для забезпечення:

- зниження трудомісткості виготовлення продукції;
- збільшення коефіцієнтів завантаження і використання устаткування;
- скорочення тривалості виробничого циклу і обсягів незавершеного виробництва;

- зниження трудових витрат;

- пристосовності до зміни виробничих умов;

- скорочення термінів освоєння випуску нових виробів;

- підвищення якості виготовлення виробів;

- поліпшення умов праці, автоматизації шкідливих і важких операцій;

- зниження травматизму.

Зниження трудомісткості виготовлення виробів в умовах ГВС здійснюється за рахунок зменшення підготовчо-завершального, допоміжного та машинного часу обробки шляхом:

- застосування раціональнішої технології - концентрації переходів з мінімальною кількістю переустановлень деталі;

- організації групового виробництва - подетальної спеціалізації робочих місць (модулів), запуск у виробництво однорідних партій деталей та інше;

- використання сучасного технологічного устаткування - високопродуктивних багато інструментальних верстатів з накопичувачами деталей і пристроями контролю якості обробки і стану інструменту, координатно-вимірювальних машин, миюче-сушарних агрегатів і інше;

- застосування автоматичних пристроїв, що дозволяють скоротити час зміни деталей і інструментів;

- поєднання переміщень робочих органів технологічного устаткування.

Збільшення коефіцієнта завантаження технологічного устаткування обумовлене автоматизацією оперативного планування і диспетчування, скороченням втрат часу на очікування верстатом деталі, комплектів інструменту і програми, що управляє. Коефіцієнт використання устаткування збільшується за рахунок зміни співвідношення між машинним часом роботи устаткування і часом переналадки.

Скорочення тривалості виробничого циклу досягається в першу чергу за рахунок ефективного оперативно-календарного планування і контролю за ходом виробництва, а також максимальною концентрацією операцій, що забезпечують мінімальний простій деталей в процесі виготовлення. Зниження трудових витрат обумовлено високим ступенем автоматизації виробничого процесу і мінімальною участю в роботі виробничого персоналу.

Скорочення термінів освоєння випуску нових виробів, досягається автоматизацією процесів технологічної підготовки виробництва, спеціалізацією виробничих підрозділів, застосуванням групових базових пристосувань і широкого асортименту інструментів, використанням можливостей ЕОМ і УЧПК в системах АСНІ, АСТПВ і САПР.

Підвищення якості виготовлення виробів забезпечується скороченням числа переустановлень деталей в процесі обробки, правильним підбором високоавтоматизованого технологічного устаткування, комплексним контролем якості обробки і стану інструменту, діагностикою устаткування, виключенням браку з вини оператора.

Залежно від конкретних цілей, які ставлять перед собою розробники ГАВ, визначається склад завдань, що вирішуються в ГВС, рівень автоматизації технічних засобів і організаційна структура системи.

В даний час існують різні варіанти створення автоматизованих підрозділів в умовах організації групового виробництва:

АТК - автоматичні технічні комплекси, що включають автоматичні транспортні комплекси (АТрК), оброблювальні (АОК), вимірювальні (АВК), складські комплекси (АСК);

ГМЛ - переналагоджувана гнучка механізована лінія;

ГАЛ - переналагоджувана гнучка автоматизована лінія;

ГАД, ГАЦ - переналагоджувані (гнучкі) автоматизовані ділянки і цехи;

ГАЗ - переналагоджуване (гнучке) автоматизоване або автоматичне виробництво - заводи-автомати.

Гнучка автоматизована лінія - основна структурна частина ГАД або ГАЦ, що є самостійними виробничими - структурними одиницями (мікроділянка, ділянка, цех), спеціалізованими на виконання основних

формоутворюючих операцій механічної обробки деталей широкої номенклатури і певних конструкторсько-технологічних груп.

Ці ГАД і ГАЦ складаються з верстатів з ЧПК з повною або частковою автоматизацією допоміжних операцій і іншого автоматичного або автоматизованого устаткування, об'єднаних автоматизованою транспортно-накопичувальною системою (АТНС), автоматизованою системою організаційно-технологічного управління (АСОТУ) і АСУТП, причому остання може входити безпосередньо в ГАД і ГАЦ.

У ГАД і ГАЦ забезпечується швидка переналадка устаткування при чергуванні деталеоперацій, а також при зміні номенклатури оброблюваних деталей і технології їх обробки в межах технологічних можливостей устаткування. Узагальнена схема ГВС наведена на рис. 93.

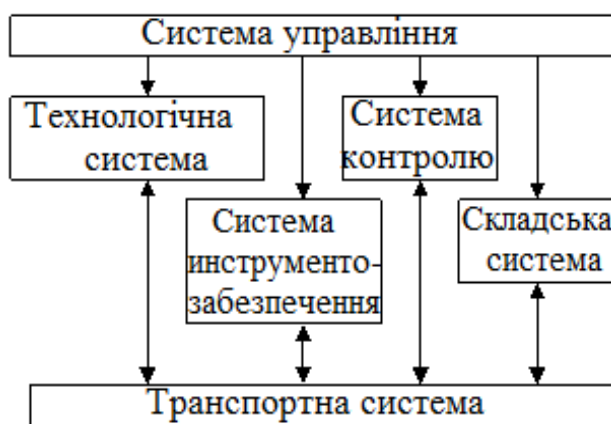


Рис. 93. Узагальнена схема ГВС.

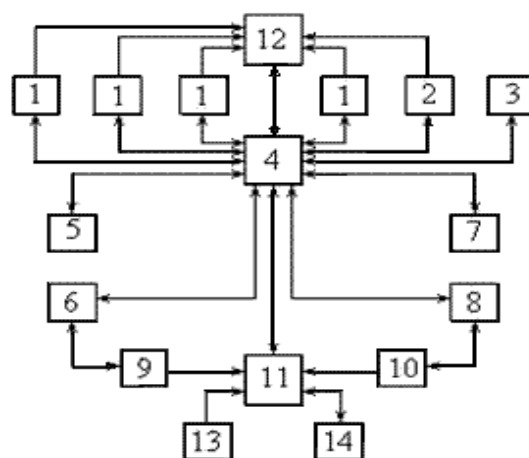


Рис. 94. Структурна схема ГВС.

Така гнучка виробнича система являє собою систему з комплексно-автоматизованим виробничим процесом, робота всіх компонентів якої (технологічного обладнання, транспортних засобів, засобів контролю і інструменто-забезпечення і ін.) координується як єдине ціле системою управління, що забезпечує швидку зміну програм функціонування технічних засобів системи при зміні об'єкта виробництва. ГАЦ і ГАЗ - сукупності кількох ГВС, ГАЛ і ГАУ, об'єднаних загальною системою управління. Структурна схема ГВС показана на рис. 94. Обладнання 1, 2 і 3 організаційно і технологічно ув'язано з іншими компонентами системи, що забезпечують рішення задач автоматизації і взаємодії: підготовки, транспортування і складування інструментів, пристосувань, заготовок, напівфабрикатів і готових деталей 4 - 10; видалення стружки 12, управління 11, 13, 14.

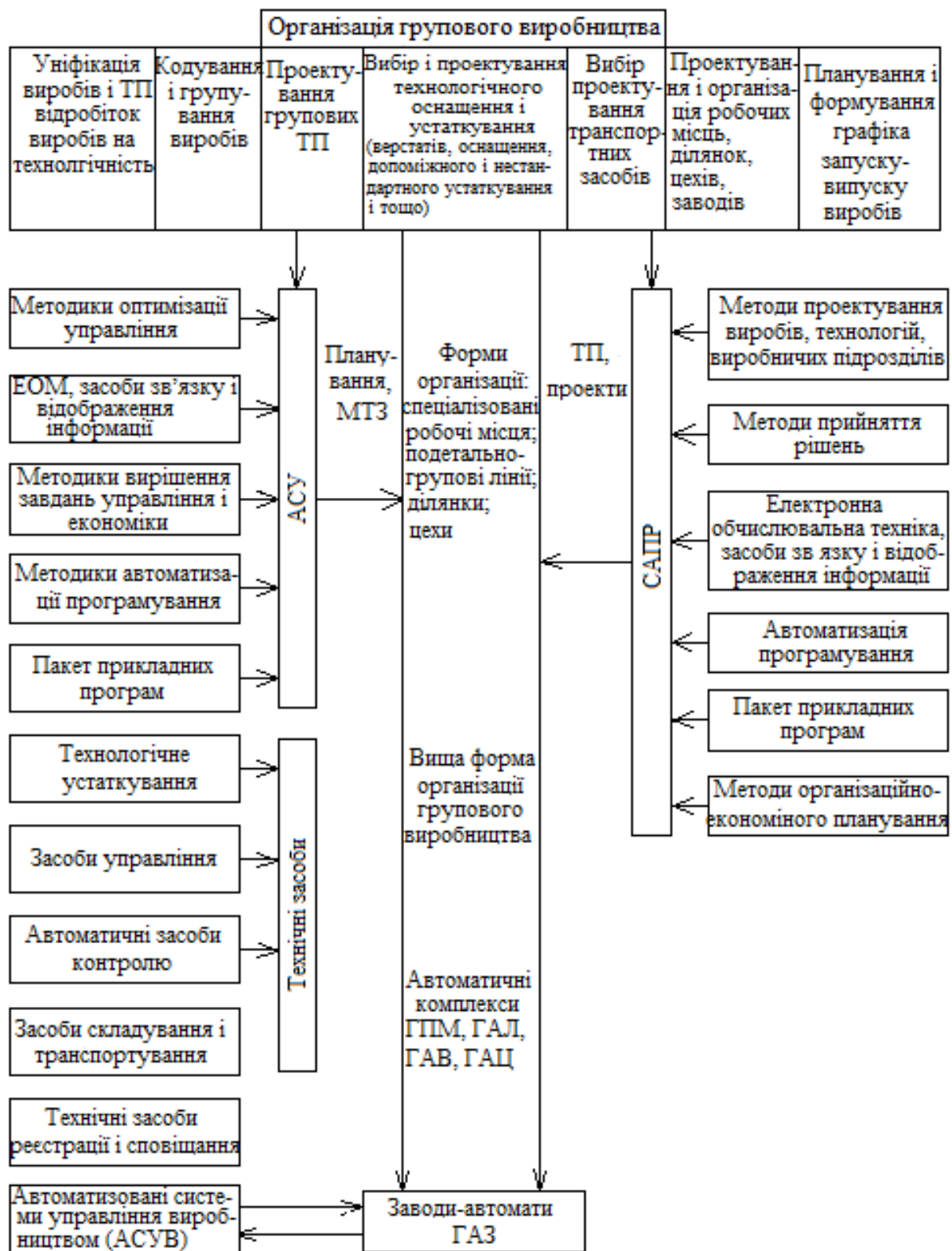


Рис. 95. Схема взаємодій завдань управління (проективання і вживання технічних засобів при розробці проектів і створенні переналагоджуваних ГАЛ, ГАД, ГАЦ, ГВС і заводів-автоматів на основі групового виробництва)

Досвід роботи показує, що на підприємствах, широко застосовують організацію групового виробництва, перехід до автоматизації відбувається значно простіше, швидше і з найменшими матеріальними і тимчасовими витратами. Створення ГВС і заводів-автоматів вважається вищою формою організації групового виробництва

На рис. 95 у загальному вигляді показана взаємодія завдань управління, проектування і вживання технічних засобів при розробці проектів і створення переналагоджуваних багато-номенклатурних АОК, ГАЛ, ГАД, ГАЦ, ГВС і заводів-автоматів на основі групового виробництва.

У верхній частині рис. 95 наведено перелік завдань, що вирішуються організацією групового виробництва.

У центральній його частині - різні форми організації виробничих підрозділів від найпростіших (спеціалізованих робочих місць) до найскладніших.

Створення ГВС має бути засноване на якісно новій концепції проектування з урахуванням того, що управління устаткуванням буде покладено не на людину, а на машини. Обладнання повинне забезпечувати раціональну реалізацію всіх функцій обробки, переналагодження, контролю, транспортування, а у складальних підрозділах - складання вузлів або виробів.

Одними з найважливіших вимог до засобів виробництва ГВС, призначеного для випуску дрібносерійної і багатономенклатурної продукції, є їх швидке переналагодження і резервування для можливості переходу до обробки деталей з іншого геометричною формою. Устаткування (включаючи технологічне оснащення) повинне мати високу універсальність, що забезпечує лише мінімальне переналагодження при зміні типів оброблюваних деталей. Цією якістю повинні володіти також транспортуючі системи та роботи, які здатні переміщати різні деталі однієї конструкторсько - технологічної групи.

У зв'язку з цим виникає питання про доцільність створення верстатів з уніфікованих вузлів. Форма модулів, типи вузлів визначаються з результатів аналізу різних груп деталей і методів їх обробки. Необхідність у верстатах з уніфікованими вузлами диктується і тим, що при виході з ладу обладнання у результаті відмови одного з вузлів повинна бути передбачена його швидка заміна з метою відновлення функцій автоматичної роботи обладнання і попередження тривалих простоїв.

Для якісного управління дрібносерійним виробництвом, яке виготовляє досить велику номенклатуру деталей, повинні бути забезпечені дистанційне управління обладнанням і його надійний централізований контроль. Центр управління, оснащений головною ЕОМ, представляє

складну систему, що управляє процесами, операціями, а також реєструє і контролює роботу ГВС.

До складу систем управління ГВС входять: системи механічної обробки, складування і транспортування, діагностики роботи обладнання, управління виробництвом, управління переробкою відходів.

Як показала практика, одним з найбільш важливих аспектів створення ГВС є проектування систем діагностики, а з метою забезпечення безвідмовної роботи обладнання і якісного виготовлення виробів і їх складових.

5.3. Особливості планування в умовах гнучкого інтегрованого виробництва

Розвиток машинобудування вступає в новий етап, що характеризується в першу чергу плануванням постійної модернізації заводів. Це принципово нова тенденція планування, оскільки планування поетапної модернізації виробництва з розривом у 5-15 років не відповідає динаміці науково-технічного прогресу, якому властиве прагнення до постійного оновлення засобів виробництва. У плануванні виробництва з'являється нова самостійна виробнича функція, яка враховує постійну модернізацію і забезпечує поступове оновлення виробництва.

На сучасному етапі розвитку промисловості введення у систему планування виробництва принципово нової концепції стало можливим завдяки науковому передбаченню на базі системного аналізу. Це забезпечує більш надійне прогнозування, а концепція гнучкого інтегрованого виробництва за своєю суттю забезпечує впровадження нових досягнень і поступове нарощування виробничої потужності без зупинки виробництва.

Планування постійної модернізації висуває нові вимоги до створення знарядь виробництва. Це перш за все створення комплексів, систем машин і обладнання для всього виробничого ланцюжка - від ідеї до випуску продукції і обслуговування її у період експлуатації. Особливе значення нових планових завдань набувають для верстатобудування. Створення машинобудівних заводів подетальної спеціалізації на базі гнучкого інтегрованого виробництва і організації виробництва за правилами «все лише тоді, коли це потрібно» дозволить досягти високої продуктивності праці і високої мобільності виробництва.

Плани по модернізації виробництва повинні враховувати зростаючий прогрес науки і техніки, і якщо сьогодні якісь завдання не вирішені, вони будуть вирішені в майбутньому, що і повинне братися до уваги при постійній модернізації. Значна ступінь невизначеності при формуванні

планів постійної модернізації - головна відмінність планування у умовах ГВС у порівнянні з традиційним виробництвом, для чого вводяться нові правила планування, що не допускають застарівання розробок, коли до моменту закінчення модернізації з'являються нові, більш прогресивні рішення.

Зменшення термінів модернізації і можливість перестройки по ходу модернізації з меншими капітальними витратами, чим при загальній модернізації підприємства, дозволяє досягати високого рівня прогресивності техніки і технології.

При формуванні планів постійної модернізації планові підрозділи машинобудівних заводів повинні підтримувати динамічний зв'язок з фахівцями проектно-дослідницьких інститутів - розробників нової техніки. Терміни завершення нових розробок повинні враховуватися в планах постійної модернізації заводів. Переважна більшість вирішень технологічних завдань і створюваних засобів автоматизації є загальними для всіх машинобудівних заводів, тому вони повинні широко поширюватися і тиражуватися.

Широке впровадження ЕОМ, всебічна електронізація машинобудівного підприємства забезпечують повний контроль за ходом виробництва, завдяки чому надається можливість визначення елементів гнучкого інтегрованого виробництва, які більш за все мають потребу в модернізації.

Для переходу до планування постійної модернізації у машинобудуванні необхідні збір і аналіз науково - технічної інформації про досягнення і тенденції розвитку даного виду виробництва, систематичний перегляд конструкцій виробів, що випускаються, а також аналіз можливих та існуючих альтернатив організації виробництва на базі вживання системного підходу, математичного та імітаційного моделювання [66].

Головне завдання перспективного плану - врахування можливого ходу науково-технічного прогресу і визначення напрямів модернізації. Короткостроковий план модернізації може складатися на кожну п'ятирічку. П'ятирічний план постійної модернізації повинен бути конкретним і детальним планом поновлення виробництва, а також враховувати досягнення науки і техніки, нові відкриття і технічні рішення (рис. 96).

Відправними пунктами у визначенні головних цілей планування є завдання державного плану за обсягом випуску продукції з урахуванням її місця у промисловості, а також науковий прогноз розвитку галузі, даної продукції, вимоги підвищення її якості, створення нових прогресивних видів продукції.

Виявлення ступеня стабільності даної продукції на кілька років вперед дозволяє встановити необхідну гнучкість виробництва основної продукції, визначити напрямок її розвитку, а також можливість виготовлення інших виробів з відходів основного виробництва для створення маловідходного виробництва.

Головними цілями модернізації на даний період часу можуть бути, наприклад:

- збільшення виробничих потужностей за рахунок скорочення основних площ і підвищення коефіцієнта завантаження обладнання, а, отже, коефіцієнта змінності;

- прискорення переходу на випуск нової продукції за рахунок підвищення гнучкості виробництва;

- скорочення зростаючих витрат на ремонт і утримання обладнання;

- вирішення проблеми нестачі висококваліфікованого фізичної праці, перехід на „безлюдну” роботу у третю зміну;

- поліпшення ергономіки, безпеки виробництва, збереження довкілля і т. ін.

Незалежно від вибору головної мети планів на даний період, постійними є цілі модернізації виробництва. До них відносяться: підвищення продуктивності праці за рахунок впровадження прогресивного обладнання і технологій; збільшення тривалості роботи обладнання, оборотних коштів, заділів, запасів; досягнення мінімальних обсягів незавершеного виробництва; інтеграція, яка веде до скорочення термінів поставки готової продукції при строгому дотриманні графіка виробництва.

Планування постійної модернізації виробництва має визначати заходи по реалізації поставлених цілей, причому без перевищення запланованих коштів і збільшення запланованих термінів.

Відповідальність в цілому за постійну модернізацію заводу як окрему функцію планування покладають на головного інженера заводу, що координує дії всіх функціональних підрозділів. Для цього може бути створений постійно діючий відділ, який функціонально підпорядковується головному інженеру. Відділ організовує постійну координацію, виявляє найбільш раціональні способи модернізації. При цьому проблема модернізації має стати справою кожного, хто працює на підприємстві. Робота за постійною модернізацією вимагає всебічного аналізу ефективності виробництва, використання устаткування, технології та інформаційного забезпечення.

Об'єм модернізації заводу визначається станом його обладнання, прогресивністю технологічних процесів і досконалістю організації виробництва. Перехід до постійної модернізації неминучий і вимагає виділення не тільки матеріальних засобів, але і робочого часу, виробничих

площ, зусиль управлінського і керівного складу, тобто одночасно з розв'язанням задач випуску продукції відповідно до планового завдання необхідно виконувати додатковий обсяг робіт з модернізації. Для цього необхідно не створення якогось резерву виробництва на період модернізації, як це робиться при переході на випуск нової продукції без зупинки виробництва, а виділення постійних, запланованих коштів і виробничих потужностей, причому за сумою ці кошти, як правило, будуть менше, ніж спеціальні кошти, що виділяються на разову етапну модернізацію. Постійна модернізація прискорює повернення витрачених на них коштів за рахунок зростання ефективності виробництва, швидкого впровадження нової техніки і повного використання ресурсів технологічного обладнання. У цьому випадку виключається використання застарілого обладнання або передчасна його заміна, а також знижуються витрати на його ремонт і утримання.

Машинобудування має забезпечувати постійну модернізацію інших галузей промисловості, своєчасно оновлювати їх основні засоби виробництва. Але для цього воно саме має постійно вдосконалюватися і розвиватися випереджаючими темпами. Економічний ефект від впровадження нової техніки на машинобудівному підприємстві повинен розглядатися в цілому по заводу, а не від часткової автоматизації окремих елементів технологічного процесу.

Процес постійної модернізації починається з всебічного обстеження існуючого виробництва, його організації, виявлення та аналізу вузьких і найбільш трудомістких місць виробництва, пошуку шляхів вирішення задач підвищення ефективності виробництва, нових матеріалів, нового обладнання, нових технологічних нетрадиційних процесів, проведення порівняння ефективності впровадження альтернативних рішень, їх попередньої оцінки з точки зору збереження енергії, матеріалів, праці і часу, необхідного для впровадження. Одночасно здійснюється аналіз продукції, що випускається з точки зору її перспективності, технічного рівня і якості, необхідності зміни її конструкції, оцінки покупних і комплектуючих вузлів і деталей. Попереднє дослідження дає уявлення про задачі, пріоритети та черговість модернізації підрозділів підприємства, його ділянок, відділень, цехів.

Перспективний план модернізації включає широке коло задач, яке стосується практично всіх сторін діяльності заводу. Реалізація цих задач, як правило, виконується паралельно-послідовно, причому так, щоб затримка у вирішенні однієї задачі не утрудняла б рішення інших.

До складу задач перспективного плану постійної модернізації виробництва входять в першу чергу проблеми вдосконалення технологічного обладнання та технологічного процесу. Ці завдання

вирішуються за рахунок впровадження верстатів з ЧПК, обробних центрів (ОЦ) з автоматичним стеженням за інструментом, а також за рахунок розробки прогресивних форм технологічних процесів на основі групових методів обробки. Тут же відображені проблеми реорганізації інструментального господарства, транспортно-складських систем, автоматизованого видалення стружки і т.д. Реальність вирішення задач перспективного плану постійної модернізації виробництва визначається якістю заходів з організації, планування та управління всім виробництвом в цілому з урахуванням особливостей внутрішньозаводського планування гнучкого виробництва.

Особливості внутрішньозаводського планування безпосередньо пов'язані з концепцією гнучкого виробництва. При цьому відбувається зближення таких показників, як товарна і валова продукція за рахунок значного скорочення незавершеного виробництва і тривалості циклу, що покращує техніко-економічні показники роботи заводу і його підрозділів, а саме:

збільшується об'єм товарної продукції за рахунок підвищення коефіцієнта використання сировини, матеріалів, переробки відходів, підвищення якості продукції і зниження браку;

зростає виробнича потужність, яка на гнучкому машинобудівному заводі збільшується за рахунок підвищення корисного фонду часу роботи обладнання (робота без перерв між змінами, збільшення коефіцієнтів завантаження верстатів і змінності, рівномірність загрузки основного технологічного устаткування);

одночасно зменшується верстатоемність виготовлення кожної одиниці продукції за рахунок оптимізації процесів обробки і точного виконання заданих нормативів [66, 67, 97].

Підвищення гнучкості виробничих систем, збільшення ступенів їх свободи вимагає постійного балансування виробничих ресурсів з програмою випуску продукції, що періодично змінюється. У практиці управління машинобудівним виробництвом це балансування зводиться до складання розкладу технологічних операцій по послідовній обробці деталей партіями, по черзі виконуються на різних ділянках виробничого процесу. Теоретично, з метою зменшення часу обробки деталей і скорочення виробничого циклу, може бути сформована мінімальна за тривалістю виконання послідовність операцій, яка забезпечує безперервну і узгоджену роботу всіх виробничих ділянок. Однак на практиці виконати цю умову не представляється можливим, оскільки число варіантів послідовної обробки деталей зростає разом з розмірами і складністю номенклатури виробів [112]. Останнє є причиною затяжних організаційно-технологічних збоїв, що приводять до зрушення або збігом операцій за

часом, в результаті чого виникають простой обладнання або пролежування деталей в чергах на обробку через його зайнятість [112].

Широко поширений в непотоковому виробництві спосіб їх усунення, компенсує недоліки планування, припускаючи примусову координацію роботи всіх елементів виробничої системи, яка здійснюється централізовано диспетчерською службою за допомогою системи оперативного управління (СУ), яка направляє на виробничі ділянки команди по коригуванню черговості з урахуванням пріоритету виконання операцій виходячи з поточної виробничої обстановки (рис. 96) [56, 57, 112].



Рис. 96. Процес централізованого управління виробництвом

Результати виконання окремих операцій надходять через систему контролю і використовуються СУ для зміни або коригування складу і порядку виконання виробничого плану, виходячи з фактичних результатів роботи ділянок, їх поточного стану та наявності необхідних ресурсів (див. : зворотний зв'язок). Основна проблема полягає в тому, що даний спосіб організації управління операціями (при всій його простоті, що здається) вимагає наявності в СУ повної безперервно оновлюваною в режимі реального часу динамічної моделі виробничого процесу. Цей процес повинен враховувати коливання ринку, а також безперервний і надійний зв'язок суб'єкта і об'єктів управління. В умовах сучасного виробництва реалізувати ці вимоги повною мірою неможливо, так як моделлю виробничого процесу в цьому випадку є жорсткий план-графік (програма) випуску виробів. Коректування програми по оперативності занадто низьке і непорівнянне зі швидкістю зміни параметрів внутрішнього середовища підприємства і ринку. В результаті неадекватності (неповноти) умовно-статичної моделі виробничо-технологічного процесу виникають і

накопичуються помилки в системі планування, знижується ефективність управління і ростуть середні витрати виробництва [56, 57, 112].

Основним недоліком централізованої системи управління масовим виробництвом є неузгоджена робота відокремлених технологічних ділянок в загальному процесі виготовлення продукції. Суміжні ділянки по виробництву деталей функціонують незалежно одна від одної, виробляючи і виштовхуючи в міжопераційні простір (на проміжний склад) продукцію відповідно до плану-графіка, який складений планово-диспетчерською службою підприємства на основі припущень про те, що знадобиться в кожному виробничому мікропроцесі, ігноруючи при цьому його стан і поточні потреби в деталях і комплектуючих. Діючи в рамках плану, кожна ділянка самостійно встановлює обсяги партій виробів і темп виробництва виходячи з власного уявлення вимог виконання планових завдань з виробництва продукції та економічної ефективності, а не загально-системного бачення всього виробничого процесу. У такій ситуації попередні процеси матимуть тенденцію випускати вироби, які не потрібні в наступних процесах в теперішній час. Це означає випуск одних виробів в більшій кількості, ніж це потрібно для здійснення необхідних в даний момент технологічних операцій і, відповідно, відсутність інших, що призводить до вимушених простоїв обладнання і втрат робочого часу.

Для усунення цієї невідповідності створюються великі запаси виробів на проміжних (міжопераційних) складах і запаси готової продукції для відвантаження споживачам, в результаті чого витрачається більше часу на виконання заказу, ніж це потрібно по технологічному процесу.

Складання виробів партіями означає, що комплектуючі, які будуть також поставляються і використовуватися партіями. Це призведе до роздування обсягу запасів на проміжних міжопераційних складах вище по лінії руху виробів. При цьому варіативність процесу кінцевого складання буде сильніше позначатися на варіативності попередніх складальних технологічних операцій, для яких необхідно збільшувати запаси кратно і завчасно по потоку. Виникає потреба в резервних потужностях, відсутність яких призводить до виникнення в виробничому процесі так званих „вузьких місць”, які істотно обмежують продуктивність через зміну зовнішніх умов (запитів споживачів). Як наслідок цього, збільшуються обсяги незавершеного виробництва і тривалість технологічного циклу з усіма витікаючими з цього організаційно-економічними наслідками.

З метою подолання недоліків централізованого способу управління, які посилюють негативний ефект масштабу великого обсягу виробництва в сучасних умовах, в великих машинобудівних корпораціях розробляють автоматизовані системи управління. Тим не менш, це не призводить до кардинального поліпшення становища, так як в разі успішного їх

впровадження крива середніх довгострокових витрат спочатку падає, а потім, починаючи з моменту вичерпання дії позитивного ефекту так званого інформаційного реінжинірингу з метою поліпшення основних показників технологічного процесу, стає більш-менш горизонтальною [112].

Проблема полягає в тому, що централізація управління була необхідна і достатня для забезпечення безперервності процесу виготовлення стандартної продукції в масовому виробництві, і абсолютно не призначена для організації і регулювання нестаціонарних потоків виробів і робіт, характерних для гнучкого риночноорієнтованого виробництва. Саме ця обставина позбавляє великі підприємства властивості адаптації до мінливого середовища, робить їх нежиттєздатними в умовах конкурентної ринкової економіки.

Основним інструментом виробничого планування виготовлення виробу є загальний обсяг робіт, який представляє собою алгоритм просторово-часового розподілу оборотних ресурсів підприємства між технологічними операціями по їх виконанню. У машинобудуванні розподіл ресурсів відбувається шляхом визначення календарних термінів запуску деталеопераций і їх закріплення за різними групами обладнання. Це здійснюється на підставі виробничої програми і так званої компонувальною структурою або дерева продукту, яку часто називають „відомістю або специфікацією матеріалів”.

Специфікація містить повний опис складу виробу, із зазначенням деталей і вузлів, а також технологічної послідовності його виготовлення. На її підставі, з урахуванням планових нормативів на здійснення деталеопераций, визначаються календарні терміни виготовлення цих елементів [56, 57, 112].

Такий просторово-часовий алгоритм (програма розподілу, яка базується на компонувальною структурі виробу і часу необхідному для виготовлення його компонентів) вказує, що саме, за допомогою чого і коли потрібно робити.

У цьому випадку деталі повинні виготовлятися відповідно до виробничого графіка і надходити на складальну ділянку точно до заданого терміну. З цієї метою розклад або календарний графік робіт повинен забезпечувати одночасне надходження на фінішну збірку всіх деталей і вузлів шляхом випереджаючого запуску у виробництво деталей, що мають більш тривалий цикл виготовлення. З цієї причини в одиничному (переважно дослідному і інструментальному) виробництві замість календарних планів-графіків виготовлення виробів розробляються так звані мережеві графіки (циклограми) робіт по виготовленню виробів, в яких визначаються виконавці робіт на замовлення (цехи, дільниці-виробники), види робіт з виконуваної обробки і інструмент, а також

здійснюється закріплення технологічних операцій за відповідним обладнанням. При цьому складність полягає в знаходженні послідовності виконуваних операцій з виготовлення виробу і їх закріплення за робочими місцями і обладнанням, згідно з яким виготовлення деталей, необхідних для складання кінцевого виробу, буде виконуватися безперервно, злагоджено і рівномірно по часу [56, 57, 112].

Планування технічної підготовки виробництва з освоєння нових виробів і планування виробничої програми, виробничих потужностей стають єдиним процесом внутрізаводського планування, оскільки в гнучкому інтегрованому виробництві процес створення продукції та її виготовлення є безперервним, органічним, що зливається в єдиний процес.

Змінюються залежність і співвідношення розрахункових даних плану по праці і плануванню продуктивності праці. Змінюється розрахунок, наприклад, календарного фонду, який для роботи устаткування і загальної чисельності працюючих не збігається із-за періодів „безлюдної” або „малолюдної” роботи. Змінюється методика розрахунку допоміжних робітників, кількість яких різко зменшується і залишається мінімальним, наприклад, зникає професія кранівника, водія автокара і т. д. Чисельність інженерно-технічних працівників не слід визначати тільки штатним розкладом. В цьому випадку необхідно виходити із конкретної трудомісткості роботи, виконуваної кожним фахівцем, що можливо з введенням розрахунку середніх норм за допомогою ЕОМ.

У плануванні заробітної плати міняється структура її фонду в частині різних видів доплат (оплата простоїв, робота в наднормовий час і ін.). Комп'ютеризація та можливість індивідуального обліку в досягненні результатів виробництва дозволяють перейти від чисто погодинної оплати до чисто відрядної, що також змінює зміст тарифної частини фонду.

Виконання розрахунків конструктивних і технологічних параметрів, а також нормування ресурсів і роботоємності з використанням ЕОМ, постійне стеження в реальному часі системою управління про знаходження та стан обробки кожної деталі, зборки кожного вузла і загальної зборки, автоматичне накопичення статистичної інформації про простоях і причини відмов забезпечують точний розрахунок термінів виготовлення і собівартості виробу, практично забезпечує збіг фактичної собівартості з плановою.

У разі будь-якого найменшого відхилення система управління дає повний перелік причин відхилення як по величині, так і за змістом різних складових. Ці дані дозволяють аналізувати складові собівартості, які залежать від діяльності заводу і зовнішніх факторів, що не залежать від них. Аналіз допомагає знаходити резерви і шляхи подальшого зниження собівартості і уточнювати розрахунок планової собівартості.

Гнучке виробництво обумовлює і необхідність гнучкого планування. Воно має бути автоматичним з використанням імітаційного моделювання в реальному часі. Будь-яка зміна задачі, маршруту обробки деталі, зміна її конструкції чи процесу виробництва, невраховані простої, втручання зовнішніх чинників, що впливають на хід виробництва, повинні відображатися в плануванні, і система управління повинна видавати новий, скоригований також в реальному часі, план виробництва.

На план в певний проміжок часу впливає номенклатура одночасно оброблюваних деталей, яка випадково створюється через зміни пріоритетності їх обробки як за кількістю, так і за верстатоемністю. Триваліший період планування поглинає ці зміни і вирівнює кількісний випуск. Завданням такого динамічного планування стає забезпечення проходження потрібних на збірці деталей в мінімальні терміни при максимальному завантаженні всіх станків, всіх систем, причому при мінімальних запасах вихідних матеріалів і практично без заділів. Це вимагає детального планування всіх ресурсів як на стадії технічної підготовки, так і в процесі виготовлення. Головним в такому підході є постійна інвентаризація вихідних матеріалів, оснащення, інструменту, програм, що управляють, попереднього налаштування інструмента, кількості палет, пріоритетів, управлінської інформації, готових деталей, постійний збір і аналіз виробничої статистики про хід виробництва. Зовсім інший підхід необхідний у плануванні завантаження обладнання, коли вимагається його пропорційна загрузка, яка відповідає його вартості. Дороге, стандартизоване обладнання повинно завантажуватися в першу чергу складною роботою. Гнучке планування враховує проблему забезпечення матеріальними ресурсами. Якщо, наприклад, передбачаються затримки в постачанні заготовок для якихось деталей, то тут же складається резервний план завантаження того чи іншого обладнання обробкою тих деталей, заготовки яких є в наявності в даний час.

Гнучке планування постійно відповідає на питання: „Що робити далі?”. Якщо деталь запущена у виробництво, її обробка повинна бути закінчена повністю без зупинки на одній ГВС і тут же подаватися на збірку - це обов'язкове правило гнучкого планування. Планування раціонально поєднує вимоги виробництва і можливості ГВС. Чим краще вирішується це питання, тим вище ефективність планування. Рішення задачі раціонального поєднання вимог виробництва і можливостей ГВС реалізується у вигляді орієнтованого планування.

Зразковий склад завдань гнучкого орієнтованого планування приведений в табл. 19.

При створенні ГВС орієнтуються на всю різноманітність деталей з врахуванням загального обсягу випуску незалежного від партійності.

Таблиця 19.

Склад завдань гнучкого орієнтованого планування

Склад завдань планування	Зміст завдань планування ГВС
1	2
Аналіз традиційного виробництва для переведення його в гнучке	Аналіз всіх деталей, що виготовляються на заводі і проєктованих нових перспективних виробів з врахуванням розвитку продукції; аналіз виробничих потужностей з визначенням вузьких місць, з врахуванням віку основного і допоміжного устаткування; аналіз кожного робочого місця на заводі на предмет виявлення найбільш проблемних з них; потоків матеріалів усередині кожного цеху і міжцехових потоків по всьому заводу і території заводу
Проектування ГВС	Визначення зразкового спектру ГВС по гнучкості, складу і кількості верстатів, вибір основного методу установки і транспортування деталей, вибір системи складування, що забезпечує в конкретних умовах мінімальний час, мінімальні заділи і так далі
Визначення рівня гнучкості для прийнятої номенклатури деталей	Визначення рівня гнучкості, необхідного для виробництва різних інтегрованих груп деталей, для їх виготовлення на відповідних ГВС; проведення робіт по зміні конструкції окремих деталей, тобто їх орієнтації на наявні ГВС і автоматичній збірці, проведення роботи по тому, що переглядаються матеріали і заготовки, з яких виготовляються окремі деталі, для вживання прогресивніших режимів обробки і використання нових досягнень в розвитку ріжучого інструменту.

1	2
Проблема інтеграції виробничих процесів	Інтеграція нових елементів ГВС з раніше упровадженими з врахуванням інтегрованих груп легальний, ув'язки їх матеріальних потоків, використання загального устаткування і управління: можливість використання загального окремого устаткування, вузлів ГВС; що підлягають модернізації в нових ГВС: можливість змінювати розташування окремого устаткування в системах.
Проблеми раціоналізації виробничих процесів	Вирішення завдань раціоналізації і уніфікації технологічних переходів, порядку їх виконання, різноманітності вживаного ріжучого інструменту; настановних пристосування.
Планування впровадження процесів автоматизації у виробництві	Вирішення завдань автоматизації, визначення їх економічної доцільності, технічної можливості, необхідності і черговості автоматизації різних частин і елементів всього виробничого процесу.
Розробка системи імітаційних моделей для завдань планування	Розробка системи імітаційного моделювання для передбачення еволюції виробництва: для подальшого детального аналізу планування послідовності обробки різних деталей і своєчасного прогнозу подачі заготовок в позицію загрузки/розвантаження.
Розробка системи САПР - АСТПВ - АСОВІ ГВС	Розробка інтегрованих САПР - АСТПВ - АСОВІ як єдиного процесу, що дозволяє встановлювати оптимальні величини всіх параметрів в їх взаємозалежності.

Це одне з основних потреб створення і впровадження ГВС з різним устаткуванням, різною мірою гнучкості і рівнем автоматизації.

Гнучке орієнтоване планування охоплює одночасно проблеми освоєння нової техніки і впровадження її у виробництво.

У цьому виявляється органічний зв'язок технічної підготовки виробництва і власне виробництва - виготовлення продукції. Забезпечується цей зв'язок інтеграцією функціональних підсистем САПР – АС ТПВ - АСУ ГВС.

5.4. Особливості управління гнучким інтегрованим виробництвом

Сформована нова концепція організації управління гнучким інтегрованим виробництвом обумовлює перехід від масового виробництва продукції „на склад” до роботи „на замовлення”. Виготовлення продукції у великих обсягах за індивідуальними замовленнями в найкоротші терміни означає здатність підприємства виробляти у великій кількості широку гаму виробів, за рахунок уніфікації конструкції і можливості зміни їх властивостей на виході технологічного процесу у відповідності до поставлених вимог. Для цього виріб повинен бути спроектовано з незалежних блоків (модулів) високого ступеня готовності, з яких можна легко і відносно недорого збирати кілька різновидів базового виробу. З цією метою загальний процес виробництва розчленовується на дві послідовно реалізовані складові (етапи) [57, 112].

Впровадження нової техніки, технології, системи планування саме по собі не призводить до зростання ефективності виробництва, підвищення продуктивності праці: необхідно відповідне управління виробництвом. Відповіді на питання: „Хто, що, де і як?” - складають зміст будь-якого управління, проте на відміну від традиційного виробництва в ГВС вони набувають велику невизначеність.

Система управління виробничою одиницею є сукупність цілей, функцій, принципів, методів і органів управління. Процес гнучкою автоматизації викликає значне їх змінення.

Метод управління - це спосіб, шлях здійснення управлінського впливу на об'єкт управління для досягнення поставлених задач. В умовах промислового підприємства необхідно забезпечити ефективне функціонування кожного окремого процесу. Такі методи управління реалізуються у вигляді окремих задач управління. Зміна методів управління в умовах ГВС полягає в постановці і вирішенні виникаючих нових проблем управління. Вирішення цих проблем може здійснюватися по-перше, за рахунок розширення управління окремими процесами і, по-друге, за рахунок постановки принципово нових задач управління. Частина

принципів управління (науковий підхід, комплексність, цільова спрямованість) в гнучкому інтегрованому виробництві отримують більш повний розвиток і втілення. Вмістом процесу управління будь-яким виробництвом є прийняття рішень щодо зміни виробничої діяльності. Удосконалення та зміна процесу управління ГВС полягає в забезпеченні адекватності моделі, яка використовується для прийняття рішень в реальному виробництві. Високий рівень автоматизації, наявність можливості автоматичного збору інформації дозволяють використовувати більш складні моделі і концепції.

Гнучке інтегроване виробництво вимагає відповідної організаційної структури управління, перерозподілу і уточнення задач кожного рівня управління, підрозділи, відділів і служб підприємства.

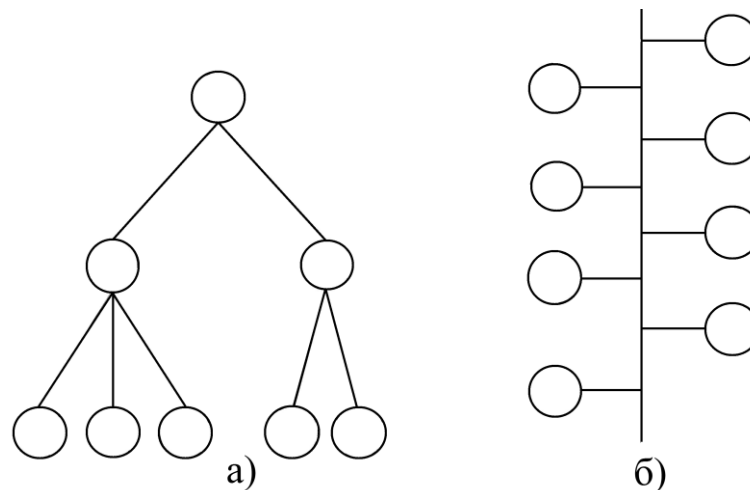


Рис. 97. Схема управління виробництвом.

Збільшення гнучкості призводить до необхідності відмови від старого ієрархічного управління (рис. 97, а) [66]. По мірі руху до нижчих рівнів сумарний об'єм інформації зростає, при цьому рішення, які прийняті на більш високому рівні, накладають обмеження на дії і ініціативу нижчого рівня управління. Незалежно від наявності будь-якої схеми координації на кожному наступному рівні суворе ієрархічне управління не буває оптимальним при частих змінах виробничого процесу і обмежує гнучкість виробництва. Багаторівневе ієрархічне управління, як правило, не забезпечує постійний контроль верхнім рівнем безперервно мінливі ситуації на нижньому рівні. При цьому, має місце дуже великий інтервал часу проходження команд і рапортів про їх виконання. Ситуація в часі змінюється швидше, ніж проходять команди. Ієрархічне управління, як правило, створює бар'єри між організаційними підрозділами і може

перешкоджати внутрішнім потокам інформації (по горизонталі).

При вертикальному розподілі праці в управлінні, функціональна структура управління, яка в прийнятті рішень робить кожен підрозділ практично „незалежним” від підрозділів інших функцій, одна від одної, є неприйнятною для гнучкого інтегрованого виробництва.

При паралельному виконанні різних етапів робіт, які притаманні гнучкому виробництву, а також будь-яка незначна перешкода в обміні інформацією може звести нанівець всі переваги паралельної організації роботи. Усні та письмові розпорядження можуть запізнюватися, передаватися з помилками і неправильно інтерпретуватися, що робить практично неможливим швидкі колективні рішення і дії.

В умовах вимоги високої гнучкості виробничих систем та складності управлінських рішень недоцільно створювати тільки централізовану систему управління, яку важко міняти і адаптувати до різних виробничих ситуацій. Високоцентралізована система завжди прагне бути жорсткою. Однак, необхідність паралельного вирішення багатьох задач, які раніше вирішувалися послідовно, вимагає посилення координації, тобто горизонтальних зв'язків між однорідними підрозділами і підрозділами, які виконують різні виробничі функції. Причому це повинне здійснюватися як на однакових так і на різних рівнях (зв'язок оператора, обслуговуючого заготівельну ГВС з оператором оброблюваного ГВМ).

Інтеграція окремих елементів ГВС і АСУВ дозволяє персоналу, який обслуговує різні елементи ГВС, обмінюватися інформацією через центральні банки даних як по вертикалі, так і по горизонталі. Це забезпечує хорошу технічну взаємодію і швидке прийняття рішень в рамках своєї компетенції, а також краще виконання розпоряджень відповідного вищого рівня за всіма вертикальними зв'язками.

При обмеженому часі на аналіз виробничої системи і в умовах невизначеності підготовки, створення управлінського рішення повинне починатися на найнижчому рівні (по відношенню до передбачуваної дії). Якість прийнятого рішення залежить від ступеня узгодженості по горизонталях (пропорційність, завантаженість обладнання і т.д.).

Горизонтальні зв'язки забезпечують всебічний аналіз виниклої проблеми і раціональності її рішення. Управлінське рішення передається на наступний рівень, якщо результат його виконання впливає на параметри, за які відповідає даний (вищий) рівень, або якщо для його виконання необхідна дія більш високого рівня. Іншими словами, зміна технології обробки деталей є рішенням рівня елемента ГВС, зміна планів випуску деталей - рішенням рівня всієї ГВС (цеху), а збільшення ресурсів виробництва - рішенням рівня підприємства.

Особливого значення набувають проблемно-орієнтовані методи

вирішення задач управління з горизонтальними зв'язками між підрозділами гнучкого і традиційного виробництва. У змішаному виробництві на перехідному етапі кількість управлінських задач, як правило, зростає. Для успішного їх вирішення необхідно формалізувати горизонтальні зв'язки шляхом створення технічних проблемних груп з представників всіх зацікавлених підрозділів гнучкого і традиційного виробництва.

Об'єм повсякденної інформації з підвищенням складності і номенклатури виробів значно зростає, і її своєчасна обробка не може бути здійснена без сучасних засобів електронної обробки інформації із застосуванням ЕОМ. Потреба в високій швидкодії ЕОМ привела до появи принципу паралельної обробки інформації (багатопроцесорні системи). За період застосування ЕОМ в інженерній практиці зазвичай використовували концепцію ієрархічного управління. Останнє досягнення в створенні ЕОМ з розподіленою потужністю і відкритою архітектурою відкрили дорогу для гетерархічного управління (рис. 97, б). Гетерархія - система, яка утворена пересічними, різноманітними і одночасно співіснуючими структурами управління. В основу гетерархічної системи покладені рівні права і рівну відповідність кожного елемента системи, рівний доступ і доступність один до одного при строгому дотриманні дисципліни, яка накладається системою. У свою чергу вимагається акуратне і однозначне впорядкування правил і цілей, які формують систему.

Але в умовах забезпечення високої гнучкості і надійності функціонування виробничих систем неможливо експлуатувати повністю гетерархічну систему управління, так як відсутні вертикальні зв'язки, які дозволяють здійснювати контроль, регулювання виробничого процесу і забезпечувати стабільність графіка виробництва. Враховуючи цю обставину слід зазначити, що гнучкому виробництву найбільш відповідає матрична система зв'язків в управлінні з широкими горизонтальними і короткими вертикальними зв'язками, тобто малорівнева ієрархія управління з вільною горизонтальною координацією, незалежною від рівня ієрархії.

Децентралізація може бути забезпечена лише матричною структурою управління з відповідним балансом вертикальних і горизонтальних зв'язків, який залежить від конкретних умов виробництва і етапності впровадження ГВС, тобто рівня змішаного гнучкого і традиційного виробництва.

Матрична структура управління підприємством з посиленими горизонтальними зв'язками є прогресивною і стає можливою лише при комп'ютеризації управління на базі ЕОМ і мікропроцесорної техніки.

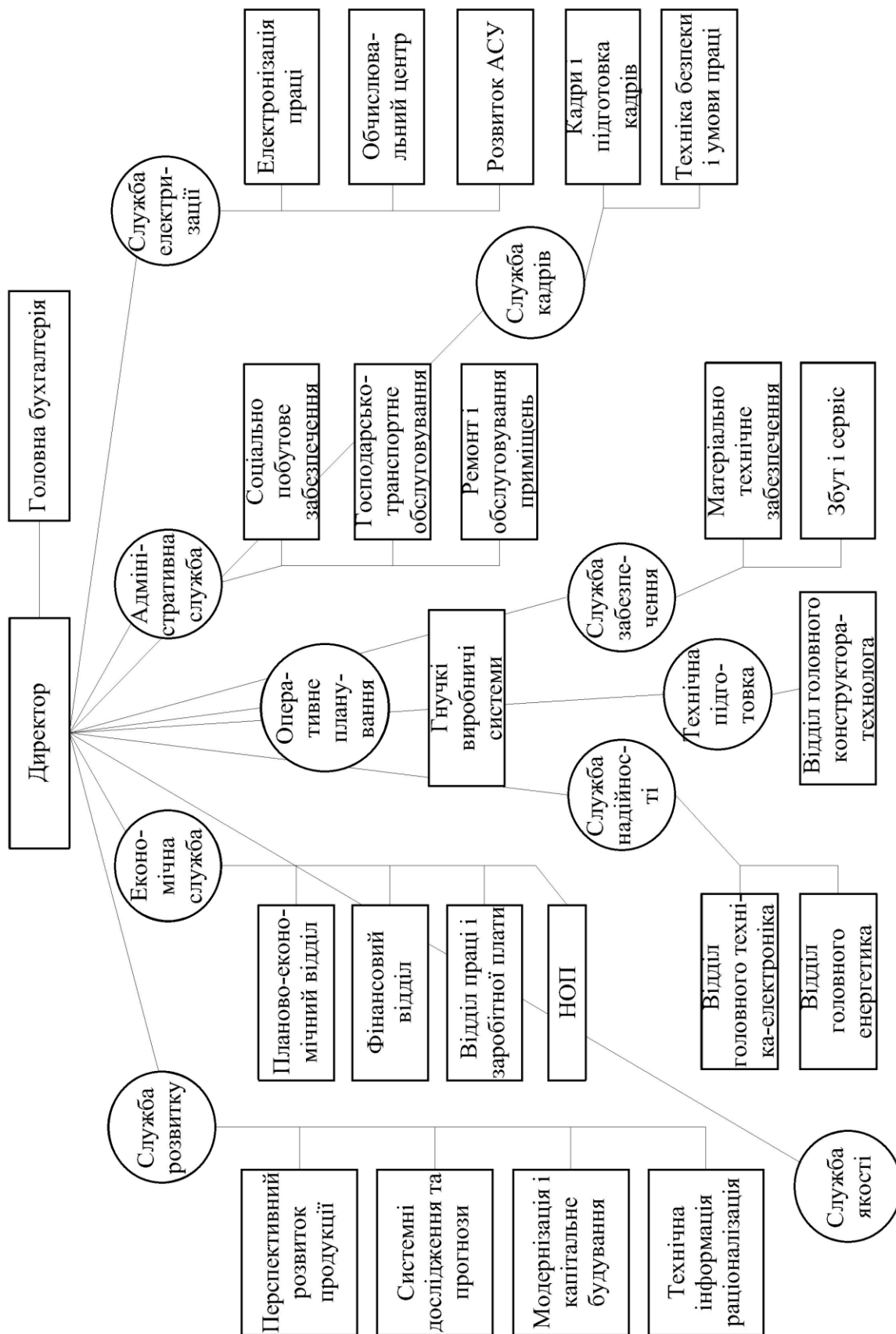


Рис. 98. Схема служб управління ГВС

Вона забезпечує скорочення багаторівневого ланцюга управління від директора до оператора (іноді налічується більше 10 рівнів), розвантажує верхній ешелон керівництва від маси поточних дій. Це посилює роль трудових колективів в управлінні підприємством, підвищує ступінь відповідальності кожного, колективізує працю, зміцнює і розвиває принцип демократичного централізму в управлінні.

Широке застосування обчислювальної техніки як однієї з основ гнучкого виробництва забезпечує і комп'ютеризацію зв'язків в усіх напрямках їх матричної структури. Матрична структура зв'язків управління гнучким виробництвом ослабляє строго функціональну структуру управління, зменшує міру функціональної спеціалізації при розподілі. Для збереження повної відповідності за функцію на вищих рівнях управління необхідна певна формалізація горизонтальних зв'язків, щоб забезпечити більш широку ініціативу в прийнятті спільних рішень персоналом різного функціонального підпорядкування. На рис. 98 представлена наглядна схема служб управління в умовах ГВС.

Управління гнучким виробництвом є не стільки системою механічного типу, скільки системою органічного типу, орієнтованою на людину, коли головними критеріями ефективності управління стають правильна постановка завдань, чітке визначення проблем і точне формулювання кінцевих результатів.

Основним методом управління системами органічного типу є колективне і децентралізоване прийняття рішень на основі обміну директивною і проблемо - орієнтованою інформацією, що повністю відповідає умовам постійного виникнення різних проблем і змін виробничій ситуації.

Таким чином, зростає децентралізація управління. Зі збільшенням децентралізації вершина ієрархічної піраміди наближається до її основи, яка в свою чергу розширюється і збільшує горизонт кожного рівня. У гнучкому виробництві, коли відбувається скорочення числа рівнів по вертикалі управління, розширення горизонтів кожного рівня не буде великим, оскільки скорочується загальне число зайнятих, тому початковою організаційною одиницею стає елемент ГВС, а не робоче місце з одним-двома верстатами.

До того ж кожна одиниця технологічного обладнання в складі ГВС може замінювати 10 і більше одиниць обладнання в традиційному виробництві. Це відбувається за рахунок зростання продуктивності праці, коефіцієнта використання обладнання, коефіцієнта змінності, збільшення числа робочих днів у році, можливості „безлюдної” роботи).

Вивільнення працівників та інших виконавців, зайнятих безпосередньо у виробничому процесі при впровадженні ГВС, робить цехи

малолюдними, що веде до скорочення управлінського персоналу, особливо нижніх рівнів (бригадирів, майстрів, начальників змін, ділянок і ін.), об'єднанню або спрощенню структури управління, яка була необхідна при „багатолюдних” цехах. Таким чином цех замінюється об'єднанням під одним рівнем керівництва декількох елементів ГВС. При цьому зберігається цілісність управління підприємством як єдиною системою, в якій елементи ГВС стають її підсистемами і легко адаптуються для виконання ухвалюваних рішень.

Використання в машинобудуванні обробних ГВС різного призначення, їх інтеграція з САПР, АСТПВ, з заготівельними ГВС (або цехами), зі складальними ГВС визначає перехід від технологічної (по переробці) до предметної (за виробами) організації структури виробництва.

Кожна ГВС стає цілеспрямованою і багатоцільовий системою як з точки зору виробленої продукції, так і з точки зору технологічних перенастроювань. Гнучкість дозволяє обробляти деталі і збирати вузли різних виробів на одних і тих же ГВС. Це вимагає також посилення горизонтальних зв'язків, тобто координації в прийнятті рішень. Тому необхідна спільна розробка найбільш правильних і взаємоприйнятних оцінок проблем, альтернативних варіантів їх рішень і виробки загального курсу дій виробничих підрозділів.

Оскільки тільки на складальному конвеєрі стає точно відомим штучний (необхідне для виготовлення одного виробу) час і кількість потрібних вузлів і агрегатів, то саме з лінії фінішної зборки на попередні ділянки, вгору по всій виробничо-технологічній цепочке, направляється тара із запитом на деталі необхідної номенклатури і в необхідній кількості. На кожній такій ділянці необхідні деталі або матеріали виготовляються і відправляються (беруть участь у виробничому процесі або умовно „вилучаються”) тільки за запитами наступних ділянок, які розташовані пізніше по руху потоку виробів.

Завдяки цьому в такому відомому автомобільному концерні Тойота робота всіх локальних ділянок виробництва - починаючи від входу в систему (надходження сировини, матеріалів і комплектуючих) і до виходу з виробничої системи (фінішної зборки і відвантаження замовлених виробів споживачам) - організаційно і технологічно об'єднана в один безперервний матеріальний потік виробів (Toyota process system - TPS).

Система TPS являє собою вдалий гібрид відомих способів виготовлення виробів. Вона об'єднує в собі дві взаємовиключаючих властивості: індивідуальний підхід до запитів споживача і високу якість виготовлення продукції. Робота ділянок організована і регулюється так, що кожна технологічна ділянка (операція) виробляє, коли потрібно, тільки те,

що потрібно наступної по ходу виробничого процесу ділянці, що забезпечує виконання замовлення з мінімальними витратами в найкоротший час і високою якістю. Це забезпечується за допомогою спеціально розробленої сигнальної інформаційної системи децентралізованого (горизонтального) управління виробництвом.

Координація роботи різних технологічних ділянок виробничого процесу заснована на регулюванні їх спільної роботи за допомогою безпосереднього обміну між ділянками інформацією щодо необхідних в даний момент номенклатури і кількості виробів. Виходячи з цих даних, визначається зміст і темп синхронізованою роботи ділянок і всієї виробничої системи в цілому (такт спільної роботи). На відміну від централізованого управління, яке за допомогою вертикальної системи календарного планування задає кожній ділянці прогностні терміни і обсяги виготовлення деталей і напівфабрикатів, децентралізована система горизонтального (міжопераційного) обміну інформацією дає ділянкам вгору по потоку руху виробів (починаючи від етапу фінішної зборки) точні виробничі інструкції про те що, коли і з яким темпом виробляти.

Горизонтальний обмін інформацією здійснюється за допомогою системи керуючих сигналів-команд на запуск виробничих операцій, які подаються вгору по виробничому ланцюжку від нижніх ділянок-споживачів виробів до верхніх по потоку ділянкам-виробникам. У просторово-часовій динаміці даний підхід до управління процесами дозволяє будувати ланцюжки взаємопов'язаних операцій, в яких локальні ділянки-виробники виробів пов'язані з ділянками-споживачами дискретними інформаційними потоками, які регулюють рух деталей і комплектуючих за принципом запиту одними ділянками від інших тільки тих виробів, які їм необхідні в даний момент [56, 57, 112].

Даний принцип оптимального регулювання виробничих процесів в технологічній практиці отримав найменування системи вилучення. В цьому випадку вироби умовно „витагуються” (вилучаються) з ділянок, які лежать вище по потоку виробів ділянками-споживачами, розташованими нижче по потоку. Така система „витагування” (або „вилучення”) є основою однієї з провідних в світі концепцій оперативного управління виробництвом, яка носить назву „точно в строк” (just-in-time / JIT) і дозволяє оперативно регулювати кількість продукції на різних стадіях виробництва (як на заводах-виробниках, так і в оперативному веденні фірм-постачальників напівфабрикатів і комплектуючих). Оскільки точність такого міжопераційного просторово-часового регулювання (синхронізації) досить висока, а алгоритм і ритмічність роботи виробничої системи задається в реальному режимі часу складальним конвеєром, то відпадає необхідність в оперативному виробничо-календарному плануванні роботи

технологічних ділянок і створенні проміжних (міжопераційних) запасів деталей і комплектуючих. [56, 57].

Такий принцип регулювання виробничих процесів дає можливість рівномірно без збоїв виготовляти поодинокі вироби, які без затримки переходять від одних технологічних операцій обробки до інших, таким вниз по потоку, створюючи, таким чином, безперервний ритмічний потік продукції, що випускається. Переваги потоку одиничних виробів (інтенсивність, економічність і якість виробництва) пояснюються тісним взаємозв'язком технологічних операцій. Це дозволяє оперативно виявляти виникаючі організаційно-технологічні проблеми, що є ефективним інструментом мотивації праці (перебудови поведінки). В цьому відношенні TPS ідеальна для вдосконалення поведінки персоналу, оскільки зворотний зв'язок здійснюється в ній миттєво, і робочі і бригадири за допомогою візуального контролю потоку одиничних виробів мають можливість оперативно виявляти проблеми, пов'язані з якістю власної роботи.

Проблеми, що виникають в цьому випадку не можуть довго переховуватися за запасами або в чергах на переробку ресурсів. Вони виявляються негайно, що дозволяє відразу перейти до їх вирішення за допомогою реорганізації виробничого процесу і організації додаткового навчання персоналу. При цьому оцінка якості роботи не носить індивідуально спрямований (особистий) характер і спрямована на ефективність (злагодженість) колективної роботи. Така щоденна і всебічна оцінка роботи дозволяє безперервно оцінювати ефективність своєї роботи і є основним стимулом злагодженості поведінки персоналу [56, 57]. Таким чином, в гнучкою виробничій системі пріоритетною є загальна (глобальна) оптимізація всього процесу виробництва.

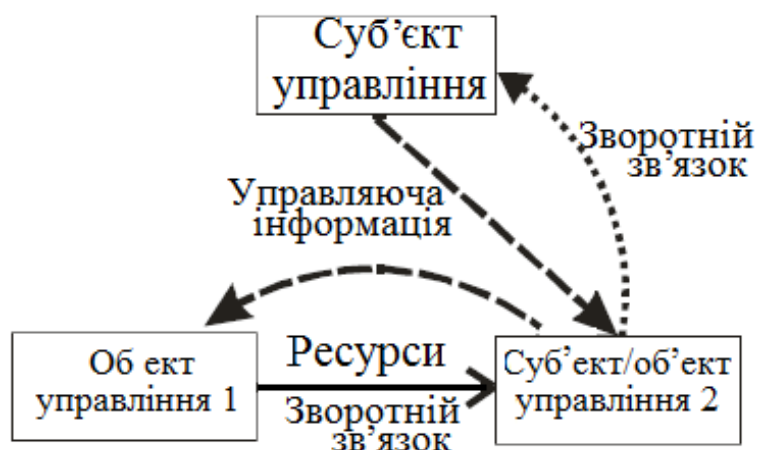


Рис. 99. Децентралізована система оптимального регулювання

У загальному вигляді децентралізована система управління (оптимального регулювання виробництва), яка наведена на рис. 99, передбачає наявність дворівневої (ієрархічної) моделі управління з розподіленою послідовною обробкою інформації. Відповідно до цієї моделі задача планування (цілевказівки) виконується централізовано вищим рівнем управління, який активує роботу (задає ритм) операційної системи за допомогою загальних планових завдань-команд, які направляються на виробничі ділянки (виконавчі пристрої), розташовані на початку або кінці технологічного ланцюжка [56, 57, 58, 112].

Відправною точкою регулювання управління виробництвом на даному етапі є графік складання різних модифікацій виробів на головному складальному конвеєрі. Він будується на підставі аналізу щоденних замовлень організацій збуту. Головний складальний конвеєр відповідно до графіка збірки відбирає необхідні напівфабрикати і складальні модулі з найближчих проміжних складів першого логістичного рівня. Вилучені зі складів напівфабрикати поповнюються механоскладальними цехами - постачальниками напівфабрикатів і модулів.

Процес відбору або вилучення складальних компонентів здійснюється в напрямку, протилежному руху матеріального потоку або ходу технологічного процесу. Як засіб підтримки оперативного управління виробництвом або інструменту, за допомогою якого здійснюється синхронізація виробничого процесу, використовується механізм вирівнювання інтенсивності роботи суміжних виробничих ланок. З цією метою по всьому технологічному ланцюжку за допомогою представленої нижче інформаційної системи комунікацій використовують горизонтальні керуючі зв'язки (сигнали).

Така синхронізація виробництва, що здійснюється за допомогою послідовної передачі горизонтальних управляючих сигналів по технологічному ланцюгу, є еталоном сучасного економічного виробництва. Для цієї мети служать спеціальні картки-замовлення, які використовуються як елементи змінно-добового завдання. Картки кріпляться до транспортних контейнерів, які циркулюють між виробничими ділянками, переміщаючи („витягаючи” або „вилучаючи”) відповідні вироби (виробничі замовлення) з попередньої технологічної стадії виробництва до наступної. За рахунок такої простої позаомовної системи „витягування” головний конвеєр отримує необхідну кількість потрібних комплектуючих виробів, виготовлених на попередніх виробничих ділянках. Ці ділянки, в свою чергу, виготовляють потім рівно стільки деталей, скільки було у них вилучено для збірки [57].

У цьому випадку вже не потрібно заздалегідь складати добовий виробничий графік, тому що послідовність виконання окремих етапів

виробничого плану визначається суміжними ділянками самостійно, а система витягування забезпечує їх ритмічну узгоджену роботу. При цьому центральний плановий орган контролює лише процес випуску готової продукції в реальному часі на підставі сформованого графіка збірки кінцевих виробів, який відповідає заявленому попиту [57].

Така організація оперативного управління технологічними ділянками утворює своєрідний конвеєр з обробки матеріальних і інформаційних потоків (за аналогією з синхронною роботою функціональних блоків ЕОМ останніх поколінь). При цьому інформаційні потоки (сигнали-запити) від виробничих ділянок-споживачів до ділянок-виробників виробів грають роль прямих управляючих команд по запуску тих чи інших технологічних операцій, а матеріальні потоки виробів є відповідною реакцією ділянок-виробників на запити ділянок-споживачів (зворотний зв'язок). Окремі виробничі ділянки (як і функціональні блоки ЕОМ) можуть працювати з різною інтенсивністю виконання операцій. Такі спеціальні пристрої локального міжопераційного управління виконують роль регуляторів або узгоджувачів швидкостей роботи суміжних виробничих ділянок, об'єднаних в єдиний виробничий процес (потік виробів) в режимі реального часу. Вони оптимізують спільну роботу ділянок за допомогою системи компромісів, що вирівнюють (врівноважують) швидкість виконання технологічних операцій в ході безперервного виробництва. Таким чином, виробничі підрозділи самостійно регулюють тривалість виконання операцій в потоці і їх інтенсивність у відповідь на зміну попиту, виходячи з реальних умов протікання виробничого процесу.

Однак, складність організації взаємодії паралельно працюючих ділянок, об'єднаних в інтегровані послідовні ланцюги, обмежує число комплексних виконавчих пристроїв і швидкодію виробничих систем при використанні в них мережевої моделі розподіленої послідовної обробки керуючої інформації [57].

Дана обставина призводить до суттєвих обмежень на широке впровадження способів організації і технології управління TPS з метою удосконалення та підвищення ефективності виробничих процесів на вітчизняних підприємствах. TPS добре справляється із завданням скорочення тривалості технологічного циклу та обсягів незавершеного виробництва, проте має ряд суттєвих недоліків, а саме: його застосування можливе при виготовленні продукції серіями; вимагається стабілізація рівня виробництва (зазвичай протягом місяця); немає більшої гнучкості асортименту продукції, що випускається; вироби повинні бути схожими і мінімально відрізнятися один від одного. Все це обмежує широке застосування принципів TPS в розширеному відтворенні, і

машинобудуванні зокрема.

Ефективність моделі розподіленого послідовного управління виробництвом, яка використовується в TPS і аналогічних їй складних виробничих системах для сучасних умов конкурентного ринку недостатня. Не дивлячись на те, що така модель допускає паралельну роботу виконавчих пристроїв, вона не здатна керувати операціями, в основі яких лежить більш широке (в порівнянні з TPS) використання штучного і природного групового інтелекту людей-операторів виробничої системи. Ця обставина обумовлює необхідність пошуку нових способів організації управління операціями.

Тому всі зусилля по розробці такої технології виробництва і способів оперативного управління, повинні бути спрямовані на те, щоб можна було виготовляти складні технічні вироби з використанням персоналу з середньою професійною і управлінською підготовкою. Регулювання інтенсивності операцій і руху матеріальних потоків має здійснюватися за допомогою простих в обслуговуванні інформаційних систем підтримки управління, звичних для людини (переміщення карток/контейнерів, відео- і аудіосигнали і т.п.).

Всі організаційно-технологічні збої в процесі виробництва повинні усуватися працівниками самостійно на рівні виробничої дільниці та цеху. Основна увага приділяється виключенню застосування надскладних автоматизованих технологій наскрізного тотального управління. Акцент робиться на взаємодію і самоорганізацію робочих центрів із залученням до процесу управління активних елементів системи - робітників, використання інтелектуального потенціалу, ініціативи і внутрішнього процесу саморегулювання [57].

З метою реалізації такого підходу на практиці використовують єдиний комплекс засобів інформаційних комунікацій і візуального контролю для інтелектуальної підтримки колективної діяльності людей-операторів. Такі інформаційні технології служать для заміни фізичних прототипів засобів зовнішньої підтримки інтелектуальної діяльності людини їх електронними моделями. З цією метою використовують великі інформаційні екрани-таблоїди, які встановлені на складальній лінії. Вони відображають в реальному часі необхідну інформацію про хід процесу протягом робочої зміни, що є важливим фактором злагодженої колективної роботи.

Концепція візуалізації, яка застосовується в системі TPS, передбачає оснащення використовуваного стандартного обладнання інтелектуальними пристроями стеження для виявлення відхилення від стандартного режиму роботи. Вони автоматично зупиняють верстат, повідомляють про це людей-операторів за допомогою звукової (радіочастотної) і візуальної

сигналізації.

На додаток до цього кожна технологічна стадія оснащена пристроями попередження помилок оператора, які здійснюють підтримку сенсомоторної діяльності робочих при виконанні ними стандартних предметних дій. Витрати на автоматизацію контролю якості багаторазово окупаються, так як економічно більш вигідно виявити дефект на місці, не допускаючи його передачу по ходу виробництва, ніж організовувати вибірковий контроль на виході процесу і подальше виправлення браку по рекламациях споживачів.

Існуюча концепція використання інформаційних технологій управління полягає в підтримці аналітичної діяльності персональних ЕОМ і різних програмних комплексів, які допомагають аналізувати і порівнювати (оцінювати) розрізнені емпіричні дані без урахування виникаючої поточної виробничої ситуації.

Така концепція висуває нову актуальну науково-технічну задачу формування моделі конкурентоспроможного виробництва. В основі її рішення лежить процес інтеграції виробничо-технологічних ланцюжків на основі самоорганізації і оптимального регулювання діяльності виробничих одиниць в складі підприємства [57].

При цьому фактором конкурентоспроможності та ефективності промислового виробництва стає інтелектуальна підтримка процесів об'єднання і координації людей-операторів, які здійснюють спільну роботу в групі. Тому ефективність технології гнучкого поточного виробництва, фізичною моделлю якої є потік одиничних виробів, полягає в узгодженні інтелектуальних технологій і спільної трудової діяльності працівників для досягнення кінцевого результату роботи всього підприємства.

Завдяки цьому, усвідомлення такого важливого чинника є альтернативою непродуктивним підходам до перебудови підприємств, в основі яких лежить "сліпе копіювання" передових методів і специфічних інструментів ефективної, на перший погляд, організації виробництва і управління.

Науковий напрямок досліджень в області організаційного проектування гнучких виробничих систем, надає розробникам, керівникам і фахівцям підприємств базові знання в питаннях фундаментальних процесів організації і регулювання виробничого середовища в промисловості.

На основі цих досліджень можна успішно розробляти і впроваджувати у виробництво розробки нових виробничих систем з урахуванням особливостей розглянутих підприємств.

5.5. Комп'ютеро-інтегроване виробництво

Під впливом науково-технічного прогресу в сучасних умовах (починаючи з 1980-х рр.) в технології машинобудування відбуваються суттєві зміни форм організації виробництва виробів, які обумовлені механізацією і автоматизацією технологічних процесів. Однією з таких форм, що отримала застосування при впровадженні засобів автоматизації в гнучку виробничу систему (ГВС), є інтегрована форма організації виробництва, яка передбачає об'єднання основних і допоміжних операцій в єдиний виробничий процес. На відміну від існуючої практики роздільного проектування операцій, процесів складування, транспортування, управління і обробки на ділянках з інтегрованою формою організації, ці окремі процеси пов'язуються в єдиний виробничий процес. Це досягається шляхом об'єднання всіх робочих місць за допомогою автоматичного транспортно-складського комплексу, який являє собою сукупність взаємопов'язаних, автоматичних і складських пристроїв, засобів обчислювальної техніки, які призначені для організації зберігання та переміщення предметів праці між окремими робочими місцями. Управління ходом виробничого процесу тут здійснюється за допомогою ЕОМ, яка забезпечує функціонування всіх ділянок виробничої системи за наступною схемою: пошук необхідної заготовки на складі - транспортування заготовки до верстата - обробка - повернення деталі на склад. Для компенсації відхилень у часі при транспортуванні і обробці деталей на окремих робочих місцях створюються буферні склади міжопераційного і страхового заділів [1, 8, 57].

Інтегрована форма організації виробництва забезпечує досягнення економічного ефекту за рахунок скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення деталей, скорочення часу завантаження верстатів, поліпшення регулювання і контролю процесу виробництва. Особливість інтегрованих виробництв полягає в наявності комп'ютерної системи управління, а також в широкому застосуванні інформаційних технологій, які забезпечують можливість об'єднання окремих процесів, функцій і задач в єдину систему для підвищення ефективності виробництва. Розвиток робіт з інформаційних технологій в кінці 1980-х - початку 1990-х років призвело до появи поняття комп'ютеризованого інтегрованого виробництва (КІВ).

Новизна підходу концепції КІВ полягає в застосуванні комп'ютерних технологій для автоматизації технологічних процесів і операцій, в створенні інтегрованої інформаційної системи управління виробничою діяльністю підприємства. Досягнення інформаційної інтеграції виробничо-технологічних процесів можливо здійснити на основі використання

загальних баз даних. Це дає можливість ефективно вирішувати питання розробки і проектування виробів, інженерної підготовки, планування і регулювання виробництва, задач матеріально-технічного забезпечення.

В основу створення великої кількості проектів по створенню і практичній реалізації автоматизованих заводів (АЗ) була покладена концепція КІВ, якій присвячено цілий ряд робіт російських і зарубіжних вчених [2, 16, 17, 25, 59, 109].

Використання комп'ютерних мереж в цих проектах передбачалося для сервісної та технічної підтримки філій і взаємодії з підприємствами-постачальниками комплектуючих виробів. За період з 1985 по 1995 рік у світі було створено близько 20 автоматизованих заводів (АЗ) за концепцією КІВ з різним рівнем автоматизації. З них вісім АЗ випускали металорізальне обладнання, чотири - вироби для аерокосмічної промисловості (США), інші КІВ були орієнтовані на випуск різних агрегатів широкої номенклатури, включаючи компоненти обчислювальної техніки і електричних машин. Від впровадження КІВ очікувалося: зменшення розмірів підприємств, збільшення коефіцієнта використання обладнання і зниження накладних витрат, значне зменшення обсягу незавершеного виробництва. Також передбачалося скорочення витрат на робочу силу за рахунок організації „безлюдного” виробництва, прискорення змінюваності моделей продукції, що випускається відповідно до вимог ринку, скорочення термінів поставок продукції і підвищення її якості. [25, 26, 31].

Однак, незважаючи на те, що дослідженням в галузі використання інформаційних технологій в гнучкому виробництві було присвячено велику кількість наукових робіт, а на створення експериментальних комп'ютерно-інтегрованих виробництв витрачені значні фінансові кошти, - досягти поставленого завдання загальної інтеграції виробничого процесу за допомогою автоматизації управління не вдалося. Через допущені методологічні помилки системотехнічного характеру, а також по ряду інших об'єктивних причин, ці проекти не були реалізовані в повному обсязі. Але результати науково-технічних розробок, отримані при проведенні НДДКР, були використані в проектах меншого масштабу. Невдачі в реалізації ідей і принципів КІВ, як і багатьох інших проектів з розробки автоматизованих систем управління виробничими процесами (АСУПВ) в 1980-90-х рр. пояснюється тим, що в їх концепцію від початку було закладено принцип максимально можливого ступеня автоматизації управління. Це практично повністю виключає участь людей-операторів (тобто осіб, які приймають рішення) в управлінні виробництвом [8, 25, 26, 30, 57].

Подальші дослідження із заміни людини машиною поставили перед

дослідниками і розробниками КІВ складну методологічну проблему відповідного (адекватного) подання до машинного середовища знань про реальні об'єкти і процеси. Вирішити таку задачу за допомогою відомого апарату теорії автоматичного управління і формалізованих методів класичної математики об'єктивно неможливо в переважній більшості випадків.

Спроби рішення важко формалізованих і неформалізованих задач управління, які переважають в складних виробничих системах, за допомогою ЕОМ не дають потрібного результату. Це пояснюється обмеженим інтелектом ЕОМ, що призводить до грубих помилок в оперативному регулюванні складного динамічного процесу виробництва.

Частковим або компромісним рішенням таких складних завдань автоматизації управління виробництва стали проектні та планово-облікові аналітичні завдання, які реалізуються за допомогою систем підтримки прийняття рішень у складі так званих корпоративних інформаційних систем (KIC).

Концепція КІВ вичерпала свої можливості в 1990-х. рр., обмежившись виготовленням деталі на одному робочому місці з однієї установки і таким чином вирішуючи завдання автоматизації технологічних процесів на багатофункціональних обробних центрах. Такі гнучкі роботизовані виробництва на їх основі з надлишковою функціональністю (ГВС - Flexible manufacturing system - FMS) здатні в напівавтоматичному або умовно-автономному режимі здійснювати паралельну обробку різних деталей. Це так зване багатопредметне виробництво виробів в межах заданої номенклатури без необхідності переривання на переналагодження або передачі предметів праці на інші обробні центри. Перехід до випуску нових виробів здійснюється за рахунок зміни (переналагоджування технічних засобів, інструменту, перепрограмування системи управління і т.п.) робочого стану ГВС [16, 37].

Основу більшій частині гнучких роботизованих виробничих систем складають багатофункціональні обробні центри на базі вертикальних токарних верстатів, які здатні виконувати практично будь-які технологічні операції з однієї установки деталі (токарна обробка, фрезерування, свердління, розгортання, шліфування, різьбонарізання, зубофрезерування, лазерне зварювання).

Перспективні розробки в напрямку збільшення функціональної надмірності виробничих ділянок механічної обробки, з переважним використанням машин і обладнання автоматичної дії, направлені на розвиток нової концепції мехатронних обробних центрів. Це обробні модулі, які мають можливість автоматичної зміни їх інструментальної наладки та просторової конфігурації в реальному режимі роботи перервно-

потокowego виробництва. Таким чином, подолання протиріч між технологічною базою масового і серійного виробництва, в тому числі і в автомобілебудуванні, при постійному випуску однотипної продукції, і новими вимогами конкурентного ринку здійснюється заміною верстатів і агрегатів з жорсткою функціональною структурою і компонуванням на гнучкі виробничі модулі або системи (ГВС - FMS). У майбутньому передбачається перехід на реконфігуровані виробничі системи (PBC - Reconfigurable manufacturing system - RMS), що володіють можливістю змінюватися або адаптуватися просторово-часової організації виробничої системи до змін ринкового попиту на продукцію в залежності від застосовуваних методів організації виробництва.

Концепція RMS, яка розвивається за кордоном, розглядається як альтернатива гнучким виробничим системам. Її реалізація почалася за кордоном з середини 90-х р в США і потім в Німеччині, Японії. З цією метою був створений науково-дослідний центр в складі Мічиганського університету, який є національним центром розвитку і реалізації концепції RMS в США (Engineering manufacturing center for Reconfigurable manufacturing systems, University of Michigan). При цьому центрі створений і діє експериментальний завод для проведення і реалізації досліджень. Модулі або комірки RMS працюють одночасно (рис. 100) і сконструйовані таким чином, що при виконанні одного робочого циклу одночасно виконується кілька операцій різних видів.

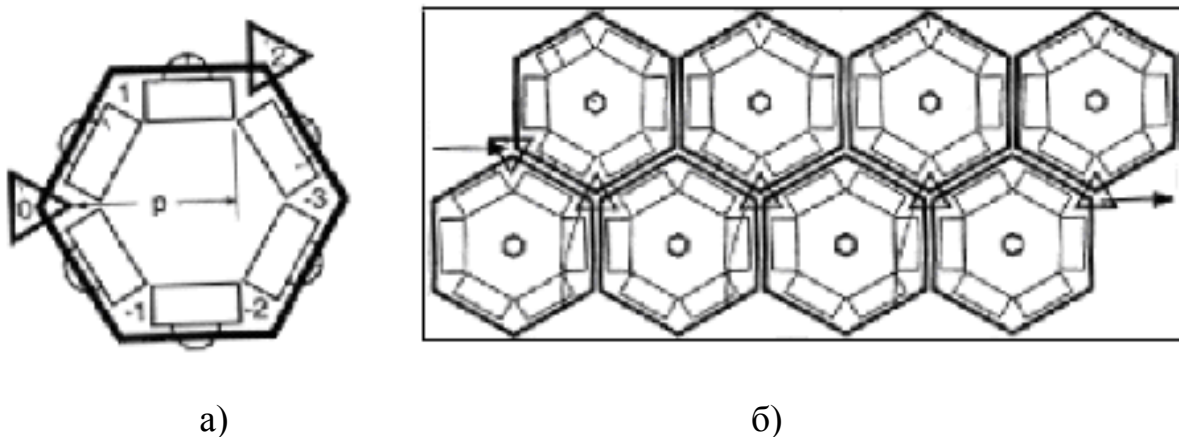


Рис. 100. Планування ділянки реконфігурованого виробництва на основі стільникових виробничих комірок або модулів

Останнє виключає необхідність переміщення і очікування деталей в черзі між операціями обробки, знижують рівень матеріально-виробничих запасів і кількість робочих забезпечуючи мінімізацію витрат і збільшення оборотності ресурсів.

Блочно-модульна або матрична структура реконфігурованою виробничої системи дає можливість компонувати будь-які багатомірні віртуальні технологічні ланцюги з різноманітною просторово-часовою конфігурацією. Така структура дає можливість поперемінно включати окремі технологічні комірки в роботу при послідовному чергуванні однотипних технологічних процесів на багатопредметних групових змінно-потоккових лініях із суцільним запуском. Така організація виробництва на базі функціонально надлишкових модулів у вигляді розподіленого виробничо-технологічного середовища дозволяє одночасно виконувати більшу частину різних технологічних операцій з обробки деталей, що різко підвищує продуктивність. Це пояснюється тим, що значно (на 2/3) скорочується час їх перебування у виробничому процесі, отже, забезпечується мінімізація витрат і збільшення оборотності ресурсів.

На більшості вітчизняних підприємств машинобудування, незалежно від використовуваних ними моделей організації виробництва (традиційної чи гнучкою), етапи виробничого процесу найчастіше виконують послідовно. Це призводить до того, що час проходження виробу через технологічний процес включає тривалість всіх послідовно здійснюваних етапів виробництва, а також непродуктивні втрати часу на транспортування деталей і очікування між операціями по їх обробці. Однак, посилення конкурентної боротьби виробників на товарних ринках після 1980-х рр. вимагає, крім забезпечення високої якості та оптимальної вартості виробів, ще й швидкого виконання замовлень споживачів. На сьогоднішній день основною конкурентною перевагою в організації виробництва стає висока швидкість виконання замовлень в умовах нестабільної кон'юнктури ринку. Така перевага забезпечується скороченням виробничого циклу при збільшенні потужності виробничої системи. При цьому організація паралельних технологічних процесів здійснюється за рахунок застосування комплексу багатофункціональних обробних центрів із зосередженим виконанням деталеоперацій. При точкової формі організації виробництва робота повністю виконується на одному робочому місці. В цьому випадку виріб виготовляється там, де знаходиться його основна частина (наприклад, збірка виробу з переміщенням робочих навколо нього). Організація точкового виробництва забезпечує ряд переваг: є можливість внесення частих змін в конструкції виробів і послідовності обробки; виготовлення виробів різної номенклатури в кількості, що визначається потребами ринку; знижуються витрати, пов'язані зі зміною розташування обладнання; підвищується гнучкість виробництва [57].

Подальші дослідження і дослідно-конструкторські роботи в даному напрямку показали перевагу використання обладнання автоматичної дії,

які пов'язані з розвитком нової концепції мехатронних обробних центрів. Вони мають можливість автоматично змінювати свою інструментальну компоновку і просторову конфігурацію в реальному режимі роботи перервно-поточного виробництва. При цьому така класична ГВС - RMS включатиме в себе наступні компоненти: RMT – переналагоджуваний верстат; CNC - обладнання, кероване комп'ютерами; ділянки контролю, пов'язані транспортною системою.

Якщо розглядати послідовність застосування інформаційних технологій в управлінні технічними об'єктами, технологічними процесами і обробки інформації при прийнятті рішень, то можна відзначити кілька періодів:

- механізація і автоматизація обробки даних, управління виробничими системами і підприємствами;
- розробка інформаційних дають поради (експертних) систем на основі персональних ЕОМ і мережевих технологій;
- інтегрована інформаційна підтримка рішень на всіх стадіях життєвого циклу продукції (CALS / CAD / CAM / CAE-технології), яка характеризує новий етап розвитку організаційного управління на основі широкого використання передових інформаційних технологій та інтелектуальних систем.

Інтегровані комп'ютерні технології привели в своєму розвитку до появи унікальних засобів проектування, випробування і налагодження динамічних об'єктів і процесів. Йдеться про комп'ютерні комплекси програмно-апаратних засобів реального часу, що реалізуються в середовищі Matlab / Simulink.

Сучасні розробки в цьому напрямі пов'язані також з інтеграцією передових інформаційних технологій навколо життєвого циклу продукції підприємства, які доповнюються новими організаційно-управлінськими стратегіями, пов'язаними з підтримкою процесів життєдіяльності самого підприємства, забезпеченням більш ефективної комунікації його відділів і служб, тісної кооперації з партнерами, оперативної взаємодії з клієнтами.

Така ідея багатовимірної комп'ютерної інтеграції лежить в основі що розвивається В.Б. Тарасовим і ін. Концепції МетаКІВ, заснованої на використанні розглянутих нами раніше асоціативних форм організації колективної праці - мережевих і віртуальних підприємств, телекомунікаційних Web-технологій і систем штучного інтелекту, які служать інструментальними засобами побудови МетаКІВ [57].

Таким чином, застосування концепції комп'ютерної інтеграції виробництва не обмежується локалізованим високотехнологічним виробництвом або окремим підприємством.

Сьогодні вона успішно розвивається в широких масштабах

інтегрованих галузей і комплексів промисловості в якості універсального підходу до оптимізації операційних витрат при здійсненні своєї діяльності, пов'язаної з розробкою та виробництвом наукомісткої продукції світового класу (наприклад, при виробництві аеробусів А-310 і ін.; при створенні нових моделей комп'ютерів фірм Apple і Sony і т.д. [57].

Контрольні запитання для самоперевірки

1. У чому особливість інтегрованих виробництв?
2. У чому проявляється можливість в гнучкому інтегрованому виробництві використання переваг різних типів виробництва?
3. Які загальні принципи організації ГАВ ви знаєте?
4. Чим відрізняються гнучкі виробничі системи від технічних систем?
5. Які основні види гнучкості рекомендуються при вирішенні різних задач в умовах ГВС?
6. Перерахуйте основні фактори, що забезпечують функціонування ГВС.
7. Які основні елементи складають виробничо-технологічні системи ГВС?
8. Що включає в себе система забезпечення функціонування ГВС в автоматичному або автоматизованому режимі?
9. Які основні елементи складають інформаційно-обчислювальну та керуючу частини ГВС?
10. Які функціональні підсистеми машинобудівного підприємства майбутнього - (ГАЗ) гнучкого автоматизованого заводу ви знаєте?
11. Які стадії ТПВ при розробці документації підготовки виробництва в умовах ГВС ви знаєте?
12. Які типи машинобудівних об'єднань і підприємств можна виділити, що спеціалізуються на випуску готових виробів?
13. Який комплекс робіт виконується при організації групового виробництва?
14. Які рівні технологічної уніфікації процесів в умовах ГВС ви знаєте?
15. На чому базується створення уніфікованих групових процесів виготовлення деталей по різних методах їх групування?
16. Що необхідно враховувати при розробці групових процесів?
17. Що є об'єктами механізації і автоматизації при груповому методі і типізації технологічних процесів?
18. Які етапи макропроекування цехів і дільниць в умовах ГВС ви знаєте?
19. Для чого створюють ГВС у виробництві?
20. Які особливості внутрішньозаводського планування, котрі пов'язані з концепцією гнучкого виробництва?
21. У чому полягає централізоване управління виробництвом в умовах ГВС?
22. Необхідність гнучкого планування в умовах ГВС.
23. У чому сутність гнучкого інтегрованого виробництва в умовах ГВС?
24. Для чого потрібна децентралізація оптимального управління в умовах ГВС?
25. У чому сутність комп'ютерно-інтегрованого виробництва?

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Абчук В. А. Управление в гибком производстве / В. А. Абчук, Ю.С. Карпенко. – М.: Радио и связь, 1990. – 128 с.
2. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. - М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
3. Аверьянов О.И., Солдатов В.Ф. Основы проектирования и конструирования. – М.: МГИУ, 2008. – 152 с.
4. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методический комплекс / сост.: А.А. Кульчицкий, А.А. Сарвин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2011. – 197 с.
5. Автоматизация труда технолога-машиностроителя: Справочное пособие /В.Г. Слипченко, А.П. Гавриш, Е.С. Пуховский и др. – К.: Тэхника, 1991. – 112 с.
6. Автоматизированная подготовка програми для станков с ЧПУ: Справочник / Сафраган Р.З., Евгеньев Г.Б., Дерябин А.Л. и др.; Под общ. ред. Сафрагана Р.З. – К.: Тэхника, 1986. – 191 с.
7. Автоматизированное проектирование и производство в машиностроении / Соломенцев В.М., Митрофанов В.Г., Прохоров А.Ф. и др.; Под общ. ред. Соломенцева Ю.М., Митрофанова В.Г. – М.: Машиностроение, 1986. – 256 с.
8. Альперович Т. А. Компьютеризированные интегрированные производства и CALS-технологии в машиностроении / Т. А. Альперович, В.В. Барабанов, А.Н. Давыдов, С.Н. Сергеев, Е.В. Судов, Б.И. Черпаков. М.: ВИМИ, 1999. – 512 с.
9. Базров Б.М. Совершенствование машиностроительного производства на основе модульной технологии // Станки и инструмент. – 1985. – № 10. – С. 22-24.
10. Базров Б.М. Модульная технология в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.
11. Базров Б. М., Диланян Р. З., Мельников Г. Н. Групповая и модульная технологии: учеб. пособие для вузов; МГТУ им. Н. Э. Баумана. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. – 92 с.
12. Батыров У.Д. Повышение точности закрепления приспособления-спутника // Станки и инструмент. – 1986. - № 9. – С. 15-17.
13. Блехерман М.Х. Гибкие производственные системы. Организационно-экономические аспекты. – М.: Экономика, 2008. – 222 с.
14. Богаров Ю.А. Получение машиностроительных заготовок в условиях ГПС. – М.: ВНИИТЭМР, 1986. - 82 с.
15. Вальков В.М. Контроль в ГАП. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 232 с.

16. Васильев В.Н. Организация, управление и экономика гибкого интегрированного производства в машиностроении. -М.: Машиностроение, 1986. – 312 с.
17. Васильев В.Н. Терминологический аспект гибкого производства и роль ГОСТов в повышении технического уровня продукции // Вестник машиностроения. – 1986. – № 9. – С. 66-71.
18. Гавриш А.П., Воронец Б.М. Роботизированные механо-обрабатывающие комплексы машиностроительного производства. – К.: Тэхника, 1984. – 196 с.
19. Гавриш А.П., Ефремов А.И. Автоматизация технологической подготовки машиностроительного производства. -К.: Тэхника, 1982.- 215 с.
20. Гавриш А.П., Пуховский Е.С. Технологические процессы гибкого производства. – К.: Выща шк., 1989. – 60 с.
21. Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. Гибкие робототехнические системы. – К.: Выща шк., 1989. – 392 с.
22. Гибкие производственные комплексы / В.А.Лещенко, В.М.Киселев, Д.А.Куприянов и др.; Под ред. П.Н.Белянина и В.А.Лещенко. – М.: Машиностроение, 1984. – 364 с.
23. Гибкие производственные системы Японии / Пер. с яп. Семенова А.Л.; Под ред. Лишинского Ю.Л.. – М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
24. Гибкие технологические системы холодной штамповки / Митрофанов С.П., Григорьев Л.Л., Клепиков Ю.М. и др.; Под общ. ред. Митрофанова С.П. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 267 с.
25. Горнев Ф.В. Проблемные вопросы технологии ГПС // Станки и инструмент. – 1986. – № 11. – С. 13-16.
26. Горнев В.Ф., Емельянов В.В., Овсянников М.В. Оперативное управление в ГПС. – М.: Машиностроение, 1990. – 256 с.
27. Горнев В. Ф. Моделирование технологических и производственных процессов. Учеб. Пособие – Моск. гос. техн. ун-т им. Н.Э. Баумана, М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 60 с.
28. Душинский В.В., Пуховский Е.С., Радченко С.Г. Оптимизация, технологических процессов в машиностроении. - К.: Тэхника, 1977. - 176 с.
29. Иванов А.А. Основы робототехники. – М.: Форум, 2012. – 224 с.
30. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством / Н.А. Соломатин, Г.В. Беляев, В.Ф. Петроченко, Е.В. Прошлякова. – М.: Машиностроение, 1984. – 208 с.
31. Интегрированная АСУ автоматизированных производств. / Под ред. Б.И. Черпакова. – М.: ЭНИМС, 1992. – 304 с., ил.
32. Капустин Н.М., Кузнецов М.П., Схиртладзе А.Г. и др. / Под ред. Капустина Н.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.

33. Капустин Н.М., Васильев Г.Н. Автоматизация конструкторского и технологического проектирования. – М.: Высш. шк., 1986. – 191 с.
34. Колесов И.М. Автоматизации подлежит производственный процесс // Вестник машиностроения. – 1985. – № 3. – С. 57-61.
35. Комисаров В.И., Леонтьев В.И. Точность, производительность и надежность в системе проектирования технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1985. – 224 с.
36. Кохонен Т. Ассоциативные запоминающие устройства: пер. с англ. М.: Мир. 1982. — 384 с.
37. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
38. Кузнецов Ю.И., Сафраган Р.Э., Гончаренко Б.А. Станочные приспособления для металлорежущих станков с ЧПУ. – К.: Тэхніка, 1984.–160 с.
39. Лайкер Д. Дао Toyota: 14 принципов менеджмента ведущей компании мира / Джеффри Лайкер; Пер. с англ., 2-е изд. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 402 с.
40. Лайкер Д. Система разработки продукции в Toyota: люди, процессы, технология / Джеффри Лайкер, Джеймс Морган; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2007. – 440 с.
41. Лебедевский М.С., Вейц В.Л., Федотов А.И. Научные основы автоматической сборки. – М.: Машиностроение, 1985. – 316 с.
42. Лищинский Л.Ю, Технико-экономический анализ и методы выбора рациональных структур гибких производственных систем. – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – 64 с.
43. Луцкий С.В. Интегрированные технологии механообработки // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк; ДонГТУ, 2009. Вып. 38. – С. 225-232.
44. Луцкий С.В. Практическое использование системно-информационного подхода в технологи машиностроения// Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ “ХПІ”. – №1 – 2008. – №2. – С.39–45.
45. Маликов О.Б. Склады гибких автоматизированных производств. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 187 с.
46. Макаров И.М. Системные принципы создания гибких автоматизированных производств. – М.: Высш. шк., 1986. – 176 с.
47. Малафеев Ю.М., Пуховський Є.С., Бецко Ю.М. Дистанційний курс «Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва» для напрямів підготовки бакалаврів 6.090200 «Технологія машинобудування». Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання

розрахунково-графічної роботи. Інформаційний ресурс системи дистанційного навчання НТУУ «КПІ» (навчально-методична праця з грифом «Рекомендовано Методичною радою НТУУ «КПІ», сертифікат НМП №2551, протокол №10 от 16 червня 2011 р., додаток 6-й). 82 с.

48. Малафєєв Ю.М., Гребенюк В.В. Особливості обробки корпусних деталей в умовах ГВС. (Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки), секція «Машинобудування», підсекція «Технологія машинобудування», Київ 2012. С. 21-22.

49. Малафєєв Ю.М., Христосенко А.В. Гнучкі виробничі системи в умовах сучасного машинобудівного виробництва. (Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки), секція «Машинобудування», підсекція «Технологія машинобудування», Київ 2012. С. 60-61.

50. Малафєєв Ю.М., Богатирчук В.О. Аналіз структури автоматизованих транспортно-складських систем. Том 13. «Найновітє постиження на європейската наука-2015». София. «БялГрад-БГ». С. 44-46

51. Малафєєв Ю.М., Богатирчук В.О. Програмне забезпечення вибору основних параметрів автоматизованого складу. Том 13. «Найновітє постиження на європейската наука-2015». София. «БялГрад-БГ». С. 52-55.

52. Малафєєв Ю.М., Богатирчук В.О. Організаційно-функціональна структура АТСС. Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Підсекція «Технологія машинобудування» – 2015. С. 94-95.

53. Малафєєв Ю.М., Богатирчук В.О. Роль АТСС у формуванні виробничої системи. Тези доповідей загально-університетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування». Підсекція «Технологія машинобудування» – 2015. С.111-113.

54. Мельник Н.О., Кореньков В.М., Пуховський Є.С. Розробка САМ-системи на основі воксельних моделей // Materials of the X International scientific and practical conference, «Trends of modern science», - 2014. Volume 27. Technical sciences. Sheffield. Science and education LTD. – 39 – 42 pp.

55. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з курсу «Технологічні основи гнучкого автоматизованого виробництва» для напряму 6.0902 Інженерна механіка студентів спеціальності „Технологія машинобудування”./ Укл. Є.С. Пуховський, Ю.М. Малафєєв, Ю.М. Бецко. – К. ІВЦ «Видавництво „Політехніка”», 2011. – 72с.

56. Мизюн В.А. Интеллектуальные методы управления предприятием. – СПб. : Академия управления и экономики, 2008. – 288 с.

57. Мизюн В.А. Управление производственными системами и процессами. Доступ: http://www.cfin.ru/management/manufact/manufacturing_sys-01.shtml [Электронный ресурс], дата доступа 12.05.2016.

58. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства: в 2-х т. - Организация группового производства. - 3-е изд., перераб. и доп. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. - Т.1 – 407 с.

59. Мыльник В.В. Исследование систем управления / В.В. Мыльник, Б.П. Титаренко, В.А. Волочиенко. - 4-е издание. – М.: Академический проект, 2006. – 352 с.

60. Невельсон М.С. Автоматическое управление точностью обработки на металлорежущих станках. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982. – 184 с.

61. Организационно-технологическое проектирование ГПС / Азбель В.О., Звоницкий А.Ю., Каминский В.Н. и др.; Под общ. ред. Митрофанова С.П. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 295 с.

62. Организация, планирование и управление промышленным предприятием / Под ред. Д.М. Крука. – М.: Экономика, 2002. – 376 с.

63. Переналаживаемая технологическая оснастка / Бирюков В.Д., Довженко А.Ф., Колчаненко В.В. и др.; Под общ. ред. Полякова Д.Н. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.

64. Петров В.А., Масленников А.Н., Осинцов Л.А. Планирование гибких производственных систем. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. – 184 с.

65. Промышленные роботы / Костюк В.И., Гавриш А.П., Ямпольский Л.С. и др. – К.: Выща шк., 1985. – 360 с.

66. Пуховский Е.С. Технологические основы гибкого автоматизированного производства. – К.: Выща шк., 1989. – 236 с.

67. Пуховский Е.С., Мясников Н.Н. Технология гибкого автоматизированного производства. – К.: Техника, 1989. – 238 с.

68. Пуховский Е.С., Кукарин А.Б. Проектирование станочных систем многонаменклатурного производства. – К.: Техника, 1997. - 221с.

69. Пуховский Е.С., Малафеев Ю.М. Автоматизированное проектирование “элементной” технологии гибкого производства. Материалы III международной научно-практической конференции «Научное пространство Европы – 2007». Том 11. Днепропетровск. 2007. С. 18-20.

70. Пуховский Е.С. Группирование технологических объектов и решений при проектировании ГПС. Мат. II международной научно-практической конференции «Наукова думка інформаційного віку – 2007». Том 3, Днепропетровск, 2007. С. 25-28.

71. Пуховський Є.С., Бецко Ю. М. Формування структури основного технологічного обладнання ГВС. Материали міжнародної науково-

практической конференции «Перспективные разработки науки и техники – 2007» (16-30 ноября 2007 г.). Днепропетровск. С. 44 – 49.

72. Пуховський Є.С., Бецко Ю.М. Вибір обладнання ГВС з урахуванням параметрів координатного простору верстатів. //Materialy IV mezinárodní vědecko - praktická konference «Efektivní nástroje moderních věd – 2008». – Díl 17. Technické vědy: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. 32 – 37 pp.

73. Пуховський Є.С. Стратегія автоматизованого проектування верстатних систем гнучкого виробництва // Матеріали міжнародної конференції «Становление современной науки – 2008». С. 32-37.

74. Пуховский Е.С., Малафеев Ю.М., Чепурко Е.Ю. «Элементная технология гибкого автоматизированного производства». Вестник НТУУ «КПИ». Машиностроение. №55, 2009. С. 212-219.

75. Пуховский Е.С. Проблемы проектирования ГВС. Вестник НТУУ «КПИ». Машиностроение» №56, 2009. С. 127-134.

76. Пуховский Е.С. Проектирования технологических процессов в условиях гнучкого автоматизованого виробництва. //Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування №59, 2010. С. 267-271.

77. Пуховський Є.С. Гнучка технологія заготівельного виробництва. Доступ:http://www.rusnauka.com/1_KAND_2010/Economics/10_57746.doc.htm [Електронний ресурс], дата доступу 12.05.2016.

78. Пуховський Є.С. Оцінка технологічності об'єктів гнучкого виробництва. Доступ:http://www.rusnauka.com/3_SND_2010/Tecnic/57747.doc.htm. [Електронний ресурс], дата доступу 12.05.2016.

79. Пуховський Е.С., Поддубный К.С. Тактика имитационного моделирования гибких производственных систем. Научная Интернет-конференция «Ключевые проблемы современной науки – 2010». Доступ: <http://www.rusnauka.com> [Электронный ресурс], дата доступа 12.05.2016.

80. Пуховський Е.С., Іванніков П.В. Програмно-керовані базуючі пристрої гнучких виробничих систем. Научная Интернет-конференция «Ключевые проблемы современной науки – 2010» Доступ: <http://www.rusnauka.com> [Электронный ресурс], дата доступа 12.05.2016.

81. Пуховський Е.С., Повод В.В. Проективання складу основного технологічного обладнання верстатів. Научная Интернет-конференция «Ключевые проблемы современной науки – 2010» Доступ: <http://www.rusnauka.com> [Электронный ресурс], дата доступа 12.05.2016.

82. Пуховський Е.С., Іванніков П.В. «Пристосування для базування та закріплення деталей в умовах ГВС» - XI Міжнародна науково-технічна

конференція «Прогресивна техніка і технологія-2010»; м. Київ, Україна, НТУУ «КПІ». С. 67-71.

83. Пуховський Є.С., Повод В.В. «Гнучкість та показник гнучкості виробничих систем» - XI Міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивна техніка і технологія – 2010»; м. Київ, Україна, НТУУ «КПІ». С. 98-101.

84. Пуховський Є.С., Сербан О.Ф. Системні принципи технологічного проектування гнучкої виробничої системи // Ключевые проблемы современной науки 15.04.2012 17 - 25 апреля 2012. Болгария. С. 28-31.

85. Пуховський Є.С., Сербан О.Ф. Проблеми інструментального забезпечення гнучких виробничих систем // Ключевые проблемы современной науки 15.04.2012 17 - 25 апреля 2012. Болгария. С. 32-34.

86. Пуховський Є.С., Коваль Ю.А. Програмне забезпечення та мови програмування імітаційного моделювання гнучких виробничих систем // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Научный прогресс на рубеже тысячелетий – 2013» Publishing House «Education and Science» s.r.o. (Чехия, Прага). С. 26-29.

87. Пуховський Є.С., Коваль Ю.А. Імітаційне моделювання гнучких виробничих систем у програмному комплексі «DELMIA» // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Научный прогресс на рубеже тысячелетий – 2013» Publishing House «Education and Science» s.r.o. (Чехия, Прага). С. 30-33.

88. Пуховський Є. С. Вирішення питання керування подачею в процесі фрезерування. XII міжнародна Науково-практична конференція «Важке машинобудування. Проблеми та перспективи розвитку» Краматорськ, 3-5 червня 2014 р. Краматорськ: 03.06.2014. С. 54-57.

89. Ратмиров В.А. Управление станками гибких производственных систем. - М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.

90. Решетов Д.Н., Портман В.Т. Точность металлорежущих станков. - М.: Машиностроение, 1986. – 336 с.

91. Робототехнические системы в сборочном производстве / Е.В.Пашков, Б.В.Погопелов, А.Г.Карлов и др.; Под общ. ред. Е.В.Пашкова. – К.: Выща шк., 1987. – 272 с.

92. Сафраган Р.Э., Кузнецов Ю.И., Гончаренко В.А. Технологическая подготовка производства для применения станков с ЧПУ. – К.: Тэхника, 1981. – 237 с.

93. Сергиевский Л.В. Наладка и эксплуатация станков с устройствами ЧПУ. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.

94. Сергиевский Л.В. Наладка и эксплуатация станков с ЧПУ; учебник. – М.: Машиностроение, 2007. – 158 с.

95. Смехов А.А. Автоматизированные склады. – 4-е изд., перераб. и

доп. – М.: Машиностроение, 1987. – 296 с.

96. Синго Сигео. Быстрая переналадка: революционная технология оптимизации производства / С. Сигео; пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 334 с.

97. Системное проектирование интегрированных производственных комплексов / Доморацкий А.Н., Лескин А.А., Пономарев В.М. и др.; Под общ. ред. Пономарева В.М. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 319 с.

98. Системы автоматизированного проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении / Р.А.Аллик, В.И.Бородянский, А.Г.Бурин и др.; Под общ. ред. Р.А.Аллика. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 319 с.

99. Системы управления гибким автоматизированным производством / Краснопрошина А.А., Крижановский В.В., Компанец Л.Ф. и др.; Под общ. ред. Краснопрошиной А.А. – К.: Выща шк., 1987. – 383 с.

99. Соломенцев Ю.М., Басин А.М., Климов С.В. Ситуативное проектирование технологических процессов в гибкой автоматизированной производственной системе // Вестник машиностроения - 1984, № 3. – С. 47-50.

100. Соломенцев Ю.М. Технологические основы гибких производственных систем. – М.: Высшая школа, 2000. – 255 с.

101. Соломенцев Ю.М., Митрофанов В.Г., Павлов В.В., Рыбаков Л.В. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии. – М.: Наука, 2003. – 292 с.

102. Станочное оборудование гибких производственных систем / Пуховский Е.С., Кукарин А.Б., Вовченко И.В., Грачев Г.С.; Под общ. ред. Пуховского Е.С. – К.: Тэхника, 1990. – 236 с.

103. Такеда Х. Синхронизированное производство / Хитоси Такеда; пер. с англ. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 288 с.

104. Технология машиностроения /специальная часть/: Учебник для машиностроительных вузов / Гусев А.А., Ковальчук Е.Р., Колесов И.М. и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.

105. Технологическая подготовка гибких автоматизированных сборочно-монтажных производств в приборостроении / Меткин Н.П., Лапин М.С., Гольц И., Алексеев П.И. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 192 с.

106. Технологическая подготовка гибких производственных систем / Митрофанов С.П., Куликов Д.Д., Миляев О.Н. и др.; Под общ. ред. Митрофанова С.П., - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1987. – 352 с.

107. Тимирязев В.А. Управление точностью гибких технологических систем: Обзор. – М.: НИИМаш, 1983. – 64 с.

108. Торлин В.Н., Баталин А.С. Финишные операции в гибком автоматизированном производстве. – К.: Техника, 1987. – 208 с.
109. Хартли Дж. ГПС в действии: Пер. с англ. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
110. Хватов Б.Н. Гибкие производственные системы. Расчет и проектирование. Учебное пособие – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2007. – 112 с.
111. Царев А.М. Перекомпоновываемые производственные системы перспективное направление развития машиностроения / А.М. Царев. – Тольятти : ТГУ, 2007. – 156 с.
112. Чейз Р.Б. Производственный и оперативный менеджмент / Р.Б.Чейз, Н.Дж. Эквилейн, Р.Ф. Якобс; пер. с англ. – М.: Вильямс, 2007.
113. Челишев Б.Е., Боброва И.В., Гонсалес-Сабатер А. Автоматизация проектирования технологии в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1987. – 264 с.
114. Чудаков А.Д., Фалевич Б.Я. Автоматизированное оперативно-календарное планирование в гибких комплексах механообработки. – М.: Машиностроение, 1986. – 224 с.
115. Эстерзон М.А. Основы построения операционной технологии автоматизированных систем подготовки программ управления станками с ЧПУ // Станки и инструмент. – 1980. – № 12. – С. 11-13.
116. Ямпольский Л.С., Калинин О.М. Система автоматизированного проектирования робототехнических комплексов. – К.: Общ. „Знание” УССР, 1982. – 20 с.
117. Классификация ЭВМ. Доступ: <http://bourabai.kz/einf/computers.htm> [Электронный ресурс], дата доступа 12.05.2016.
118. Современные системы управления ЧПУ. Доступ: <http://www.stmach.com/content/view/417/426/index.html> [Электронный ресурс], дата доступа 17.06.2017.
119. Основы числового программного управления. Доступ: <http://planetacam.ru/college/learn/12-4/> [Электронный ресурс], дата доступа 20.06.2017.
120. Системы NC, CNC, DNC. Доступ: <http://sapr-cad.ru/glava-chislovoe-programmnoe-upravlenie/sistemy-nc-cnc-dnc> [Электронный ресурс], дата доступа 14.07.2017.

Навчальне видання

**Пуховський Євген Степанович, д.т.н., проф.
Малафєєв Юрій Михайлович, к.т.н., доц.**

Проектування гнучких виробничих систем машинобудування

Навчальний посібник
(частина перша)

Редактор Кореньков В. М., к.т.н., доц.

Затверджено Вченою радою
Національного технічного університету України «Київський
політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
як навчальний посібник для студентів машинобудівних
спеціальностей вищих навчальних закладів

Київ
НТУУ «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»
2017