

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Інститут інноваційних технологій і змісту освіти
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ГНУЧКІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів
вищих навчальних закладів

Харків «ХАІ» 2014

УДК 658.52.011.56.012.3:621.865.8 (075.8)

ББК 65.050.2я73

Г46

Колектив авторів:

В. М. Павленко, Г. І. Костюк, О. О. Баранов, М. С. Романов

Рецензенти: д-р техн. наук, проф. Ю. В. Тимофєєв,
д-р техн. наук, проф. В. А. Фадєєв,
д-р техн. наук, проф. М. К. Резніченко

Г46 **Гнучкі** робототехнічні комплекси для механічної обробки
[Текст] : навч. посіб. / В. М. Павленко, Г. І. Костюк, О. О. Баранов,
М. С. Романов. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського
«Харк. авіац. ін-т», 2014. – 168 с.

ISBN 978-966-662-335-8

Розглянуто принципи організації гнучких робототехнічних комплексів (ГРТК) для механічної обробки та їх інтеграцію в гнучкі виробничі системи. Описано схеми організації потоку заготовок і деталей, інструментального потоку, принципи застосування контрольно-вимірювальних пристроїв РТК і пристроїв видалення залишків виробництва. Наведено концепцію створення гнучких виробничих систем високої та надвисокої продуктивності.

Для студентів технічних вузів, що вивчають дисципліни, пов'язані з роботизованим виробництвом.

Іл. 101. Бібліогр.: 15 назв.

Гриф надано Міністерством освіти і науки України
(лист № 1/11-8890 від 10.06.2014)

УДК 658.52.011.56.012.3:621.865.8 (075.8)

ББК 65.050.2я73

© Колектив авторів, 2014

© Національний аерокосмічний
університет ім. М. Є. Жуковського

ISBN 978-966-662-335-8

«Харківський авіаційний інститут», 2014

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ГНУЧКИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	9
2. ГРУПОВА ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ОСНОВА СТВОРЕННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ГВС. ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ОБРОБЛЯЮТЬСЯ У ГВС	20
3. СТРУКТУРА ГВС. ОСНОВНІ ВИМОГИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГВС.	24
4. ОРГАНІЗАЦІЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ МОДУЛІВ (ГВМ)	36
4.1. Склад обладнання ГВМ як відображення його функцій	36
4.2. Використання принципу агрегування при побудові ГВМ ...	38
4.3. Способи організації ГВМ.	40
5. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БАГАТООПЕРАЦІЙНІ ВЕРСТАТИ .	51
6. МЕХАНІЗАЦІЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВОК І АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ.	63
6.1. Установлювальньо-затискні пристрої	63
6.2. Автоматизація завантаження	71
7. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАГАЗИНИ І АВТОМАТИЧНА ЗАМІНА ІНСТРУМЕНТІВ	74
7.1. Інструментальні магазини	74
7.2. Пристрої автоматичної заміни інструментів	78
8. ІНТЕГРАЦІЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ МОДУЛІВ У ГВС.	108
8.1. Організація потоку деталей	108
8.2. Організація інструментального потоку	132
8.3. Контрольно-вимірювальна система ГВМ	143
8.4. Видалення відходів виробництва	152
9. КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ВИСОКОЇ Й НАДВИСОКОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ	159
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	166

ВСТУП

Інтенсифікація виробництва в машинобудуванні, підвищення його ефективності можливі при істотному зростанні продуктивності технологічного обладнання та його широкій автоматизації.

Сучасному машинобудуванню з серійним характером виробництва, що випускає в промислово розвинених країнах до 75 % загального обсягу продукції, властиві постійне ускладнення конструкції і збільшення номенклатури виробів, часта зміна об'єктів виробництва, скорочення термінів освоєння нової продукції. Ефективним засобом реалізації зазначеного є широке застосування гнучких виробничих систем (ГВС), які керуються від ЕОМ і працюють за принципом гнучкої технології.

У ГВС можна автоматизувати практично всі технологічні операції, тому забезпечується досягнення найбільш високого рівня продуктивності праці. Відмінною особливістю ГВС порівняно з традиційними автоматичними лініями масового виробництва є їхня гнучкість, тобто можливість швидко перебудовуватися на оброблення нових (інших) деталей у межах технічних можливостей обладнання комплексу.

В основі широкого впровадження процесу автоматизації лежать чотири основних джерела підвищення ефективності виробництва й економії:

- 1) застосування прогресивних технологічних процесів;
- 2) збільшення продуктивності обладнання;
- 3) зниження трудових витрат;
- 4) економія, яку одержують від проведення організаційно-технічних заходів і поліпшення якості виробів.

Застосування прогресивних технологічних процесів передусім передбачає використання типових і групових технологічних процесів. Типовий технологічний процес характеризується єдністю змісту і послідовності більшості технологічних операцій і переходів для групи виробів із загальними конструктивними ознаками. Груповий технологічний процес характеризується спільністю устаткування і технологічного оснащення при виконанні окремих операцій або при повному виготовленні групи однорідних (різнорідних) виробів. Деталі групуються за конструктивними і технологічними ознаками (вводиться груповий метод обробки). При цьому можливе укрупнення програми випуску виробів, тобто штучне підвищення серійності виробництва, що дозволяє скоротити підготовчо-заклучний час. Також на ефективність виробництва істотно впливає застосування нових методів оброблення, що дозволяє скоротити основний час.

Збільшення продуктивності обладнання насамперед передбачає

використання багатоінструментальної обробки і концентрації операцій на верстаті. Використовується високоавтоматизоване устаткування, оснащене пристроями автоматичної заміни інструменту, засобами автоматичного підналагодження і розмірного контролю, автоматичного завантаження деталей і їх закріплення. При цьому досягається суттєве скорочення допоміжного часу. Важливим ресурсом також є застосування раціональних режимів оброблення.

Зниження трудових витрат при створенні автоматизованих комплексів насамперед досягається за рахунок можливості багатOVERSTATного обслуговування та використання верстатників нижчої кваліфікації. Крім того, для обслуговування типових комплексів, які побудовані з уніфікованих вузлів і мають єдину елементну базу, потрібна менша кількість висококваліфікованих операторів-наладчиків у зв'язку із зменшенням загальної номенклатури вузлів, що підлягають контролю і ремонту.

Економія за рахунок проведення організаційно-технічних заходів перш за все пов'язана з чітким плануванням і диспетчеризацією виробництва. Підвищення якості виробів приводить до скорочення робіт і ліквідації частини суміжних операцій. Крім того, скорочується відсоток браку.

При автоматизації досягається додатковий соціально-економічний ефект за рахунок таких чинників:

- скорочення втрат, пов'язаних з плинністю робочої сили (вартість умовно-недоданої продукції), за участю людини у виробничому процесі (перерви на відпочинок, виправлення браку, нерівномірність вироблення, захворюваність, травматизм);
- скорочення витрат на соціальне забезпечення і всіх видів доплат і пільг у зв'язку зі зменшенням кількості працюючих і поліпшенням умов праці.

Автоматизацію не слід плутати з механізацією.

Механізація – це заміна ручних засобів праці машинами із застосуванням для їхньої дії різних видів енергії. При цьому контроль і керування засобами механізації здійснює людина. Залежно від ступеня оснащення процесу технічними засобами і роду робіт розрізняють часткову і комплексну механізацію.

Часткова механізація – застосування машин і механізмів для частини основних і допоміжних робіт.

Комплексна механізація передбачає застосування машин і механізмів для всіх основних і допоміжних робіт.

Автоматизація – процес, при якому функції керування і контролю, які раніше виконувалися людиною, передаються приладам і автоматичним

пристроєм. Розрізняють часткову, комплексну і повну автоматизацію.

Часткова автоматизація – це автоматизація окремих виробничих операцій. При комплексній автоматизації дільниця, цех, завод діють як єдиний взаємозалежний автоматичний комплекс, в основному – при централізованому керуванні (керує людина).

Повна автоматизація передбачає керування комплексно-автоматизованим виробництвом без участі людини.

Основою автоматизації ГВС є широке застосування систем числового програмного керування (ЧПК) і керуючих обчислювальних комплексів для керування і узгодження роботи верстатів, транспорту і всіх пристроїв, необхідних для функціонування ГВС. У виробництві, побудованому на основі ГВС, виготовлення деталей на верстатах здійснюється без верстатників, і практично реалізуються принципи «безлюдної» технології механічної обробки з цілодобовою експлуатацією обладнання, що є надзвичайно важливим для машинобудівних підприємств.

ГВС містить три основні автоматизовані частини: гнучкий виробничий комплекс (ГВК), автоматизовану систему керування технологічною підготовкою виробництва (АСК ТПВ) і автоматизовану систему керування виробництвом (АСКВ). ГВС дозволяє в серійному багатоменклатурному виробництві у потрібний момент припинити виготовлення освоєної продукції і в короткий термін з мінімальними витратами почати випуск нової продукції.

У зв'язку зі створенням і використанням ГВК механічної обробки особливого значення набувають верстати з числовим програмним керуванням. Ці верстати набули широкого визнання як найбільш продуктивне металорізальне обладнання. Заміна універсального неавтоматизованого обладнання верстатами з ЧПК дозволила скоротити трудомісткість виготовлення деталей до п'яти разів залежно від виду обробки і конструкції оброблюваних деталей. Разом з тим при переході до автоматизованих верстатів з ЧПК залишається досить багато ручних операцій, пов'язаних як з повторним виготовленням деталей в партії, так і з переходом на оброблення нової деталі. Це завантаження заготовки і видалення готової деталі, підбір і запуск потрібної програми оброблення, підбір і встановлення інструменту і пристроїв, поточний контроль якості продукції тощо. Багато часу забирає переналадження верстата з ЧПК на оброблення нової деталі, що призводить до суттєвих утрат у дрібносерійному виробництві. Для скорочення втрат допоміжного часу та підвищення ефективності верстатів з ЧПК збільшили кількість інструментів у магазині верстата, оснастили верстати пристроями автоматизованої подачі заготовки на стіл верстата на супутнику і видалення готової деталі

на позицію очікування. З'явилися верстати з магазинами супутників, що забезпечують можливість попередньої підготовки і подальшої подачі на стіл верстата послідовного ряду деталей. Ці верстати отримали назву верстатів, що працюють «без людини». Можливості роботи таких верстатів без верстатників обмежуються місткістю магазинів супутників і магазинів інструменту, а також можливостями пристроїв ЧПК.

З'явилися розробки, спрямовані на об'єднання верстатів у групи за допомогою центральної ЕОМ. Основним завданням такого об'єднання стало централізоване зберігання програм і можливість їх оперативного редагування безпосередньо на верстаті, збір даних про хід виконання виробничих завдань (диспетчерування роботи верстатів), усунення програмоносія на робочому місці і робота за програмою, що надходить з пам'яті ЕОМ.

Групове керування розрізненими верстатами не вирішує завдання комплексної автоматизації оброблення, а тому не вносить нічого нового в організацію оброблення деталей у серійному виробництві. Такі групи верстатів використовували головним чином як засіб модернізації верстатів із застарілими пристроями ЧПК.

На основі досвіду створення багатоопераційних верстатів зі змінними супутниками і груп верстатів з ЧПК, об'єднаних єдиною ЕОМ, почали створюватися автоматизовані комплекси обладнання з ЧПК, трьома складовими частинами яких є:

- 1) групи верстатів з автоматичною заміною інструменту;
- 2) автоматизовані транспортні системи подачі заготовок на верстати, видалення готових деталей з верстата в склад, а також подачі інструменту зі складу на верстат і повернення назад;
- 3) керуюча центральна ЕОМ.

У дрібносерійному виробництві коефіцієнт завантаження верстатів з ЧПК зазвичай становить 0,4...0,6, а коефіцієнт змінності використання верстатів – не більше 1,3...1,6. У результаті з 8760 годин річного фонду часу обладнання з ЧПК продуктивно використовується тільки 600...900 годин, тобто 7...10 %. Крім того, при обробленні заготовок партіями 95 % часу вони очікують своєї черги і тільки 5 % часу обробляються на верстатах.

Перехід від окремих верстатів з ЧПК до автоматизованих комплексів у першу чергу вирішує завдання підвищення ефективності обладнання з ЧПК у 2 – 3 рази за рахунок різкого скорочення часу переналагодження його на випуск іншої продукції, а також звільнення оператора від монотонних робіт і необхідності постійного спостереження за роботою верстата. Об'єднання автономних верстатів з ЧПК в автоматизовані гнучкі

комплекси дозволяє підвищити коефіцієнт завантаження верстатів до 0,85 – 0,9, а коефіцієнт змінності – до 2 – 3, при цьому істотно скорочується виробничий цикл оброблення деталей і з'являється можливість виконувати операції у будь-якій послідовності деталей декількох типів одночасно.

Принципи формування автоматизованих комплексів обладнання з гнучкою технологією спираються на накопичений досвід розвитку переходу від автономних верстатів з ЧПК до автоматизованих комплексів. Склад обладнання комплексів формується і залежить від типу виробництва (одиночного, серійного), номенклатури оброблюваних деталей, складності й обсягу виконуваних операцій механічної обробки, ступеня автоматизації, техніко-економічної ефективності від упровадження автоматизованого комплексу.

Швидкопереналагоджувальні автоматизовані комплекси призначено для виготовлення деталей в умовах серійного, особливо дрібносерійного, виробництва.

Головна відмінність верстатів, убудованих у комплекси, від верстатів з ЧПК автономного застосування полягає у введенні в них механізмів зв'язку з автоматизованими транспортними системами подачі заготовок (видалення оброблених деталей) та інструменту. Оскільки ключовим питанням створення автоматизованого комплексу є здійснення контролю і профілактики якості деталей, особливе значення мають практичні засоби їх реалізації у процесі виготовлення деталі (а не після його завершення), засоби контролю стану інструменту на верстаті, його зношування і поломки.

Особливістю транспортних систем автоматизованих комплексів є їхня гнучкість, тобто можливість транспортувати заготовки, деталі й інструмент до місць оброблення, використовувати або зберігати їх у довільній послідовності.

Процес визначення складу верстатів, що входять у комплекс, устаткування для транспортування деталей та інструменту, елементів керуючого обчислювального комплексу є творчим і має техніко-економічне обґрунтування оптимального варіанта компонування і розроблення технічних завдань на підбір (проекування) обладнання, технічних засобів і програмного забезпечення керування комплексом (математичного забезпечення).

Приклади розроблення і освоєння в машинобудуванні автоматизованих комплексів, у тому числі побудованих на агрегатно-модульній основі, підтверджують спільність принципів побудови комплексів різного технологічного призначення.

1. ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ГНУЧКИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ КОМПЛЕКСІВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

Верстати з ЧПК перетворилися на найважливіший вид високоефективного металорізального обладнання, яке широко впроваджується на машинобудівних заводах. Цьому сприяли не тільки досягнутий на цих верстатах високий ступінь автоматизації оброблення, а й можливість швидкого переналагодження їх на обробку будь-якої деталі в межах технічної характеристики верстата з ЧПК, тобто можливість гнучко перебудовувати технологічний процес механічної обробки. Тому в першу чергу верстати з ЧПК знайшли застосування в дрібносерійному виробництві, характерному для багатьох галузей машинобудування.

1970 – 1980 рр. ознаменувалися пошуком шляхів подальшого підвищення продуктивності верстатів з ЧПК, прагненням згрупувати верстати в автоматизовані комплекси, наблизитися до продуктивності автоматичних ліній масового виробництва, виключивши їх основний недолік – виготовлення одного незмінного виду продукції. В основу таких автоматизованих комплексів було покладено можливість здійснення гнучкої технології оброблення, згідно з якою будь-яка заготовка (у межах технічної характеристики верстатів комплексу) може бути введена в комплекс у довільному порядку і оброблена в необхідному обсязі.

Можливість виготовлення в автоматизованому комплексі верстатів не однієї, а кількох різних (великої номенклатури) деталей, а також можливість виготовлення ряду різних деталей одночасно, тісно пов'язано з питанням ступеня участі людини (оператора, наладчика) у цьому процесі, тобто з реалізацією «безлюдної» технології оброблення.

Поняття «безлюдна» не означає, що людина не бере участі у виробництві, однак підкреслює можливість досить тривалого функціонування обладнання без участі людини в автоматичному режимі (наприклад, протягом однієї-двох змін). Щоб реалізувати «безлюдну», гнучку технологію оброблення, необхідно автоматизувати всі процеси переналагодження обладнання. При роботі на верстатах з ЧПК робітник-оператор виконує функції завантаження заготовок на верстат і видалення оброблених деталей, установлення інструменту в шпindelь верстата, підбору потрібного інструменту, заміни пристрою для кріплення деталі, вмикання станка, контролю якості деталей, загального спостереження за роботою обладнання. Виключення перелічених функцій з обов'язків робочого-оператора і переведення їх виконання на засоби автоматизації дозволяють не тільки вивільнити робітника-оператора для багатOVERSTATного обслуговування, а й забезпечити підвищення частки

машинного часу в загальному часі роботи верстата, а отже, зростання продуктивності обладнання.

Автоматизовані комплекси з гнучкою технологією дістали назву «гнучкі виробничі системи» (Flexible Manufacturing Systems – FMS). Гнучка виробнича система – це система з високим ступенем автоматизації, призначена для виготовлення деталей різних видів, які випускаються малими і середніми партіями. Вона включає групу верстатів з ЧПК для автоматичної механічної обробки, систему завантаження і розвантаження заготовок і систему транспортування заготовок від однієї операції до наступної, ЕОМ, систему програмного забезпечення для керівництва всім обсягом робіт. Програмне забезпечення системи керування утворює невід'ємну частину гнучкого виробничого комплексу, оскільки робота самих верстатів керується та регулюється ним. Програмне забезпечення автоматизованого комплексу верстатів містить керування верстатами, транспортним устаткуванням, автоматизованим складом, контролем і перевіркою деталей, інформаційною системою.

Практична реалізація ідей «безлюдної» гнучкої технологічної обробки на обладнанні з ЧПК здійснюється у таких основних напрямках: оснащення верстатів магазинами інструментів; оснащення верстатів змінними супутниками; створення багатошпindelних модифікацій верстатів; введення багатошпindelної обробки; перехід на керування верстатами від пристроїв ЧПК на базі ЕОМ; об'єднання верстатів з ЧПК у групи, які керуються від єдиної ЕОМ; об'єднання верстатів з ЧПК в автоматизовані комплекси, що включають автоматизовані транспортні системи і централізоване керування від єдиної ЕОМ.

Оснащення верстатів магазинами інструментів передбачає введення пристроїв автоматизованої заміни інструментів у шпинделі верстата у процесі оброблення заготовок, що дає можливість виконати комплексну обробку заготовки за один або кілька установів і таким чином значно скоротити час оброблення.

Спочатку магазини інструментів застосовувалися в багатоопераційних верстатах. При кількості інструментів до 30 магазини виконувалися барабанного типу, при більшій кількості інструменту – ланцюгового. Нині магазини інструментів застосовують на всіх видах металорізальних верстатів і навіть на таких традиційно одноінструментних верстатах, як великі портально-фрезерні, багатокоординатні та багатошпindelні. Можна зазначити тенденцію збільшення кількості інструментів у магазині. Так, фірма Olivetti (Італія) багатоопераційні верстати Horizon замінила верстатами аналогічного призначення з ланцюговими магазинами на барабанні, які містять 80 інструментів замість 36. Фірма Sandstrand (США)

випускає багатоопераційні верстати з кількістю інструментів до 215.

Разом з тим збільшення кількості інструментів обмежена можливостями конструкції магазинів. Зі збільшенням магазину інструментів зростають металомісткість і габарити верстата, його вартість (наприклад, магазин інструментів верстата АПРС-11 має масу 1300 кг, включаючи інструментальні оправки), знижується швидкість переміщення ланцюга і зростає час пошуку інструменту. Раціональною слід уважати місткість автономного магазину верстата на 60 – 100 інструментів.

Таким чином, оснащення верстатів магазинами інструментів скоротило функції оператора і стало кроком у напрямку реалізації гнучкої технології оброблення. Разом з тим місткість звичайного магазину інструментів верстата виявляється достатньою тільки для виробництва невеликої номенклатури деталей, простих за операціями механічної обробки. При великій номенклатурі складних деталей (понад п'яти) магазин верстата не дозволяє реалізувати виготовлення деталей різних найменувань. У цьому випадку необхідним є втручання оператора.

Оснащення верстатів змінними супутниками передбачає введення пристрою автоматизованої подачі заготовки на стіл верстата і видалення готової деталі на позицію очікування. Практично всі типорозміри багатоопераційних верстатів оснащено супутниками, що дозволяє поєднати допоміжний час знімання обробленої деталі й установлення нової заготовки у пристрій на позиції очікування з машинним часом оброблення заготовки, що знаходиться на столі верстата. Супутник являє собою плиту уніфікованої конструкції, яка дозволяє фіксувати і закріплювати її на столі верстата. Супутники в першу зміну завантажують оператори, а потім верстат може працювати тривалий час, наприклад другу і третю зміни, в автоматичному циклі без участі людини. Такий режим роботи супроводжується підвищеними вимогами до пристрою ЧПК (ПЧПК), забезпеченням автоматичного виявлення поломки інструменту, заміни інструменту, що вичерпав ресурс роботи тощо.

Застосування магазину супутників є зручним, на перший погляд, для реалізації гнучкої технології. Водночас аналіз роботи верстата з магазином супутників виявляє ряд істотних недоліків, що обмежують область раціонального застосування цих конструкцій. Так, при обробленні однакових деталей на ряді супутників потрібно забезпечити такий же ряд пристроїв, що пов'язано з додатковими витратами і не забезпечує ідентичності вироблених на верстаті деталей. При обробленні різних деталей потрібною є велика місткість магазину інструментів. Жорсткий порядок заміни супутників не дозволяє проводити оброблення деталей у змінній послідовності. Верстат з магазином супутників займає збільшену

виробничу площу.

Економічно доцільно оснащувати автономні верстати двома-трьома змінними супутниками, які дозволяють збільшити кількість верстатів, що обслуговуються одночасно, і підготувати верстат для підключення до транспортної системи подачі супутників з накопичувача. Так вирішуються завдання гнучкої технології обробки та перехід на цілодобову роботу обладнання.

Створення багатошпindelьних модифікацій верстатів отримало особливо широке поширення в спеціалізованих фрезерних верстатах як для одночасного оброблення декількох однакових заготовок, так і для одночасного оброблення кількома інструментами частин однієї заготовки, що має повторювану конфігурацію. В обох випадках досягається збільшення продуктивності обладнання.

Разом з тим у багатошпindelьних верстатах пропорційно кількості шпindelів підвищуються сили, що діють на елементи верстата. Це потребує підвищення жорсткості його конструкції, а отже, металомісткості та габаритів. Збільшуються втрати часу на підготовчо-заклучні роботи, що припадають на один шпindel (через неможливість одночасної підготовки роботи всіх шпindelів). Ураховуючи ці обставини, багатошпindelьні верстати оснащують зазвичай двома – чотирма шпindelями за легких і середніх умов оброблення.

Для реалізації гнучкої технології обробки багатошпindelьні верстати, подібно одношпindelьним, оснащують магазинами інструментів і замінними супутниками.

Уведення багатошпindelьної обробки припускає, що заготовка в один і той же час обробляється кількома інструментами.

Переналагоджуваний багатоопераційний верстат з ЧПК зі змінними багатошпindelьними коробками показано на рис. 1.1.

На поздовжній частині Т-подібної станини 1 встановлено силовий стіл 2. На рухомій каретці столу закріплено силову бабку 4. Силовий стіл 2 охоплює арочний стояк 3, на який встановлено магазин на 15 змінних багатошпindelьних коробок 5. Передача коробок з магазину в силову бабку 4 і назад здійснюється маятниковою рукою 6 і роботом-автооператором 7. На поперечній частині станини 1 встановлено стіл 10, на рухомій каретці якого розміщено поворотно-ділильний стіл 9, де закріплено пристрій з оброблюваною деталлю. Оброблення проводиться завдяки горизонтальному переміщенню силової бабки 4, яка переносить багатошпindelьну коробку 8. Установлення на задану координату здійснюється переміщенням столу 10, а по заданій площині оброблення – шляхом повороту на певний кут поворотно-ділильного столу 9. Планшайба

поворотного столу має діаметр 400 мм, кількість поділок – 24. Потужність приводу головного руху становить 3 кВт. Переналагодження верстата здійснюється шляхом зміни комплекту багатошпindelних коробок з інструментами та кондукторами, пристрою-супутника і програми оброблення.

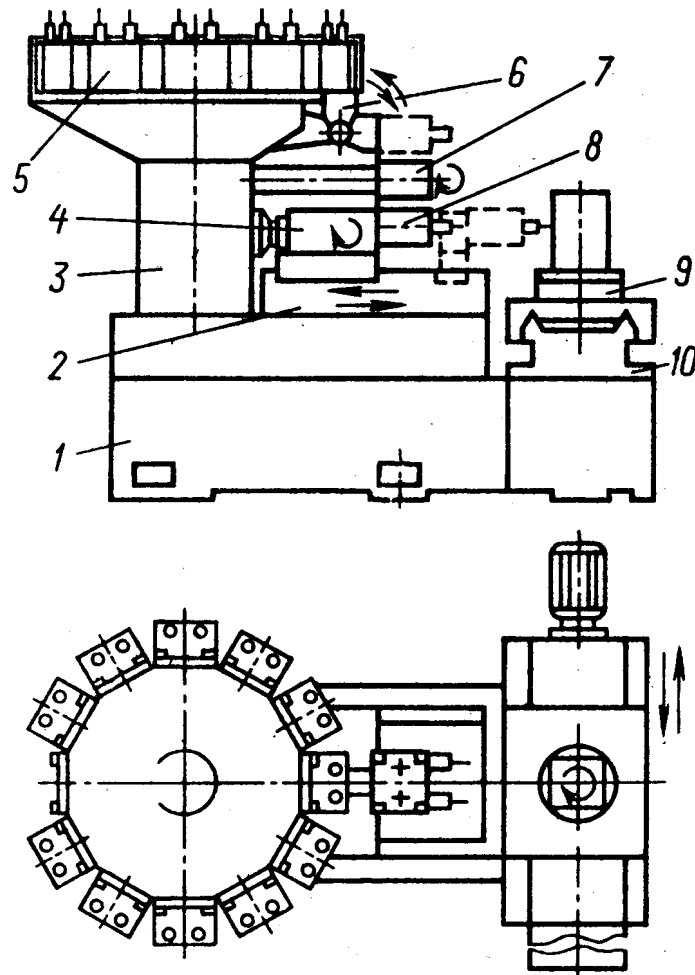


Рис. 1.1. Переналагоджуваний багатоопераційний верстат з ЧПК зі змінними багатошпindelними коробками

Оскільки всі інструменти багатошпindelної коробки переміщуються за однією програмою, верстат має вузькоспеціалізовані можливості, великий обсяг неавтоматизованих переналагоджувальних робіт, тому його доцільно використовувати при обробленні заготовок середніх і великих партій.

Верстати з магазином багатошпindelних коробок (насадок) розширюють можливості високопродуктивної комплексної обробки. Разом з тим самі багатошпindelні коробки є дорогим пристроєм, в якому всі інструменти працюють за однією програмою. Вони розраховані на стабільну конструкцію оброблюваної деталі, обмежують можливість

перебудови технології обробки і є доцільними для використання в умовах багатосерійного виробництва.

Трестояковий агрегатний верстат з ЧПК (рис. 1.2) призначено для оброблення заготовок одночасно з трьох боків, закріплених на поворотному столі 1 (координата В) трьома інструментами, кожен з яких може переміщуватися за своєю програмою. Кожен з трьох шпинделів 2, 3 і 4 змонтовано в окремій шпиндельній бабці, якій за програмою може повідомлятися переміщення Y по вертикальних напрямних стояках, що мають переміщення в радіальному напрямку Z. Каретки, які несуть лівий і правий стояки, можуть здійснювати кругові переміщення E відносно центру столу 1, а каретка центрального стояка – лінійне переміщення по координаті X. Інструмент у кожному шпинделі автоматично замінюється з магазинів, розташованих на верхньому торці колон. Компонування верстата в принципі не відрізняється від комплектування агрегатних верстатів традиційної конструкції, а закладені в ньому методи агрегування – від методів агрегування агрегатних систем багатоопераційних верстатів з ЧПК.

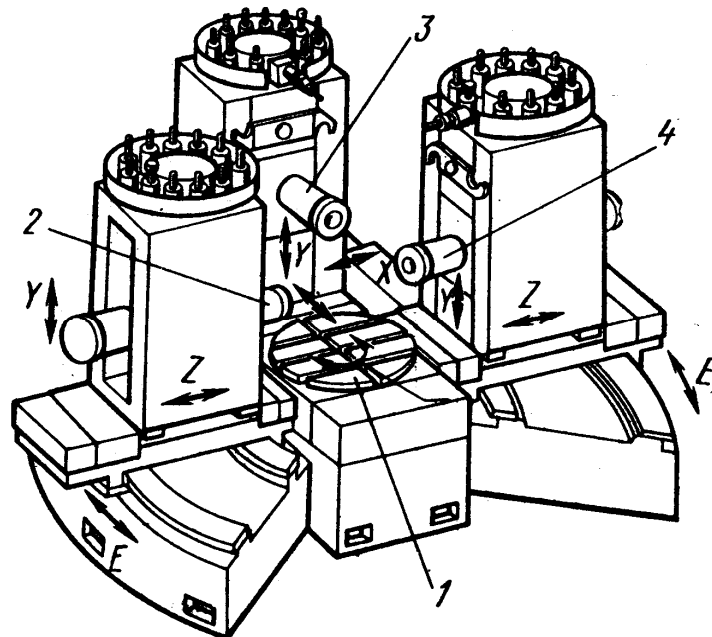


Рис. 1.2. Трестояковий агрегатний верстат з ЧПК АГП 630-400-3.3

Агрегатні верстати з ЧПК якісно відрізняються від традиційних агрегатних і багатоопераційних верстатів. Агрегатні верстати з ЧПК дозволяють підняти коефіцієнт завантаження до 0,8 – 0,9 (замість 0,1 – 0,2), що підвищує віддачу порівняно з традиційними агрегатними верстатами в 5 – 6 разів. Підвищується ефективність агрегатного верстата з ЧПК порівняно з традиційними багатоопераційними верстатами завдяки багатошпиндельній обробці, причому кожен зі шпинделів виконує оброблення за автономною програмою, а в цілому робота шпинделів і

поворотного столу координується єдиним пристроєм ЧПК. Разом з тим висока ефективність багатошпindelної обробки визначається технологічними параметрами оброблюваних заготовок і не є безумовною в будь-якому випадку.

В умовах серійного виробництва найбільш доцільно застосовувати тристоякові верстати для виготовлення деталей з великою кількістю оброблюваних поверхонь, рівномірно розташованих на їх периферії. Верстати в одно- і двостояковому виконанні економічно доцільно застосовувати лише в умовах дослідного і дрібносерійного виробництва. За інших рівних умов ефективність застосування дво- і тристоякових верстатів тим вище, чим більше частка основного часу при обробленні заготовок. Останнє є характерним для оброблення заготовок з високоміцних і титанових сплавів, заготовок з переважанням великої кількості однакових оброблюваних поверхонь або одного якого-небудь виду обробки (наприклад, фрезерування).

Таким чином, проведення багатошпindelної обробки при роботі кожного шпинделя за власною програмою дозволяє підвищити продуктивність верстата і водночас забезпечити гнучку технологію обробки, так само як і при одношпindelних верстатах з ЧПК. Подібні верстати доцільно застосовувати в дрібно- і середньосерійному виробництві.

Перехід до управління верстатами від пристроїв ЧПК на базі ЕОМ (пристрої ЧПК типу Computer Numerical Control – CNC), точніше, від пристроїв ЧПК, побудованих у 70-х роках минулого сторіччя, почався повсюдно в 1972 у зв'язку із застосуванням великих інтегральних схем і можливістю на їх основі розширити технічні та технологічні можливості верстатів з ЧПК. Це досягалося в першу чергу за рахунок різкого зниження кількості елементів, що входять у пристрій ЧПК, підвищення надійності та спрощення обслуговування цих пристроїв, розширення діагностики їх несправностей, введення оперативної пам'яті, що дозволяє проводити оброблення заготовки без перфострічки, редагування програми безпосередньо на верстаті в режимі діалогу «програміст – верстат».

Велике значення має перехід до керування від пристроїв ЧПК на базі ЕОМ для реалізації гнучкої технології обробки завдяки можливості виходу на зв'язок з ЕОМ вищого рівня, введення адаптивного керування від пристроїв контролю навантаження на шпинделі, у приводах подач, контролю розмірів обробленої деталі на верстаті, керування транспортом заміни супутників тощо.

Застосування мікропроцесорів дозволило різко скоротити габарити пристроїв ЧПК верстатами, перейти на блочну структуру їх побудови з

убудовуванням окремих блоків в конструкцію самого верстата. Багатопроцесорні системи ЧПК забезпечують можливість блочної побудови програмного забезпечення.

При обробленні на верстаті заготовок складних корпусних деталей декількох типів цього було недостатньо. Загальна кількість координат, які керуються за програмою, у тому числі одночасно, знаходилася в межах 10–12, що лімітувало можливості багатопиндельною обробки в агрегатних верстатах з ЧПК. Загальноприйнятною стала ієрархічна побудова систем програмного керування.

Об'єднання верстатів з ЧПК у групи, які керуються від єдиної ЕОМ, дало можливість оперативно редагувати програми безпосередньо на верстаті, скасовувати програмоносій у формі магнітної або перфорованої стрічки і перейти до роботи з використанням пам'яті ЕОМ. Ефективність від упровадження груп верстатів з ЧПК можна оцінити таким чином: скорочення циклу підготовки програм у 3–7 разів; скорочення циклу запуску нових деталей у 3–7 разів; скорочення доводочних операцій за рахунок можливості оперативного підвищення якості технологічного процесу на 10...30 %; скорочення простоїв верстата за рахунок усунення та зменшення кількості підготовчо-заклучних і допоміжних операцій на 5...10 %.

Підвищується якість оброблення деталей за рахунок більш якісної технологічної підготовки програм; зростає продуктивність праці технолога-програміста в 3–7 разів за рахунок створення безперервного контуру від проектування до впровадження програм обробки деталей; збільшується продуктивність праці оператора-верстатника за рахунок автоматизації підготовчо-заклучних операцій і скорочення машинного часу обробки на 10...15 %.

Таким чином, об'єднання верстатів з ЧПК у групи, які керуються єдиною ЕОМ, дозволило підвищити ефективність роботи технологів-програмістів. Проте групове керування не вирішує завдань гнучкої технології обробки і тільки частково змінює функції оператора-верстатника.

Об'єднання верстатів з ЧПК в автоматизовані комплекси, що містять автоматизовані транспортні системи і централізоване керування від ЕОМ, має на меті автоматизацію основних і допоміжних операцій при дрібно- і середньосерійному виробництвах. Створення таких комплексів ведеться в кількох напрямках.

1. *Переналагоджувані автоматичні лінії.* Переналагодження автоматичної лінії здійснюється шляхом переналагодження верстатів з ЧПК, заміни пристроїв, захватів маніпуляторів, керуючих програм в ПЧПК.

Великий обсяг неавтоматизованих налагоджувальних робіт, вузькоспеціалізовані верстати визначають можливості використання таких ліній у середньо- і багатосерійному виробництвах для невеликої номенклатури оброблюваних заготовок. Як правило, переналагоджувані автоматичні лінії не відповідають вимогам гнучкої технології обробки.

2. *Автоматизовані комплекси зі складом-накопичувачем заготовок та інструменту в тарі.* Такі комплекси головним чином вирішують завдання, аналогічні завданням, що вирішуються при об'єднанні верстатів з ЧПК у групи, і додатково впорядковують і механізують доставку оператору заготовок і оснащення. Допоміжний час скорочується завдяки оснащенню верстатів супутниками, заміною яких керує оператор. В автоматизованих комплексах зі складом-накопичувачем заготовок та інструменту в тарі робітник-оператор верстата виконує всі основні функції, а саме: завантаження заготовки в пристрої на допоміжному столі біля верстата і зняття готових деталей, підбір потрібного інструменту і установлення його в магазин верстата при переході на обробку нової заготовки, заміну кріпильного пристрою на супутниках при переході до обробки нової заготовки, вмикання станка, контроль деталей, спостереження за роботою устаткування. У таких комплексах підвищується ефективність використання устаткування і здійснюється деяка реалізація гнучкої технології, однак питання істотного наближення до «безлюдної» технології обробки не вирішується.

3. *Автоматизовані комплекси зі складом-накопичувачем супутників із заготовками.* Супутники закодовані, причому номер супутника, крім автоматизованого зчитування спеціальним переносним пристроєм, може також зчитуватися обслуговуючим персоналом у будь-якому місці зупинки. У зв'язку з великим машинним часом оброблення склад може бути перенесено у бік від верстатів. Автоматизовані комплекси зі складом-накопичувачем супутників із заготовками дозволяють здійснити «безлюдну» гнучку технологію обробки при обмеженій номенклатурі деталей і місткості магазину інструментів, достатньої для забезпечення обробки цієї номенклатури, оскільки робітник-оператор виконує лише функції спостереження за роботою обладнання. За наявності розвинутої системи діагностики несправностей і контролю якості обробки на верстаті один оператор може обслуговувати весь комплекс верстатів. Подібні комплекси доцільно застосовувати в серійному виробництві із серіями виробів, що повторюються.

4. *Автоматизовані комплекси зі складом-накопичувачем супутників з деталями і супутників з магазинами інструментів.* Багатономенклатурний автоматизований комплекс (рис. 1.3) фірми

Yamazaki (Японія) для оброблення корпусних деталей складається з трьох паралельних ліній: лінії супутників 3 для установлення деталей; лінії верстатів 2; лінії інструментального оснащення 1 (магазинів інструментів).

У лінії супутників установлюються різні пристрої відповідно до замінної номенклатури деталей. Лінія верстатів містить шпindelьні бабки, які переміщуються відносно лінії супутників згідно з командами пристроїв ЧПК. В осередках лінії 1 розміщуються дискові магазини з інструментами. Тут же встановлено маніпулятор для подачі магазинів за командою ЕОМ. Такий автоматизований комплекс дозволяє забезпечити повне завантаження верстатів в умовах оброблення різних деталей.

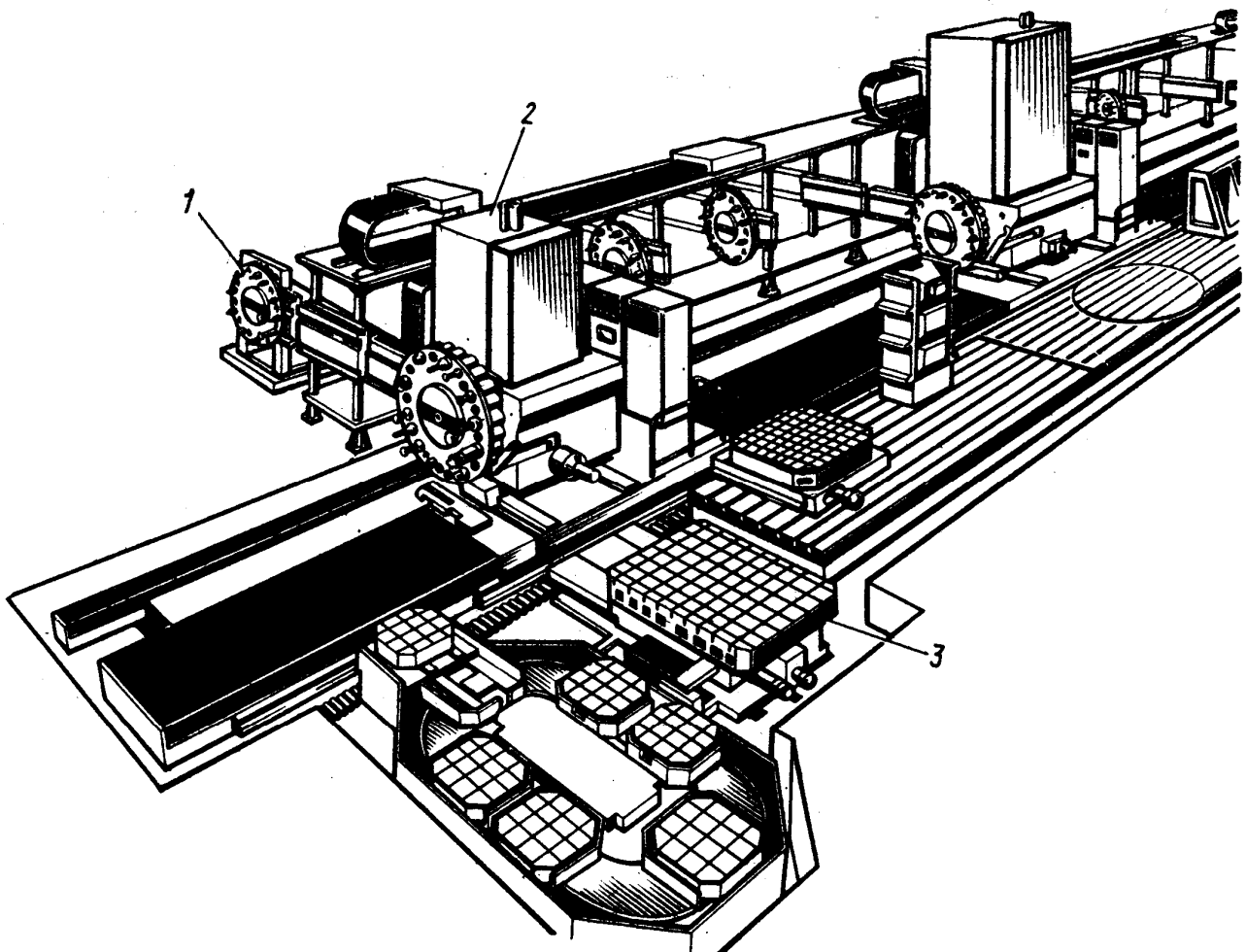


Рис. 1.3. Модуль багатноменклатурного автоматизованого комплексу фірми Yamazaki (Японія) для оброблення корпусних деталей

Автоматизовані комплекси зі складами-накопичувачами супутників з деталями і супутниками з магазинами інструментів дозволяють здійснювати гнучку технологію обробки при широкій номенклатурі деталей. За наявності розвинутої системи діагностики несправностей і якості обробки вирішуються також завдання «безлюдної» технології, оскільки за оператором зберігаються лише функції спостереження за роботою обладнання.

5. *Автоматизовані комплекси зі складами-накопичувачами супутників із заготовками й інструментами для індивідуальної подачі на верстати.* Автоматизований комплекс АЛП-3-2 (рис. 1.4) призначено для комплексної механічної обробки корпусних заготовок 70 найменувань з габаритними розмірами 250×250×250 мм.

Комплекс включає вісім верстатів, у тому числі чотири багатоопераційні п'ятикоординатні верстати з ЧПК, три багатоопераційні шестикоординатні верстати з ЧПК 4 і один п'ятикоординатний верстат з ЧПК 5 для глибокого свердління. Подача заготовок на верстати комплексу здійснюється автоматично зі стелажа-накопичувача супутників 13 за допомогою штабелера 7 автоматизованої транспортно-складської системи (АТС) і завантажувачів 8 при верстатах комплексу. Штабелер 12 здійснює подачу супутників із заготовками в стелаж-накопичувач супутників з позиції завантаження 11, подачу оброблених деталей на супутниках зі стелажа-накопичувача супутників на позицію розвантаження 10 і на позиції контролю 9.

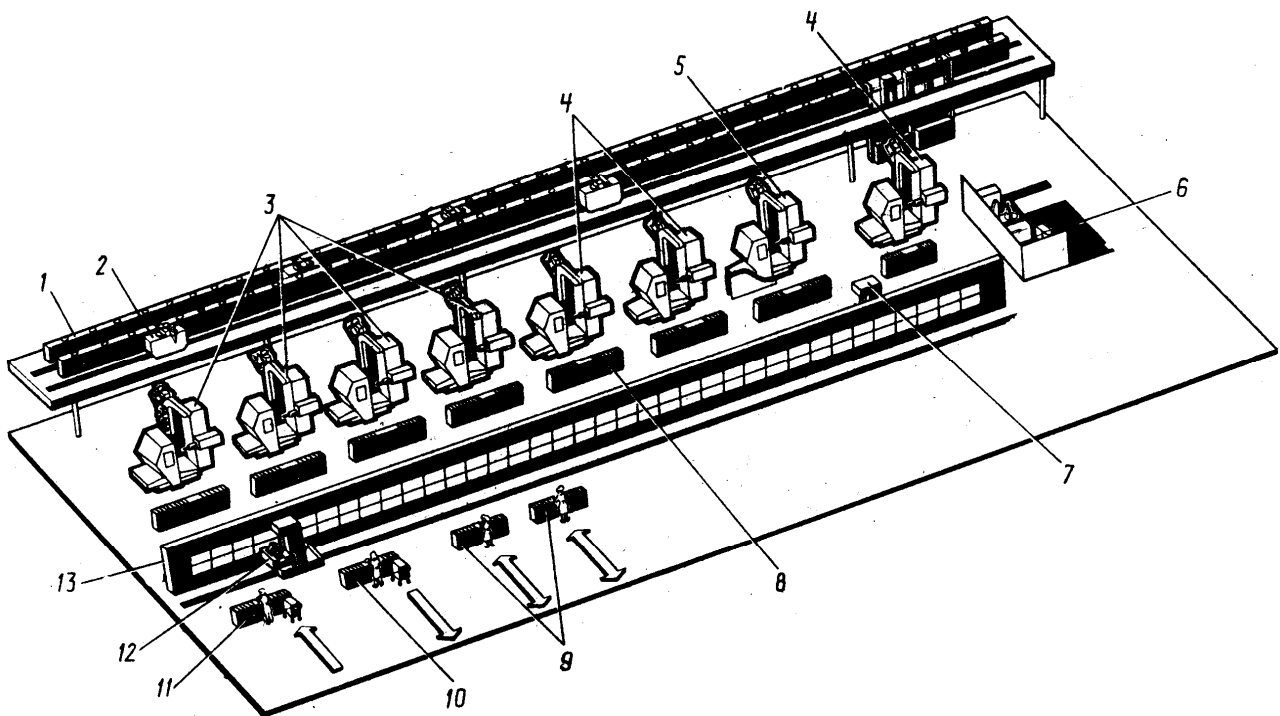


Рис. 1.4. Схема автоматизованого комплексу АЛП-3-2 для оброблення широкої номенклатури корпусних деталей

Подача інструменту в магазини верстатів зі стаціонарного складу 1 та виведення з верстатів зношеного, поламаного або непотрібного інструменту здійснюються автоматично – роботами-автооператорами 2 системи інструментального забезпечення (СІЗ). У результаті час переходу на оброблення деталей різних найменувань становить близько 25 с.

Роботу верстатів комплексу, систем АТС і СІЗ забезпечує керуючий обчислювальний комплекс (КОК), розташований в окремому приміщенні.

Автоматизований комплекс укомплектовано відділенням налагодження інструменту б поза верстатами і вимірювальними машинами для контролю оброблених деталей.

До складу автоматизованого комплексу АЛП-3-2 також входить автоматизований склад заготовок з накопичувачем і відділенням комплектації заготовок. Повна автоматизація всіх робіт, пов'язаних з механічною обробкою корпусних заготовок, забезпечує переведення виготовлення деталей з дрібносерійним і серійним характером виробництва в режим масового виробництва на традиційних автоматичних лініях. Упровадження автоматизованого комплексу АЛП-3-2 дозволило знизити собівартість своєї продукції в 3 – 5 разів, підвищити якість і забезпечити взаємозамінність деталей, підвищити культуру виробництва, вивільнити до 90 висококваліфікованих робітників-верстатників, підвищити в 2 – 3 рази коефіцієнт використання обладнання з ЧПК, скоротити виробничий цикл механічної обробки в 3 – 8 разів.

Автоматизовані комплекси зі складами-накопичувачами супутників з заготовками й інструментами для індивідуальної подачі на верстати дозволяють здійснити гнучку технологію обробки при широкій номенклатурі заготовок і необмеженій кількості інструментів для оброблення кожної деталі. При розгалуженій системі діагностики несправностей вирішуються також завдання «безлюдної» технології обробки.

2. ГРУПОВА ТЕХНОЛОГІЯ ЯК ОСНОВА СТВОРЕННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ГВС. ВИМОГИ ДО ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ОБРОБЛЯЮТЬСЯ У ГВС

Груповий технологічний процес характеризує спільність устаткування і технологічного оснащення при виконанні окремих операцій або повному виготовленні групи однорідних або різнорідних деталей. Найважливішим виробничим принципом групової технології є концентрація виготовлення технологічно однорідних об'єктів (деталей) у спеціалізованих підрозділах. Процес проектування зазначених підрозділів полягає у формуванні такого технологічного середовища, яке пристосоване до регулярного виробництва технологічно подібних груп деталей. Таким чином, виникає ітеративна процедура: групову технологію створює передумови для утворення спеціалізованого технологічного середовища, а певна деформація такого середовища дозволяє додатково удосконалити групування для досягнення максимальної регулярності. Регулярність створює основу для гнучкої автоматизації виробничого процесу, що розвивається в побудованому технологічному середовищі. Тому застосування методів групової технології є ефективним на стадії проектування нової ГВС.

Зіставимо різноманіття технологічних маршрутів при обробленні 33 типів зубчастих коліс (рис. 2.1), причому варіант на основі групової технології (рис. 2.1, б) має переваги перед звичайним (рис. 2.1, а): вдається скоротити набір обладнання (на рисунку позначено кружками) і збільшити рівномірність його завантаження (про це свідчить перерозподіл кількості типів – позначено цифрами). Це є хорошою базою для організації відповідної ГПС.

Розвинена система групової технології є хорошим інструментом для інтеграції баз даних у будь-якому виробничому середовищі. Коди і класифікатори утворюють єдиний словник, на основі якого різні бази даних можуть спілкуватися між собою, і таке спілкування може бути забезпечено засобами ЕОМ.

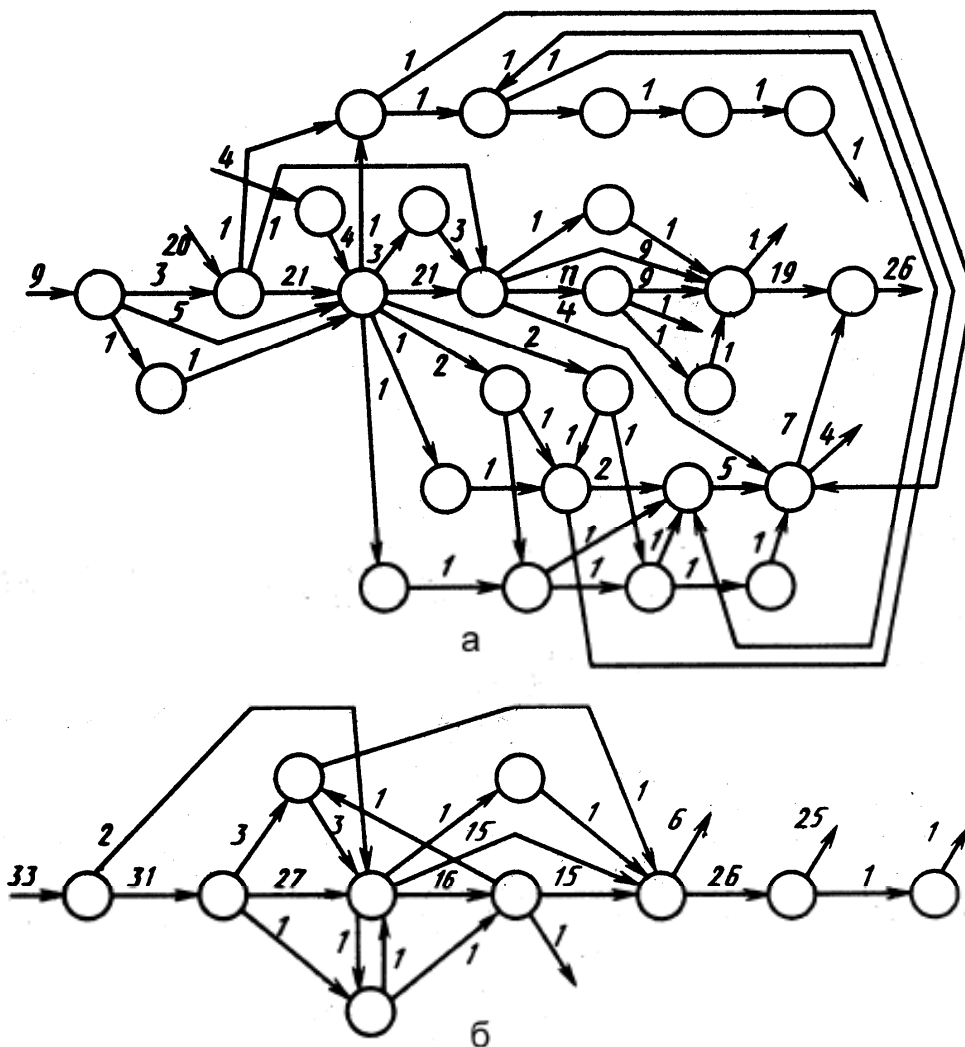


Рис. 2.1. Ефективність групової технології на етапі побудови технологічного середовища (цифри на дугах графів означають кількість деталей, переданих у рамках технологічного маршруту від верстата до верстата):

- а – граф різноманіття технологічних маршрутів, спроектованих незалежно ;
- б – граф різноманіття технологічних маршрутів, спроектованих на основі групової технології

Групову технологію в широкому сенсі можна трактувати як концепцію, суть якої полягає у пошуку спільних рішень для аналогічних виробничих проблем. Групова технологія може бути використана для об'єднання баз даних, стандартизації проектування, керування внесенням у проекти змін, стандартизації підготовки виробництва, стандартизації пристроїв, установлення необхідного зворотного зв'язку між процесами виробництва і проектування.

Ключем до групової технології є метод ідентифікації, який дозволяє класифікувати і кодувати конструктивні й технологічні характеристики заготовок. Таким чином, концепція групової технології (ГТ) виявляється пов'язаною з концепцією системи автоматизованого проектування (САПР) і концепцією ГВС (рис. 2.2).

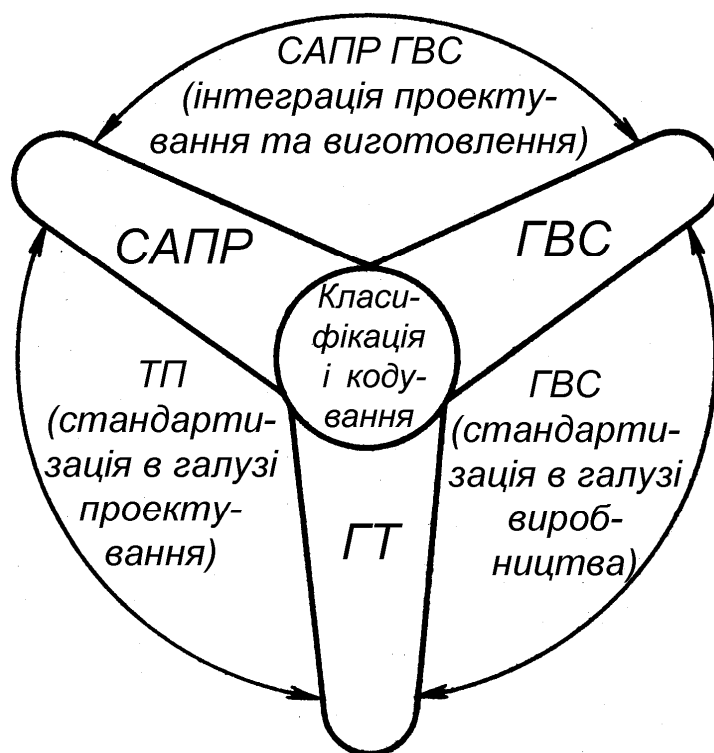


Рис. 2.2. Інтеграція концепцій сучасного виробництва

Ефективність експлуатації ГВС значною мірою залежить від того, наскільки правильно підібрана номенклатура деталей і наскільки конструктивно-геометричні параметри і технологічні вимоги на виготовлення деталей відповідають технологічним можливостям ГВС. Оскільки при підборі номенклатури деталей для оброблення в ГВС необхідна орієнтація на застосування групової технології, то вимоги до технологічності кожної групи деталей значно підвищуються. Особливо ретельно мають бути вибрані такі загальні для всієї групи ознаки, як система розмірів, допусків і розмірні ланцюги, призначення баз і матеріалів, метод отримання заготовок тощо.

Велике значення має уніфікація конструктивних елементів, що дозволяє скоротити різноманіття технологічних баз, методів обробки деталей, кількість типорозмірів різального і вимірювального інструментів. Уніфіковані елементи конструкції деталей мають бути базою САПР, оскільки тільки в цьому випадку можна, вже на стадії конструкторської підготовки виробництва, досягти високого рівня технологічності нових виробів, що забезпечує їх оброблення в ГВС.

У конструкціях деталей, що обробляються у ГВС, з точки зору їх технологічності, крім загальних вимог, мають бути додатково передбачені такі вимоги до технологічності конструкцій деталей, що обробляються в ГПС.

1. Наявність максимальної уніфікації окремих елементів оброблюваних поверхонь.

2. Геометричні форми контурів деталей мають бути по можливості найбільш простими.

3. Застосування похилих поверхонь має бути мінімальним.

4. Розміри взаємного розташування оброблюваних поверхонь мають бути задані від базової поверхні.

5. Форма деталей повинна бути якомога ближче до правильної геометричної форми, що дозволить використовувати стандартний або нормалізований інструмент.

6. При розробленні технологічного процесу має бути передбачена можливість оброблення як можна більшої кількості поверхонь за одне установлення без перебазування. Для цього операції оброблення корпусних деталей мають бути по можливості зосереджені на чотирьох бічних гранях (боках) деталі. Інші дві грані деталі або не повинні оброблятися або повинні піддаватися мінімальній обробці.

7. Чорнові базові поверхні, які використовуються на першій операції, мають бути по можливості гладкими і зручними для базування і закріплення деталей.

8. Для деталей, що не мають конструктивних отворів, і елементів зовнішнього та внутрішнього контурів, які могли б бути використані як бази, необхідно передбачити два максимально рознесених за габаритом технологічних отвори і жорстко пов'язати їх координати з конструктивними розмірами деталі.

9. Твердість заготовок має коливатися в невеликих межах, щоб можна було стабілізувати час заміни інструментів на верстаті виходячи з їх стійкості.

10. Квалітет деталей не повинен перевищувати клас точності верстата, щоб на ньому могли бути суміщені чорнові, напівчистові, а по

можливості й фінішні операції.

11. Розташування всіх отворів має бути задане у прямокутній системі координат.

12. У деталях, що мають отвори у двох стінках, розміри в зовнішніх стінках слід задавати так, щоб відношення l/d було не більше 6.

13. Деталі по можливості не повинні мати поверхонь, неперпендикулярних до осей отворів.

14. Точно розточувати отвори не повинні мати внутрішніх виступів, що заважають обробленню.

15. Необхідно уникати великого розмаїття розмірів отворів, різей і допусків на їх виготовлення.

16. Не можна застосовувати отвори під кріпильні різі М3, М4, М5 (по можливості розміри нарізки слід збільшувати).

17. Необхідно уникати розточення канавок в отворах і внутрішнього підрізування.

18. Радіуси фрезерування необхідно задавати якомога більшими, оскільки це дозволяє збільшувати стійкість і надійність інструменту.

19. З'єднання зовнішніх і внутрішніх стінок оброблюваних контурів необхідно задавати з однаковими для даного контуру радіусами, як внутрішніми, так і зовнішніми.

20. Необхідно чітко відокремлювати оброблювані поверхні від необроблюваних, передбачаючи в конструкції деталі виступи достатньої висоти.

21. Радіуси з'єднань і висота оброблюваних поверхонь мають знаходитися у співвідношеннях, що забезпечують необхідну жорсткість уживаного інструменту. При обробленні матеріалів з легких сплавів $R_{min} \geq 1/6H$, для важкооброблюваних матеріалів $R_{min} \geq 1/4H$.

3. СТРУКТУРА ГВС. ОСНОВНІ ВИМОГИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ГВС

Для вирішення завдання автоматизації механічної обробки деталей необхідно здійснити такий комплекс організаційних і технічних заходів.

1. Проектування та конструювання виробів, що допускають гнучку автоматизацію їх виготовлення.

2. Розроблення технологічних процесів, що дозволяють використовувати гнучку автоматизацію механічної обробки деталей (зокрема, на основі групового методу).

3. Створення систем програмного керування, оснований на застосуванні ЕОМ:

- використання багатоопераційних верстатів з автоматичною заміною інструментів за заданою програмою обробки;

- доповнення систем програмного керування адаптивними підсистемами, що забезпечують оптимізацію технологічних режимів;
- безпосереднє керування верстатами від власних індивідуальних ЕОМ і мікропроцесорів;
- автоматизація міжопераційного транспортування заготовок і виробів з керуванням від ЕОМ;
- автоматизація складського господарства з керуванням від ЕОМ;
- автоматизація розроблення керуючих програм;
- автоматизація процесів проектування і конструювання виробів;
- автоматизація контролю розмірів і діагностики несправностей;
- автоматизація прибирання стружки;
- програмне керування групами верстатів і автоматичних ліній від ієрархічної системи ЕОМ;
- створення промислових роботів з достатнім числом степенів вільності робочих органів, оснащених програмним керуванням і призначених для виконання як технологічних, так і транспортних та інших допоміжних операцій.

Таким чином, ГВС являє собою організаційно-технічну виробничу систему, що дозволяє у дрібносерійному багатомономенклатурному виробництві замінити (з мінімальними витратами і в короткий термін) продукцію, що випускається, на нову шляхом перебудови технологічного процесу за рахунок заміни керуючих програм.

ГВС визначають як сукупність у різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів (РТК), гнучких виробничих модулів (ГПМ), окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого інтервалу часу, що має властивість автоматизованого переналагодження при виробництві деталей довільної номенклатури в установлених діапазонах значень їх характеристик.

За організаційними ознаками ГВС поділяють на такі:

- гнучкі автоматизовані лінії (ГАЛ) ;
- гнучкі автоматизовані дільниці (ГАД);
- гнучкі автоматизовані цехи (ГАЦ).
- гнучкі автоматизовані заводи (ГАЗ).

ГАЛ і ГАД – це дві концепції ГВС, що складаються з декількох гнучких виробничих модулів (ГВМ), об'єднаних автоматизованою системою керування. Між ними є різниця.

ГАЛ є по суті ГВС з розміщенням технологічного обладнання у прийнятій послідовності технологічних операцій. Організаційна основа ГАЛ – типовий технологічний процес. Типовий технологічний процес

характеризується єдністю змісту і послідовності більшості технологічних операцій і переходів для групи виробів із загальними конструктивними ознаками. Типовий технологічний процес розробляється на одну деталь, яка є типовим представником групи. Як правило, цю концепцію застосовують в умовах багатосерійного виробництва. Обладнання встановлюють так, щоб забезпечити послідовну обробку умовної або реальної гіпотетично надлишкової деталі, що містить елементи форм усієї номенклатури деталей. На відміну від традиційних автоматичних ліній ГАЛ дозволяє обробляти деталі заздалегідь невідомих конструкцій, які за технологією обробки аналогічні раніше виготовленим деталям; при цьому заготовки переміщуються в транспортній системі тільки за заздалегідь визначеними маршрутами.

ГАД – це ГВС, яка працює за технологічним маршрутом, у якому передбачено можливість зміни послідовності використання технологічного обладнання. Для ГАД характерна така форма уніфікації технологічних процесів, як груповий технологічний процес. Груповий технологічний процес характеризується спільністю обладнання і технологічного устаткування при виконанні окремих операцій або повному виготовленні групи однорідних або різнорідних деталей. Найбільш доцільним є створення ГАД в умовах дрібно- і середньосерійного виробництва. Використання ГАД дає можливість порушити прямоточність переміщення оброблюваних деталей у межах ділянки й повертати їх на верстати, де виконувалися попередні операції. До складу ГАД може входити автономно функціонуюче технологічне обладнання, не пов'язане спільною транспортною системою з рештою обладнання; можливо також виконання окремих ручних операцій (наприклад, завантаження-розвантаження оброблюваних виробів. Передільно-технологічні ГАД, що реалізують певні технологічні переділи (заготівельні, ливарні, механічної обробки, зварювальні тощо), є найбільш доцільними при створенні ГВС у новому виробництві або реконструкції старого виробництва. Предметно-замкнуті ГАД, що реалізують обробку певних типів деталей, створюють для виготовлення:

- 1) деталей типу тіл обертання (вали, фланці, втулки, зубчасті колеса тощо);
- 2) корпусних деталей, просторових кронштейнів і важелів;
- 3) плоских деталей (планки, кришки, плоскі важелі, панелі тощо);
- 4) змішаної групи деталей, що складаються з деталей, які входять у перелічені вище групи (оброблення корпусних деталей, плоских деталей, деталей типу тіл обертання, зубчастих коліс тощо). Ці ГАД є перспективними при поступовому впровадженні ГВС.

ГАЦ являє собою сукупність ГАЛ і ГАД у різних поєднаннях, призначених для виготовлення виробів заданої номенклатури, наприклад, цех механообробки, збирання, термообробки тощо.

ГАЗ являє собою сукупність ГАЦ, призначених для випуску готових виробів.

Складовими частинами ГВС є :

- ГВМ – одиниця технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик з програмним керуванням, автономно функціонує, яка автоматично здійснює всі функції, пов'язані з виготовленням, має можливість убудовування в ГВС;

- гнучкий роботизований технологічний комплекс (ГРТК) – сукупність одиниці технологічного обладнання, промислових роботів і засобів оснащення, яка автономно функціонує і здійснює багаторазові цикли.

РТК, призначені для роботи в ГВС, повинні мати автоматизовану систему переналагодження і можливість убудовування в систему більш високого рівня. Засобами оснащення РТК можуть бути пристрої накопичення, орієнтації, поштучної видачі об'єктів виробництва й інші пристрої, що забезпечують функціонування РТК.

Структура ГВС (рис. 3.1) будується за принципом підвищення рівня організації виробництва: гнучкий виробничий модуль (ГПМ) – гнучка автоматизована лінія (ГАЛ) або гнучка автоматизована ділянка (ГАД) – гнучкий автоматизований цех (ГАЦ) – гнучкий автоматизований завод (ГАЗ).

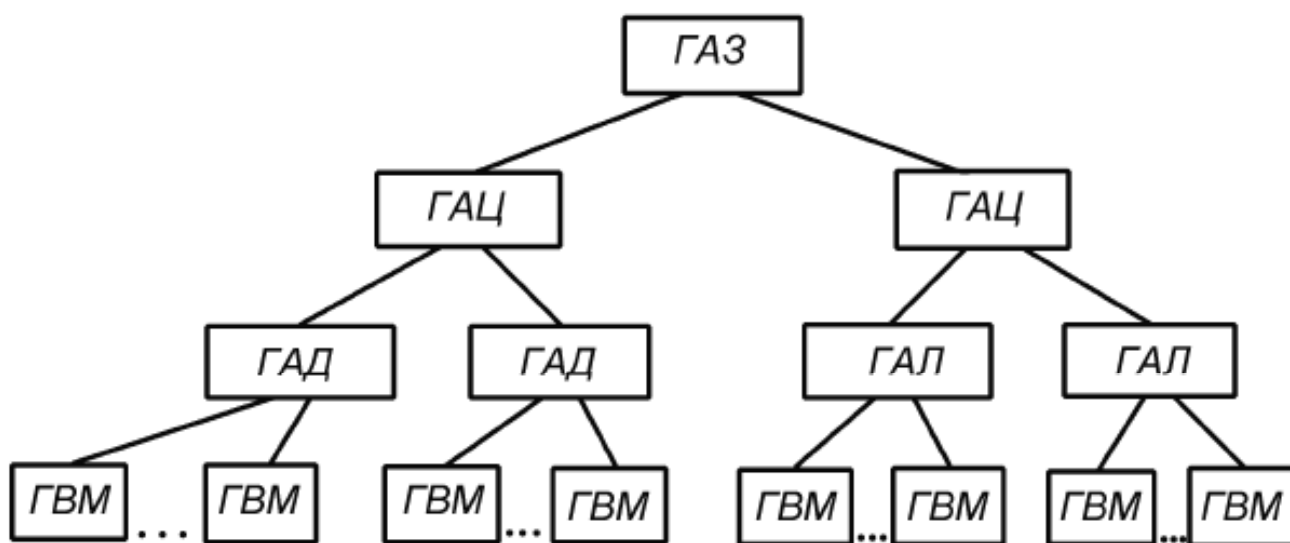


Рис. 3.1. Організаційна структура ГВС

У ГВС, як правило, вбудовують тільки автоматизоване технологічне обладнання, яке можна пристосувати до змінних умов виробництва при мінімальній участі обслуговуючого персоналу. Разом з тим при виробничій необхідності допускається включення до складу ГВС окремих видів устаткування з ручним керуванням.

У загальному випадку в ГВС автоматично реалізуються такі функції: керування циклом роботи обладнання за допомогою ПЧПК, ПК тощо; завантаження, розвантаження та міжопераційне транспортування закріплених за ГВС деталей; контроль точності та режимів обробки; контроль технічного стану верстатів, інструментів, транспортної системи; налагодження і заміна інструментів; періодичне переналагодження верстата при переході на оброблення нової деталі; керування виробництвом у цілому.

Обладнання, що застосовується у ГВС, визначається розміром партії і номенклатурою оброблюваних деталей.

Система забезпечення функціонування ГВС являє собою сукупність автоматизованих систем, які забезпечують проектування виробів, технологічну підготовку їх виробництва, управління ГВС за допомогою ЕОМ та автоматичне переміщення предметів виробництва та технологічного устаткування.

У загальному випадку в систему функціонування ГВС входять:

- АТСС – автоматизована транспортно-складська система, що являє собою систему взаємозв'язаних автоматизованих транспортних і складських пристроїв для укладання, зберігання, тимчасового накопичення, розвантаження та доставки предметів праці та технологічного оснащення;

- АСІЗ – автоматизована система інструментального забезпечення, тобто система взаємозв'язаних елементів, що містить ділянки підготовки інструменту, його транспортування, накопичення, пристрої заміни і контролю якості інструменту, що забезпечують підготовку, зберігання, автоматичне установлення і заміну інструменту;

- САК – система автоматичного контролю;

- АСВВ – автоматизована система видалення відходів;

- АСКТП – автоматизована система керування технологічним процесом;

- АСНІ – автоматизована система наукових досліджень;

- САПР – система автоматизованого проектування;

- АСТПП – автоматизована система технологічної підготовки виробництва;

- АСУП – автоматизована система керування виробництвом тощо.

Структура ГВС є спільною для всіх видів виробництв (механообробних, ливарних, зварювальних тощо) і єдиною як для основного виробництва, так і для цехів і дільниць підготовки виробництва.

Відмінною особливістю ГВС порівняно з традиційним дрібносерійним і одиничним виробництвом є те, що в них можна забезпечити виконання основних принципів, характерних для масового потокового виробництва (безперервність, ритмічність і пропорційність) в умовах дрібносерійного багатомономенклатурного виробництва.

Виділяють п'ять рівнів автоматизації (вони також є етапами автоматизації виробництва):

- перший рівень – автоматизація циклу оброблення, що полягає в керуванні послідовністю і характером рухів робочого інструменту з метою отримання заданої форми оброблюваної деталі. Найбільш повного втілення автоматизація цього рівня набула із застосуванням верстатів з ЧПК;

- другий рівень – автоматизація завантажувально-розвантажувальних операцій (установлення і зняття деталі з верстата), що дозволяє робітникові обслуговувати кілька одиниць технологічного обладнання, тобто перейти до багатоверстатного обслуговування. Найбільшою універсальністю і швидкістю переналагодження характеризуються промислові роботи, що використовуються для автоматизації допоміжних і транспортних операцій. Другий рівень автоматизації забезпечується створенням роботизованих технологічних комплексів;

- третій рівень – автоматизація контролю, що раніше виконувала людина: стану інструменту і своєчасної його заміни; якості оброблюваних виробів; стану верстата і видалення стружки, а також налагодження технологічного процесу (адаптивне керування). Така автоматизація звільняє людину від постійного зв'язку з машиною і забезпечує тривалу роботу обладнання з обробки деталей одного типорозміру при мінімальній участі або взагалі без участі людини протягом однієї-двох змін. Третій рівень автоматизації забезпечується створенням адаптивних РТК;

- четвертий рівень – автоматизація переналагодження обладнання. На існуючому обладнанні переналагодження здійснюється вручну, що потребує значного часу. Тому важливим завданням є вдосконалення систем переналагодження обладнання – застосовуваних пристроїв, інструменту і оснащення, а також методів завдання циклів і режимів обробки. В ідеалі слід прагнути до створення автоматичних систем переналагодження обладнання для випуску нових виробів. Четвертий рівень автоматизації забезпечується створенням гнучких РТК, а також гнучких виробничих модулів (ГВМ) – одиниці технологічного обладнання для виробництва виробів довільної номенклатури в установлених межах

значень їх характеристик з програмним керуванням, що є автономно функціонуючою і яка автоматично здійснює всі функції, пов'язані з виготовленням деталей, і може бути вбудована в гнучку виробничу систему;

- п'ятий рівень – гнучкі виробничі системи (ГВС) – сукупність в різних поєднаннях обладнання з ЧПК, роботизованих технологічних комплексів (РТК), гнучких виробничих модулів (ГВМ), окремих одиниць технологічного обладнання та систем забезпечення їх функціонування в автоматичному режимі протягом заданого проміжку часу, що має властивість автоматичного переналагодження при виробництві виробів різної номенклатури в установлених межах значень їх характеристик.

Доцільність уведення того чи іншого рівня автоматизації механообробного виробництва залежить насамперед від серійності виробництва.

У масовому виробництві з постійним об'єктом випуску, як правило, застосовується високопродуктивне спеціальне основне технологічне обладнання, об'єднане автоматичними транспортно-завантажувальними механізмами періодичної дії, що в комплексі являє собою так звані жорсткі автоматичні лінії. У жорстких (синхронних) автоматичних лініях вироби завантажуються, обробляються і передаються від верстата до верстата одночасно або через кратні проміжки часу (при виході з ладу хоча б одного з верстатів усі інші вимикаються і лінія простоє). При створенні таких ліній прагнуть забезпечити мінімальний цикл роботи.

Нині у більшості автоматичних ліній подібного типу використовуються традиційні засоби автоматизації допоміжних операцій: різні конвеєри, підйомно-поворотні столи, автоматичні живильники, автооператори різних типів тощо. Однак термін експлуатації жорсткої автоматичної лінії скорочується внаслідок морального старіння об'єкта виробництва. Цей чинник зумовлює неминучість широкого застосування промислових роботів у масовому виробництві. Підвищити експлуатаційну надійність автоматичних ліній можна шляхом переходу від жорстких ліній до гнучких (несинхронних) автоматичних ліній. Несинхронні автоматичні лінії складаються з самостійно діючих верстатів (секцій), розділених міжопераційними накопичувачами деталей. Ці секції можуть мати різні цикли роботи, методи зберігання і транспортування деталей. Застосування роботів на операціях установлення-зняття деталей на верстатах і транспортування між верстатами виключає необхідність створення в кожному конкретному випадку спеціальних транспортних засобів, дозволяє вирішити завдання швидкого переналагодження автоматичних ліній, а також комплектації і запуску їх в експлуатацію в більш стислі терміни.

Застосування роботів різного функціонального призначення дозволяє

швидко комплектувати автоматичні лінії, до складу яких входить різноманітне технологічне обладнання.

Багатосерійне виробництво характеризується обмеженим часом випуску продукції, певним терміном її морального старіння. Підготовка такого виробництва має здійснюватися у короткі терміни. У цих умовах до основного і допоміжного обладнання поряд з вимогами високої продуктивності та надійності ставляться вимоги переналагоджуваності й можливості перекомпонування порівняно легкими способами. Зниження вартості підготовки виробництва і собівартості продукції прямо залежить від дотримання цих вимог.

Цілком зазначеним вимогам відповідає автоматичне і напівавтоматичне оброблювальне обладнання (і насамперед агрегатні верстати і верстати з ЧПК), яке за допомогою роботів можна об'єднувати в переналагоджувані несинхронні (гнучкі) автоматизовані лінії (ГАЛ).

У серійному виробництві нині існують такі тенденції автоматизації:

1) застосування переналагоджуваних агрегатних верстатів, об'єднаних у переналагоджувані автоматичні лінії з гнучким зв'язком (несинхронні);

2) створення переналагоджуваних автоматичних ліній для групової обробки деталей зі змінними налагодками (економічно вигідні тільки при достатньо великих серіях) ;

3) створення гнучких автоматичних ліній (ГАЛ) з верстатів із ЧПК;

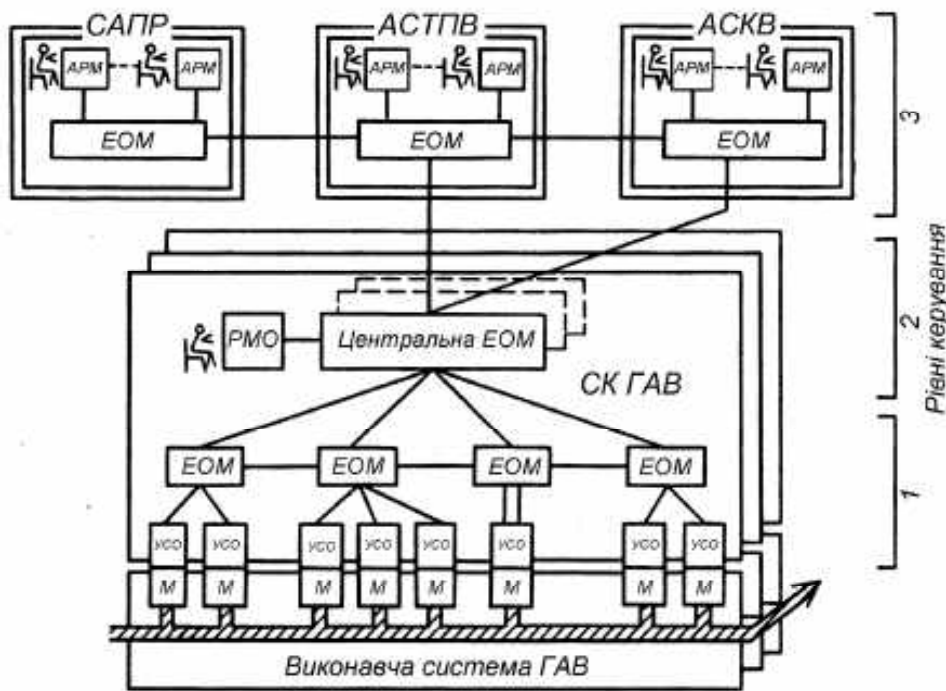
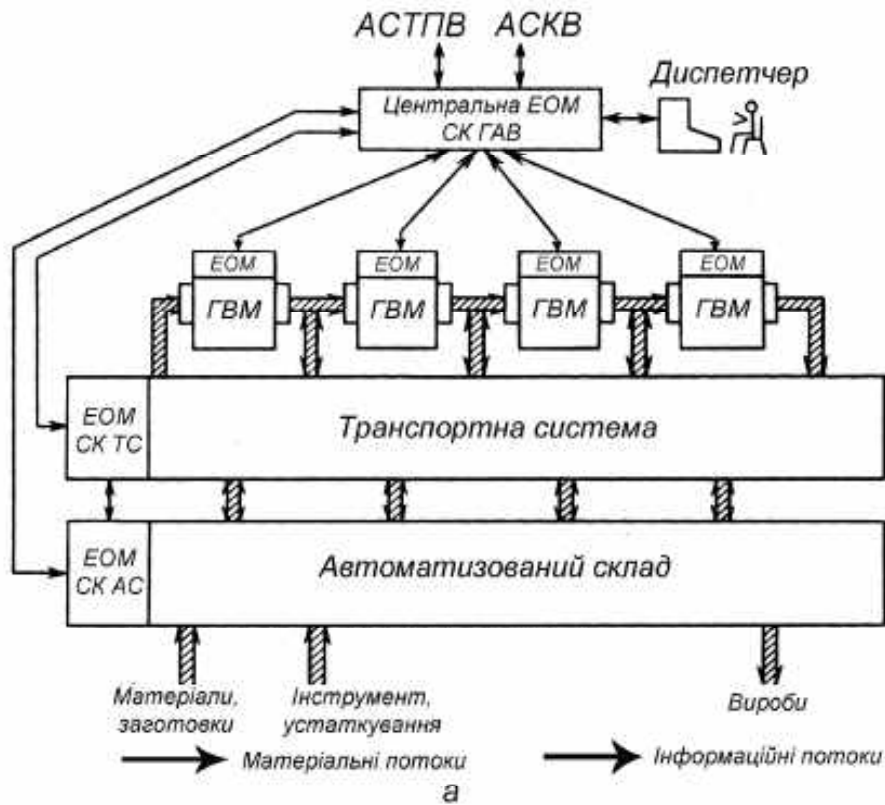
4) створення гнучких автоматизованих дільниць (ГД) з верстатів із ЧПК з керуванням від ЕОМ на середньому (для введення керуючої інформації в пристрої ЧПК верстатів) і на верхньому рівнях (для технологічної підготовки, планування, обліку, аналізу та коригування ходу технологічного процесу).

Останні два напрямки є найбільш перспективними, оскільки в них закладено передумови реалізації якісно нового рівня виробництва – гнучких виробничих систем (ГВС). Перспективним для автоматизації середньо- і дрібносерійного виробництва є створення типових роботизованих комплексів, а також гнучких виробничих технологічних модулів або гнучких робототехнічних комплексів. Їх застосування дозволить комплектувати різні типи автоматизованих дільниць (ГД), ліній (ГАЛ) і ГВС, створювати складні виробничі системи, диференційовані за складом виконуваних операцій, призначенням і рівнем автоматизації обробки і керування, які можуть бути взяті за основу при наступних роботах зі створення автоматизованих цехів і заводів, здатних функціонувати в умовах частої зміни об'єктів виробництва.

Функціональну схему керування гнучкого автоматизованого виробництва (ГВ) на рівні лінії, дільниці або цеху наведено на рис. 3.2, а.

Система керування ГВ є багаторівневою, вона базується на

програмному керуванні від ЕОМ. Принципову схему керування ГАВ показано на рис. 3.2, б.



б

Рис. 3.2. Функціональна схема (а) і рівні керування ГАВ (б): СК ГАВ – система керування ГАВ; СК ТС – система керування транспортною системою; СК АС – система керування автоматичним складом; АРМ – автоматизоване робоче місце; РМО – робоче місце оператора; УСО – устаткування сполучення з об'єктом; М – гнучкий модуль

Виконавчу систему ГАВ наведено у вигляді сукупності гнучких виробничих модулів (ГВМ), що виконують технологічні й транспортні операції над матеріальним потоком, ЕОМ керує модулями за допомогою пристрою сполучення з об'єктами.

Перший рівень керування вирішує завдання керування окремими компонентами виконавчої системи ГАВ. ЕОМ, що входять до нього, можуть взаємодіяти між собою для узгодження роботи сусідніх модулів.

Другий рівень керування координує роботу ЕОМ першого рівня і реалізується центральною ЕОМ системи керування дільницею, лінією або цехом. Оскільки дільниці, лінії або цехи ГАВ матеріально й інформаційно взаємозв'язані, вони також сполучаються через ЕОМ вищого рівня.

Третій рівень керування являє собою ЕОМ АСТПВ і ЕОМ АСКВ, які пов'язані з центральною ЕОМ. Через них можна оперативно вводити інформацію у вигляді програм і даних з технологічної підготовки виробництва і планового керування. ЕОМ третього рівня в загальному випадку також містить ЕОМ САПР.

Модульну структуру виробничого комплексу ГВС механічної обробки подано на рис. 3.3.

При створенні ГВС необхідно враховувати такі основні вимоги.

1. Потужність і технологічні можливості ГВС мають бути вибрані виходячи із заданої номенклатури деталей і необхідної програми випуску деталей кожного найменування за оптимальний цикл виробництва, який визначається економічними розрахунками.

2. ГВС мають випускати повністю оброблені деталі, готові для подальшого використання в складальних цехах або як запасні частини. Усякі перерви у виробництві, пов'язані з доопрацюванням деталей, потребують, як правило, використання неавтоматизованого обладнання, що істотно знижує економічну ефективність виробництва.

3. Продуктивність ГВС і пов'язані з їх експлуатацією витрати мають визначатися з урахуванням таких факторів: кількості робочих годин на добу, кількості годин на профілактичні роботи і переналагодження обладнання, кількості робочих днів у місяці, планованих витрат на ремонтні роботи.

4. Цикл виробництва по можливості необхідно розділяти на добові цикли, протягом яких мають оброблятися деталі мінімальної номенклатури, що дозволить мінімізувати кількість переналагоджень і номенклатуру інструменту, пристроїв і оснащення.

5. Служби, що займаються підготовкою виробництва, мають бути оснащені необхідними засобами для виконання цієї роботи паралельно з роботою технологічного устаткування, щоб уникнути простоїв обладнання з організаційних причин.

6. Слід прагнути повної обробки деталі не тільки в межах ГВС, але й

на одному верстаті, оскільки перестановка і перебазування деталей ускладнює отримання необхідної точності обробки, збільшує обсяг незавершеного виробництва, транспортні витрати і т. п.

7. Для найбільш повного використання фонду часу необхідно мінімізувати час на переналагодження і перебудову обладнання. Базуючись на заздалегідь сформованому банку даних, слід виключити регульовальні операції, пробні проходи, а також максимально скоротити обсяг коригування режимів різання і положення інструменту.

8. Важливою вимогою до ГВС є стабільність якості продукції та самого виробничого процесу, що має забезпечуватися шляхом контролю за ходом роботи за допомогою вимірювальних систем, включених до складу технологічного устаткування.

9. Структурна побудова ГВС має забезпечувати максимальну автономність функціонування технологічного устаткування, яке входить до їх складу. Верстати повинні виконувати найбільш широке коло технологічних операцій з відносно тривалим циклом обробки і, отже, з меншою кількістю перестановок деталей і меншою кількістю циклів роботи завантажувальних пристроїв. Верстати повинні мати накопичувачі, що забезпечують протягом 8 – 16 годин їх функціонування без звернення до транспортно-завантажувальної системи ГВС більш високого рівня. Транспортно-накопичувальна система повинна мати резервні пристрої, що забезпечують, незалежно від інших, подачу заготовок до технологічного устаткування.

10. Необхідно максимально використовувати фонд робочого часу ГВС шляхом зведення до мінімуму втрат через відмови в роботі підсистем. Цьому сприятиме: максимальна автономність обладнання ГВС; взаємозамінність обладнання в межах однотипних груп, що зумовлює можливість переадресації заготовок; резервування технологічного устаткування або його найменш надійних елементів (наприклад, різального інструменту); розвиток діагностики та профілактичного обслуговування; підвищення надійності всіх підсистем тощо.

11. Системи керування ГВС мають будуватися за агрегатним принципом з функціональних блоків, об'єднаних через інтерфейси. Вимірювальні перетворювачі й сенсорні датчики, що використовуються в системі управління, повинні відповідати реальним умовам експлуатації верстата.

12. Мають бути витримані вимоги техніки безпеки і прийняті всі необхідні заходи щодо захисту обслуговуючого персоналу від можливих шкідливих і небезпечних впливів. Слід урахувати соціальні аспекти роботи обслуговуючого персоналу в умовах безперервного і цілодобового режиму роботи обладнання.

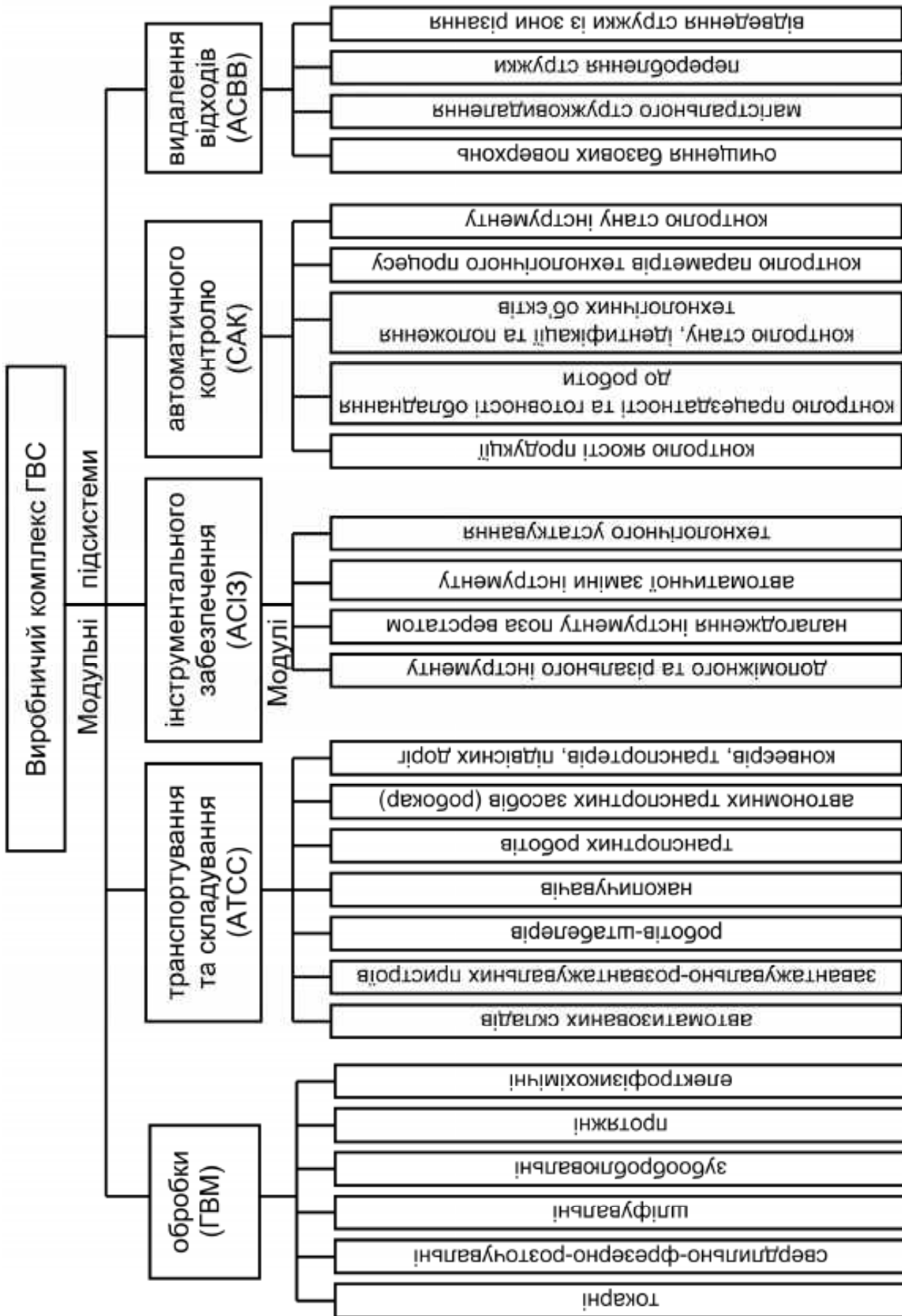


Рис. 3.3. Модульна структура виробничого комплексу ГВС механічної обробки

4. ОРГАНІЗАЦІЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ МОДУЛІВ (ГВМ)

4.1. Склад обладнання ГВМ як відображення його функцій

Базовим компонентом гнучких виробничих систем (ГВС) є ГВМ, який, у свою чергу, являє собою виробничий осередок із засобами інтеграції, забезпечення гнучкості та підтримки роботи в автономному режимі. Зазначені засоби визначають склад устаткування осередку, який суттєво перевищує комплектацію традиційного багатоопераційного верстата з ЧПК типу обробного центру. Особливості конструкції і системи керування традиційних багатоопераційних верстатів дозволяють орієнтувати верстати на автономну роботу. Об'єднання подібних верстатів у дільниці потребує певної модернізації. Досвід такої модернізації, накопичений з шістдесятих років минулого століття при побудові систем групового управління класу DNC (Direct Numerical Control – пряме числове керування), дозволив сформулювати вимоги до обладнання, що дозволяє інтеграцію. До цих вимог входить обов'язкова наявність верстатного інтерфейсу для зв'язку із зовнішнім матеріальним потоком та інтерфейсу системи керування для зв'язку із зовнішнього інформаційно-керуючою мережею.

З урахуванням взаємодії осередку із зовнішнім світом за матеріальним потоком можна подати структуру осередку такою, як показано на рис. 4.1.

Крім власне верстата з ЧПК до складу ГВМ входять: накопичувач заготовок і деталей; обладнання для перевантаження, що пов'язують зовнішній транспорт, накопичувач і робочу зону верстата; накопичувач інструментів; обладнання перевантаження інструментів із зовнішніх пристроїв та їх доставки в накопичувач або обладнання заміни самих інструментальних накопичувачів; контрольно-вимірювальне обладнання; обладнання перевантаження, що пов'язує контрольно-вимірювальну позицію з робочою зоною верстата; допоміжні пристрої та механізми для збирання стружки, очищення та миття деталей, інструментів, затискних пристроїв тощо.

Додаткове обладнання, що входить до складу осередку, нерідко має власну систему керування, робота якого має координуватися на основі прямих зв'язків між окремими системами керування або за допомогою терміналу. Часто функцію терміналу виконує пристрій керування промислового робота, який у цьому випадку є головним в ієрархічній структурі керування. У результаті система керування осередку набуває риси локальної обчислювальної мережі, в якій передбачено інтерфейсний вихід до системи керування більш високого рівня (тобто до системи

керування комплексом).

На даному етапі можна визначити роль промислових роботів у комплексній автоматизації на рівні гнучкого осередку. Як видно з рис. 4.1, у системах механічної обробки деталей роботи, як правило, виконують функції пристрою завантаження основного обладнання (верстатів), тобто є елементами системи автоматичного живлення комплексу. Але такими ж елементами є механізми завантаження типу «перевантажувач», які не є роботами за визначенням.

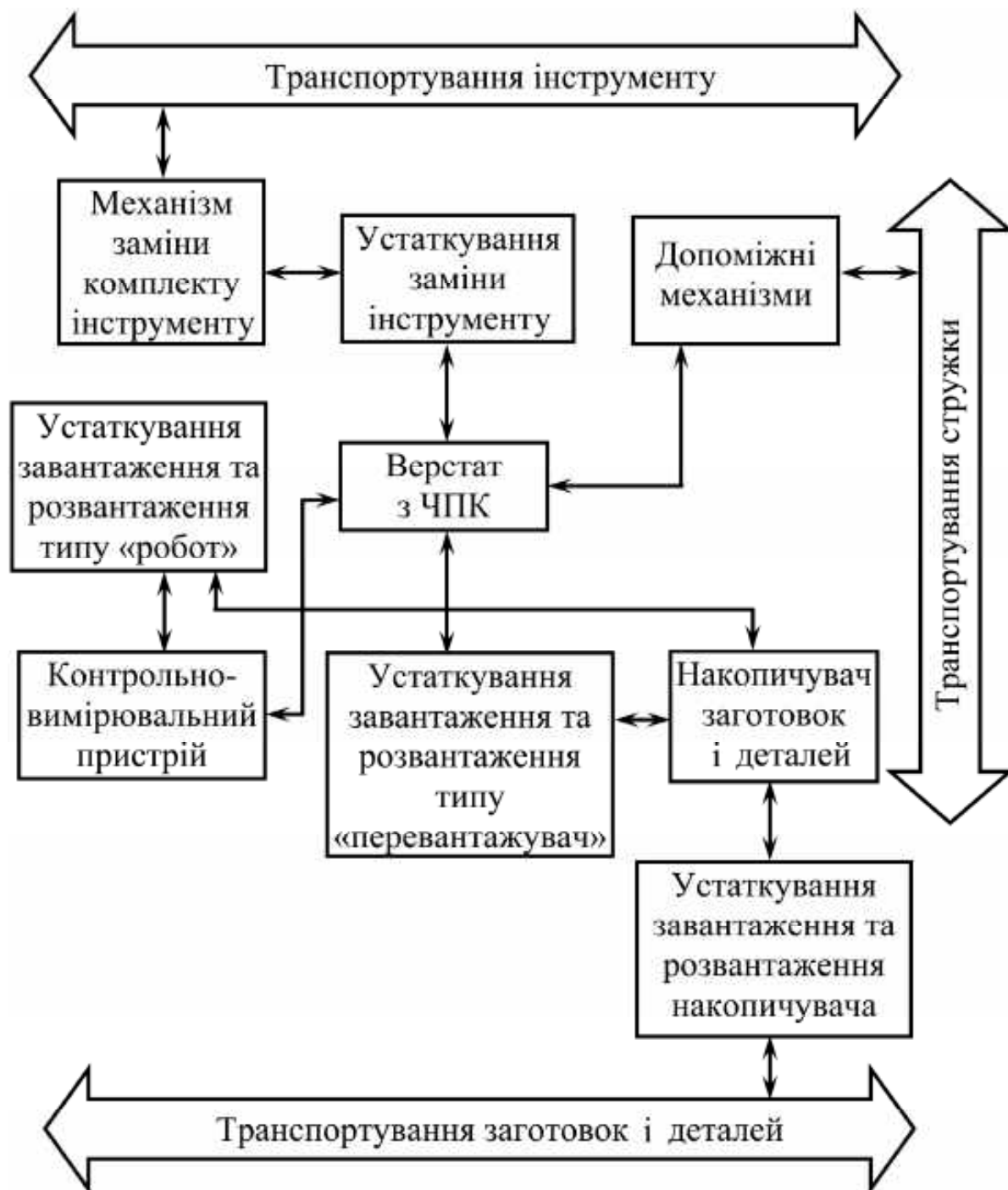


Рис. 4.1. Структура ГВМ, що припускає інтеграцію обладнання

На основі цього можна визначити різницю між гнучкими роботизованими технологічними комплексами (ГРТК) та гнучкими виробничими модулями (ГВМ): ГРТК є окремим випадком ГВМ, коли основні операції (обробки) або допоміжні операції (функції завантаження та розвантаження) виконує механізм, що за ознаками можна визначити як промисловий робот. Щодо механічної обробки основна кількість ГРТК пов'язана з обробкою деталей типу «тіло обертання», що зумовлено можливістю самоцентрування та збереження точності позиціонування таких деталей у захватних пристроях робота. В окремих випадках роботи можуть застосовуватися і для ГРТК обробки призматичних деталей, але тільки для тих, що мають відносно невелику вагу. Останнє зумовлено важкістю збереження точності при базуванні та закріпленні заготовки на плоских поверхнях.

4.2. Використання принципу агрегування при побудові ГВМ

Агрегування у верстатобудуванні – це метод компонування верстатів з ряду уніфікованих автоматичних вузлів різних типорозмірів, які мають розмірну або функціональну взаємозамінність і забезпечені приводом.

Уніфікація відрізняється від агрегування ступенем використання однакових деталей, елементів, механізмів. Вузли однакового функціонального призначення в різних машинах можуть бути уніфіковані між собою різною мірою, і якщо уніфікація повна, то такі вузли стають агрегатними.

Побудова ГВМ за принципом агрегування дозволяє з порівняно обмеженого комплексу уніфікованих вузлів створювати без істотних витрат різні модифікації верстатів «під замовника».

Якісний рівень агрегування оцінюється ступенем технологічної пристосованості системи до виробничих завдань, тобто *рівнем агрегування*. Існуючі агрегатні верстатні системи за рівнем агрегування можна розділити на три види:

1) системи, що дозволяють розробляти верстати для оброблення деталей різних розмірів з геометрично подібним розташуванням оброблюваних поверхонь з різних конструкційних матеріалів;

2) системи, що дозволяють створювати оптимальні конфігурації верстатів для комплексної обробки деталей одного технологічного класу, які відрізняються не тільки розмірами, але числом і відносним розташуванням оброблюваних поверхонь;

3) системи, які крім реалізації перших двох можливостей дозволяють створювати верстати, що задовольняють різні умови виробництва з

урахуванням складності, номенклатури, серійності й трудомісткості деталей.

За конструктивними ознаками можна виділити такі *типи агрегативання*: параметричне і розмірне, модифікаційне, компонувальне.

При параметричному і розмірному агрегативанні модифікації верстатів створюються з вузлів, які відповідають різним значенням технічних характеристик обладнання. Наприклад, використовуються шпindelьні бабки з різною потужністю головного приводу, з різними конусами для кріплення інструменту або затискного пристрою в шпindelі, з різними діапазонами частот обертання шпindelя.

При модифікаційному агрегативанні верстати можуть відрізнятися також і концентрацією видів обробки. Наприклад, за функціональним призначенням ГВМ для оброблення корпусних і плоских деталей можуть бути свердлильно-фрезерно-розточувальними з переважним обсягом якогось виду обробки (свердління, фрезерування, точіння), а також з додатковою можливістю виконання відповідних операцій (шліфування, точіння, протягування, глибоке свердління).

За рівнем автоматизації модифікацій ГВМ можуть будуватися залежно від умов використання модуля. Наприклад, у ГВМ, призначеному для вбудовування в ГПС, можуть бути відсутні вузли, загальні для системи.

За типом інструментальної системи модифікації можуть бути з автоматичною заміною одиничних інструментів, багатошпindelьних головок, спеціальних інструментів, а також з револьверними головками з замінними інструментами або багатошпindelьними головками.

За типом системи заміни заготовок модифікації можуть відрізнятися наявністю і типом накопичувального пристрою (нерухомий склад, тактові столи, магазини заготовок тощо), механізмами автоматичної заміни і циклами їх роботи. Заготовки можуть, наприклад, замінюватися за допомогою вузькоспеціалізованого маніпулятора або промислового робота з широкими можливостями, безпосередньо на верстаті або в пристроях-супутниках.

При компонуальному агрегативанні, наприклад, модифікації ГВМ для оброблення корпусних деталей можуть відрізнятися: наявністю горизонтального або вертикального шпindelя, або поворотного столу з горизонтальною або вертикальною робочою поверхнею, або однією або декількома шпindelьними бабками; столами; інструментальними магазинами тощо; використанням хрестового столу або хрестового стояка, дискового або ланцюгового інструментального магазину; одностоякової або порталної несучої системи.

Існуючі агрегатно-модульні системи, як правило, будуються не з якого-

небудь типу агрегування, в них поєднуються ознаки різних типів. При побудові ГВМ за принципом агрегування слід керуватися двома основними положеннями:

1) верстати комплексу слід створювати з окремих самостійних вузлів, що мають чітко визначені функції, кінематично автономних і незалежних з точки зору виготовлення, складання, випробувань і налагодження. При цьому як окремі агреговані вузли можуть бути використані несучі конструкції і деталі;

2) уніфіковані вузли системи не повинні виконувати функції суміжних вузлів, що істотно збільшує їх пристосовність до різних модифікацій. Наприклад, шпindelна бабка має бути відокремлена від напрямних і механізму її переміщення, оскільки тільки у цьому випадку вона може бути змонтована на стояках з різними перерізами напрямних або навіть на столі верстата.

Критерієм оцінювання правильності розчленування системи на агреговані вузли є можливість їх незалежного виготовлення і налагодження.

4.3. Способи організації ГВМ

Першим чинником, що визначає набір обладнання в ГВМ, є потенційна здатність модуля входити до складу інтегрованих систем, другим – необхідна гнучкість.

Гнучкість модулів важко піддається кількісному порівнянню. Інтуїтивно зрозуміло, що гнучкість можна оцінювати за розміром мінімальної партії, яка може бути ефективно оброблена, або за загальною кількістю оброблюваних модулем найменувань деталей, або за кількістю найменувань деталей, які можуть бути оброблені з автоматичним переналагодженням. Ці показники дозволяють побічно говорити про місткість інструментальних магазинів, місткість пам'яті керуючих програм у пристрої ЧПК, рівень автоматизації переналагодження тощо. Проте якісно гнучкість виробничого модуля сприймається як її здатність обробляти різні заготовки, що надходять у «вільному потоці» (рис. 4.2). Із змісту переходів циклу видно, що у гнучкому осередку необхідні деякі додаткові пристрої і засоби, крім тих, які вже були згадані вище. Насамперед виникає проблема ідентифікації заготовки, яка має бути абсолютно надійною. З цією метою кодують супутники і палети за допомогою кодових планок і гребінок, застосовують самоклеючі етикетки з друкованим штриховим кодом, використовують фотоелектричні й відеосистеми розпізнавання образів. Крім установлення типу заготовки необхідно переконатися в правильності розташування і затиску заготовки на палеті. У цьому випадку

можна передбачити спеціальні цикли обстеження характерних поверхонь за допомогою вимірювальних головок, що завантажуються в шпindelь замість інструменту через інструментальний накопичувач.



Рис. 4.2. Цикл оброблення заготовок, що надходять у «вільному потоці»

Після автоматичного вибору керуючої програми ЧПК, що знаходиться резидентно в пам'яті пристрою ЧПК, слід упевнитися в тому, що в інструментальному накопичувачі є інструментальний комплект необхідної номенклатури з прийнятною залишковою стійкістю. Один із варіантів вирішення завдання полягає в тому, що система керування ГВМ має спеціальну базу даних інструментів. Ця база даних може складатися з двох розділів: інструментального каталога і масиву даних реального набору інструментів модуля.

Інструментальний каталог містить дані по всіх інструментах, які можуть у принципі бути подані в модуль через систему зовнішнього транспортування інструменту. До числа даних належать: ідентифікатор інструменту, геометричні розміри, допуски на геометричні розміри, стійкість, максимально допустима корекція зношування. Інструмент, що завантажується в накопичувач осередку, проходить попередньо вхідний контроль на спеціальному приладі атестації інструментів; при цьому дані інструментального каталога визначають допустимість роботи інструменту в осередку. Масив даних реального набору інструментів безперервно оновлюється і уточнюється за допомогою контрольно-вимірювальних засобів самого осередку. Подібний спосіб підготовки працездатного комплексу інструментів застосовують у тих випадках, коли існує прямий доступ до інструментального накопичувача через зовнішню транспортну систему. Існують інші способи підготовки, коли з надходженням нової заготовки замінюється заздалегідь укомплектований інструментальний накопичувач. Автоматичне налагодження полягає в узгодженні систем координат верстата і деталі, у введенні корекцій на супутник (палету), у введенні лінійних і діаметральних корекцій на інструмент, у виході в початкове положення тощо. У всіх цих діях беруть активну участь вимірювальні головки, що дозволяють одержати інформацію про геометричні параметри різних поверхонь. Вимірювальні головки призначено у більшості випадків не для контролю лінійних розмірів (діаметра, довжини тощо), а для визначення координат опорної точки у системі координат верстата.

Для цілей контролю можуть бути використані так звані нульові головки, або головки дотику. Такі головки завантажуються автоматично у шпindelь верстата з інструментального накопичувача, передаючи дистанційно і безконтактно вимірювальну інформацію. В інших випадках головки можуть бути закріплені на станині або палеті (рис. 4.3). У процесі автоматичної роботи за програмою ЧПК у міру необхідності здійснюється контроль точності оброблення. У багатьох випадках подібний контроль виконується за допомогою вимірювальних головок, що завантажуються в шпindelь з інструментального накопичувача. Якщо цього недостатньо, то ГВМ оснащують автоматичним вимірювальним пристроєм (див. рис. 4.3, а) або використовують для контролю точності роботи, оснащені вимірювальними щупами (див. рис. 4.3, б). Гнучкість в ГВМ підтримується спеціальним обладнанням, яке не використовують для звичайних верстатів з ЧПК. Фактор безлюдності додає внесок у розширення цього обладнання. Приклад токарного ГВМ, оснащеного різними засобами підтримки працездатності, показано на рис. 4.4.

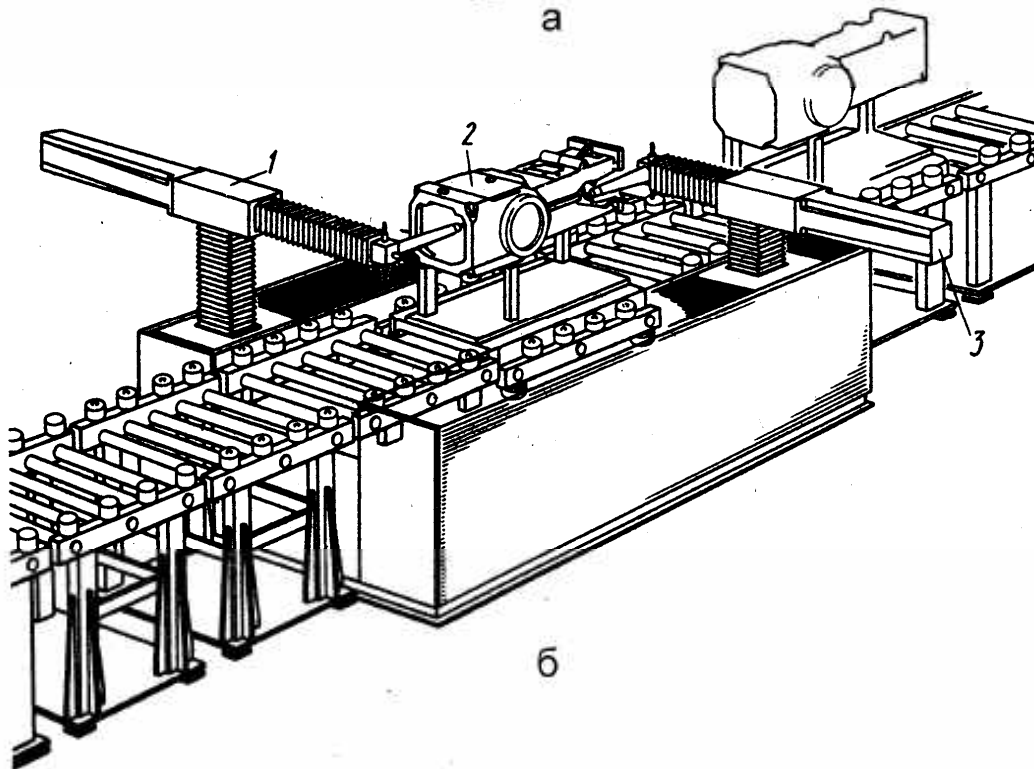
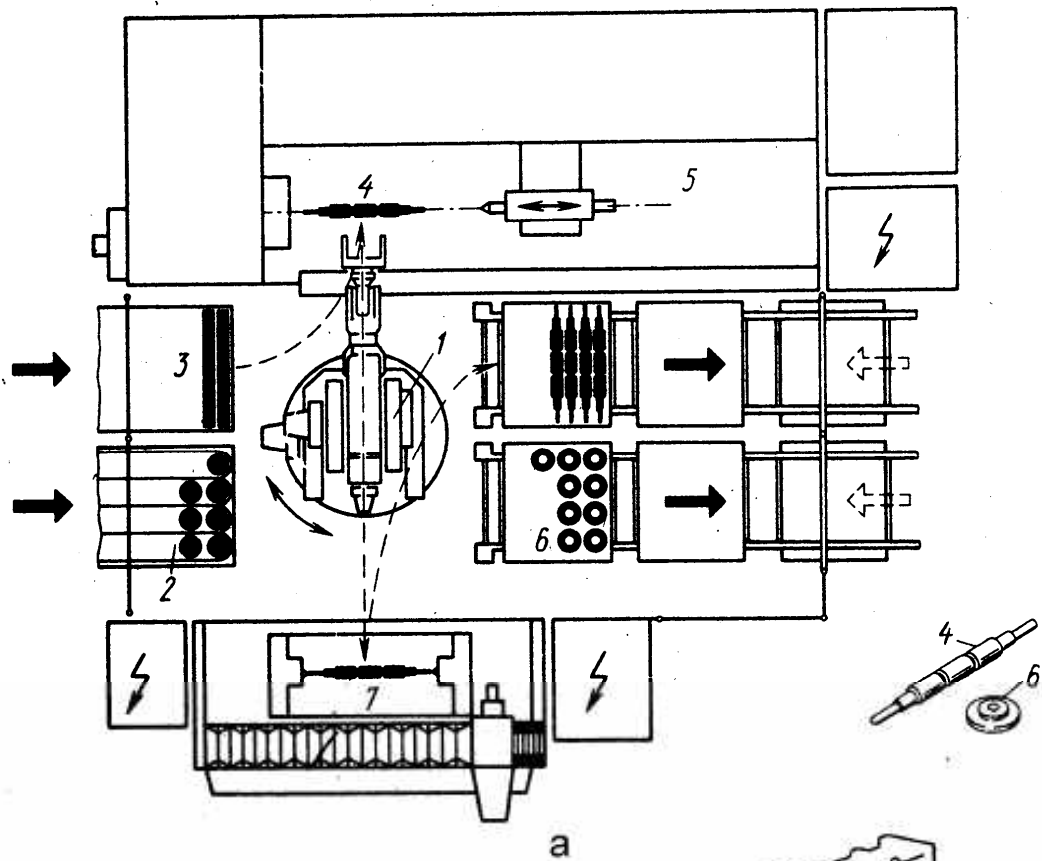


Рис. 4.3. Контроль точності оброблення в процесі автоматичної роботи ГВМ: а – за допомогою зовнішнього вимірювального пристрою: 1 – робот; 2 – заготовки фланців; 3 – заготовки валів; 4 – оброблений вал; 5 – токарний верстат з ЧПК; 6 – оброблені фланці; 7 – вимірювальний пристрій; б – за допомогою зовнішньої вимірювальної станції, укомплектованої роботами: 1,3 – роботи; 2 – вимірювана деталь

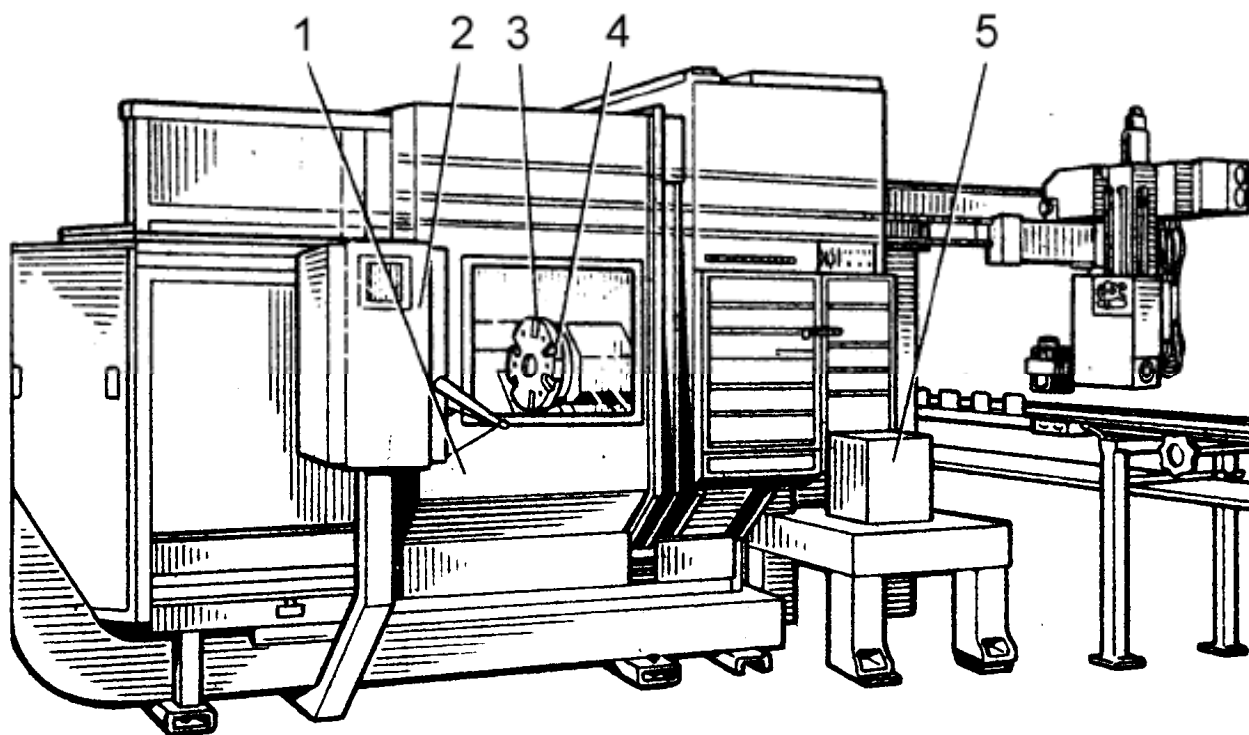


Рис. 4.4. Токарна ГВМ із системою підтримки працездатності:
 1 – ГВМ; 2 – система контролю ресурсу стійкості інструменту; 3 – система налагоджування інструменту; 4 – система оцінювання цілісності інструменту;
 5 – контрольно-вимірвальне пристосування

Завдання системи полягає в усуненні чинників, що перешкоджають нормальному продовженню робочого процесу. Алгоритм підтримки працездатності містить: збір інформації; оцінювання інформації і виявлення відхилень від норми, що встановлена вихідними даними; визначення причини відхилення; прийняття рішення і створення коригуючого впливу, що ліквідує виявлені відхилення; введення коригувальних впливів.

До заходів, що потребують утручання системи підтримки працездатності, можна віднести затуплення інструменту, граничне зношування інструменту, поломку інструменту, збільшення припуску або твердості заготовки тощо.

Додатковою функцією системи підтримки працездатності може стати адаптивне керування з регулюванням режимів різання – швидкості різання, подачі, глибини різання – згідно з обмеженням або відповідно до деякого критерію оптимізації. У перспективі можливим є інтелектуальне керування, алгоритм якого буде вдосконалюватися в міру автоматичного накопичення емпіричних даних.

Створення і удосконалення периферійного обладнання певним чином стимулює і розвиток конструкції центральної частини ГВМ, тобто самого верстата з ЧПК.

Функції ГВМ, пов'язані з можливістю інтеграції, гнучкого переходу до іншого технологічному процесу, а також роботи в безлюдних умовах, визначають склад обладнання. Обладнання можна об'єднати в 11 підгруп: накопичувачі, перевантажувальне обладнання, обладнання для подавання та транспортування, обладнання для затискання і утримання, системи обслуговування інструменту, системи керування точністю оброблення, системи виявлення браку, системи ідентифікації, діагностичні засоби та засоби аналізу діагностичної інформації, системи керування режимами різання, системи керування стружкоутворенням і видаленням стружки. Одну з класифікацій ГВМ наведено на рис. 4.5.

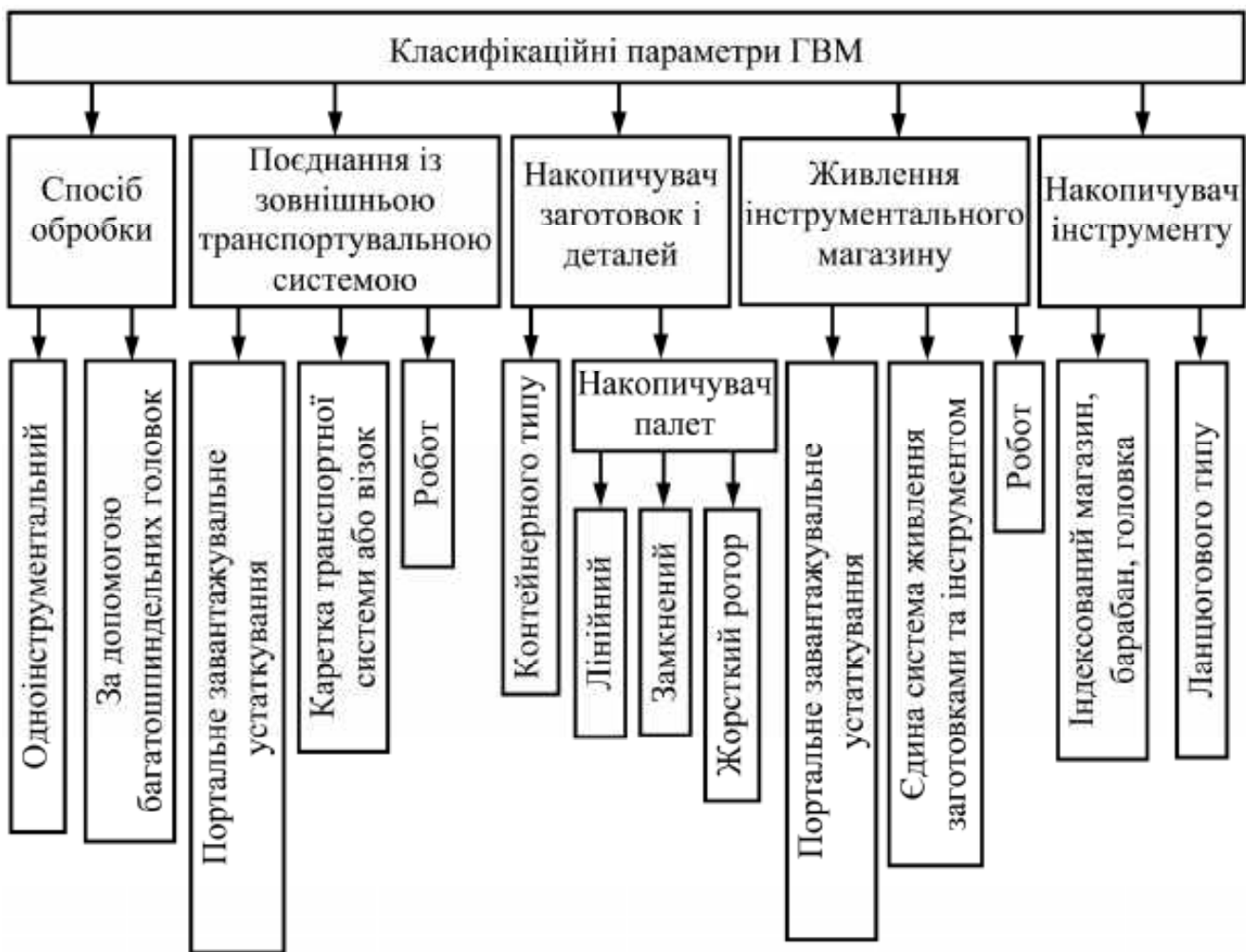


Рис. 4.5. Класифікація ГВМ

У цілому верстати, що включаються до складу ГВМ, мають забезпечувати:

- 1) автоматичне затискання і відкріплення деталі на верстаті;
- 2) точне і надійне базування деталі в установчому пристрої верстата;
- 3) відділення відходів від деталі в процесі різання і видалення їх із зони оброблення;

- 4) автоматизацію контролю окремих параметрів деталі й контролю стану інструменту в циклі оброблення;
- 5) автоматичну заміну інструменту всередині циклу оброблення;
- 6) зв'язок систем керування ГВМ і верстата, що забезпечує автоматичний цикл роботи ГВМ;
- 7) безпеку для обслуговуючого персоналу, автоматизацію переміщення огороження;
- 8) високу надійність, що забезпечує тривалу автоматичну роботу ГВМ.

У переважній більшості випадків серійне обладнання, що застосовується в ГПС, не відповідає необхідному рівню автоматизації. Тому на практиці для отримання ГВМ у повному обсязі потрібно проводити модернізацію вузлів верстата, оснащуючи його необхідними пристроями безпосередньо в умовах виробництва.

Виходячи з вимог до обладнання в ГВМ, як правило, вибирають верстати з ЧПК. Іноді в систему включають універсальні й автоматизовані верстати для виконання фінішної операції. При цьому кількість верстатів може бути більше одного залежно від технологічного процесу і можливостей керуючої ЕОМ. Найменших доопрацювань для перетворення на ГВМ потребує багатоопераційний верстат (БВ). Основною відмінною особливістю БВ є можливість комплексної обробки деталей при забезпеченні високої продуктивності і точності для різних видів робіт (свердління, фрезерування, розточування, точіння, шліфування тощо).

Структуру гнучкого виробничого модуля на базі багатоопераційного верстата подано на рис. 4.6.

Характерними особливостями БВ є:

- 1) наявність пристрою ЧПК;
- 2) наявність пристроїв автоматичної заміни інструментів і заготовок;
- 3) несуча система і основні механізми, виготовлені з підвищеною жорсткістю і оснащені вимірювальними системами і пристроями термостабілізації, що обумовлює високу точність БВ;
- 4) раціональна конструкція вузлів і механізмів;
- 5) висока потужність і швидкість головного приводу, за рахунок чого досягаються висока продуктивність і швидкодія при виконанні допоміжних циклів і холостих ходів.

ГВМ, побудовані на базі БВ, працюють без постійної присутності оператора в умовах порівняно частих переналагоджень на обробку різних деталей, а також можуть бути вбудовані у ГВС.

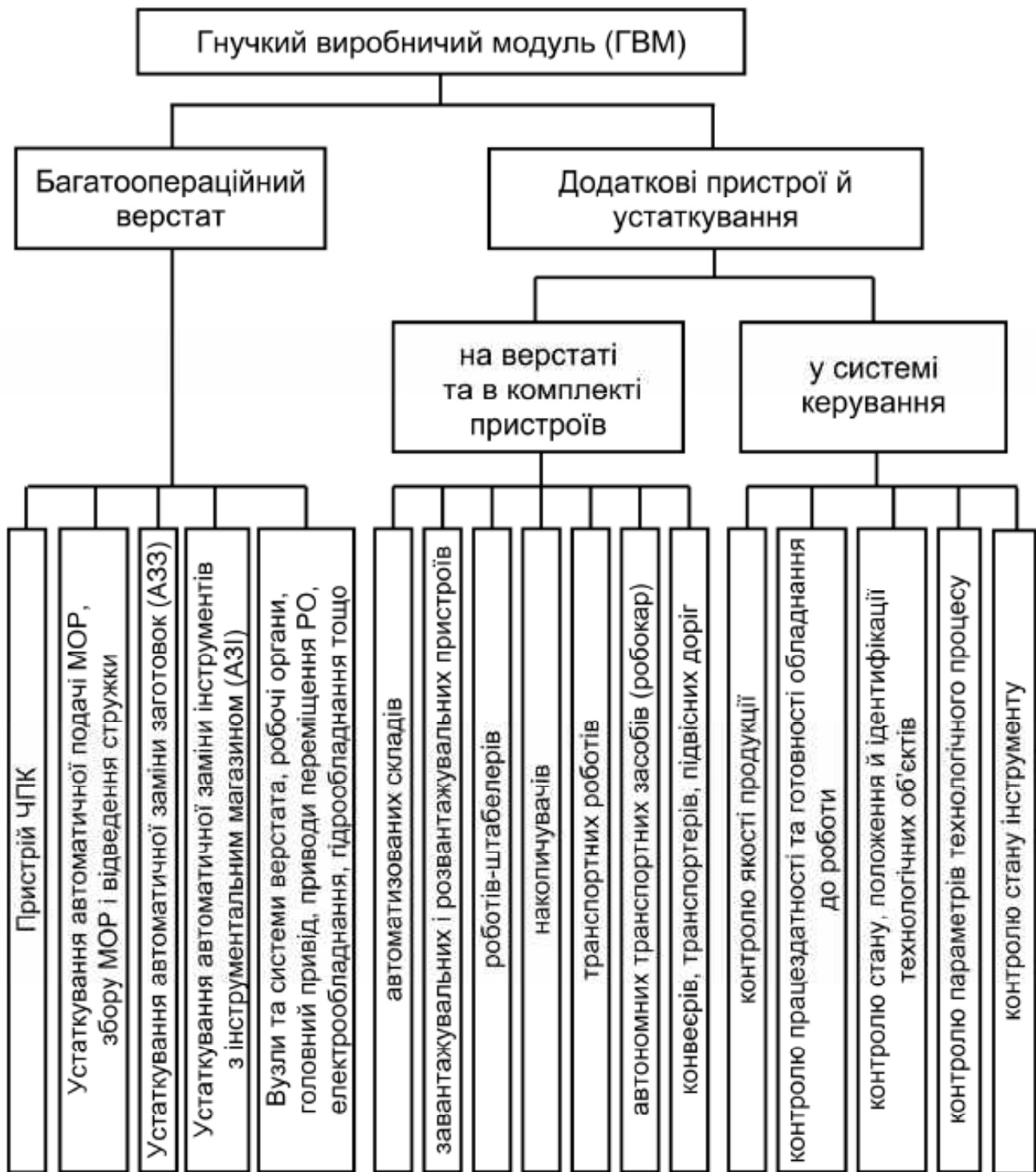


Рис. 4.6. Структура гнучкого виробничого модуля на базі багатоопераційного верстата

Як приклад багатофункціонального обладнання можна навести токарно-фрезерний ГВМ фірми «Фест-Альпіне АГ» (Voest-Alpine AG, Австрія), конструктивне виконання якого зображено на рис. 4.7, а, схему керованих координат наведено на рис. 4.7, б. Завантаження деталей та інструменту на ГВМ виконується за допомогою зовнішнього транспорту.

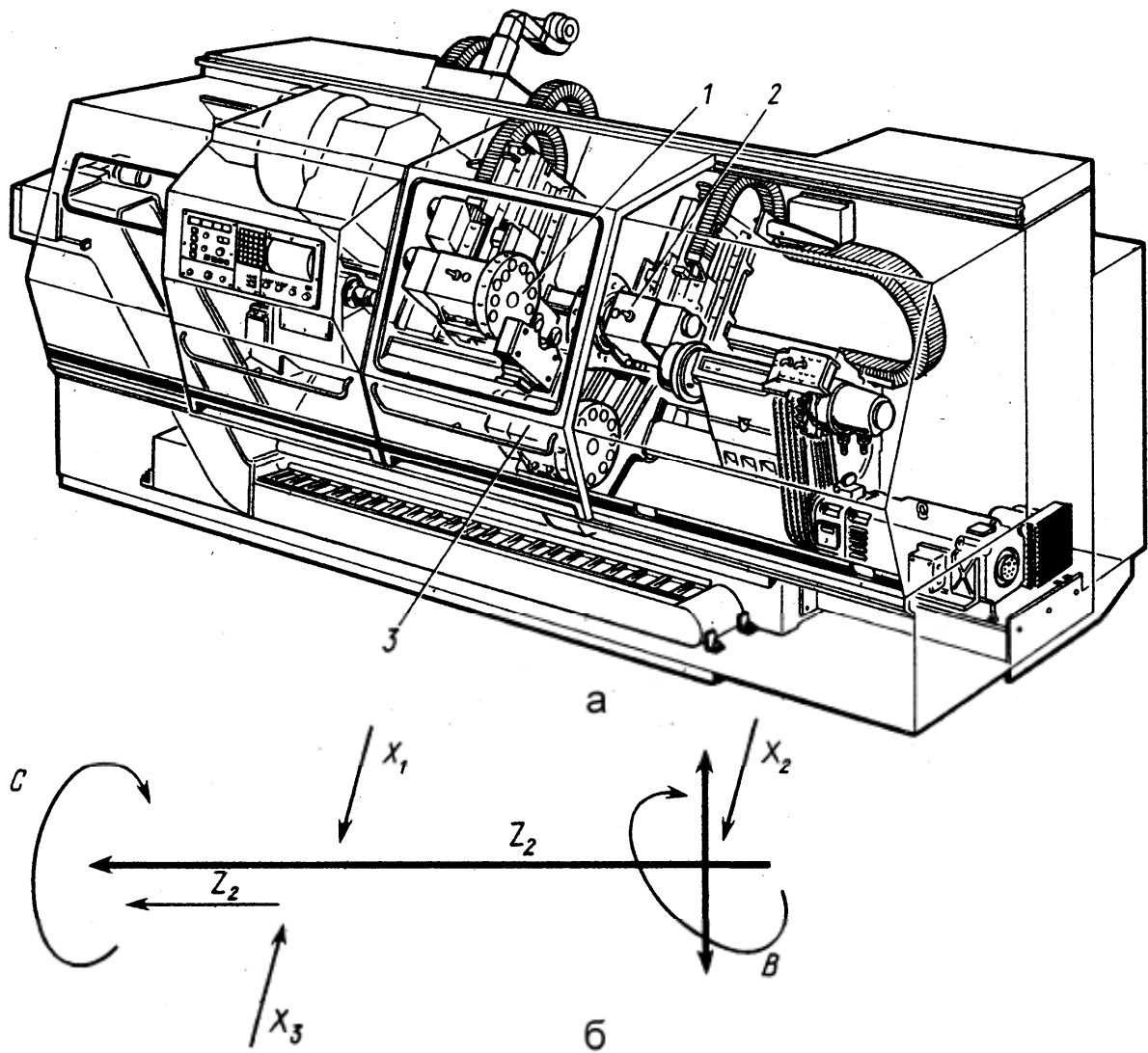


Рис. 4.7. Токарно-фрезерний ГВМ фірми «Фест-Альпіне»: а – конструктивне виконання (система завантаження деталей та інструментів з боку зовнішнього транспорту не відображено); б – схема керованих координат

Характерне компонування багатоопераційного верстата, яке використовують для побудови ГВМ фірми «Хюллер Хіллі» (Huller Hille, Німеччина), наведено на рис. 4.8, а. Становить інтерес жорстка моноблочна конструкція станини з опорою на три точки, на якій і монтується практично все периферійне устаткування (рис. 4.8, б). До складу периферійного обладнання входять два інструментальні магазини 1 і 2 на 24 інструменти кожний, накопичувач палет 3, система 4 відведення стружки, система подачі мастильно-охолоджуючої рідини (МОР) під високим тиском тощо. Токарні й фрезерні операції виконуються при одному установленні й одному затисканні заготовки. На верстаті є два токарних супорта 1 і 2 з револьверними головками на 12 і 8 інструментів відповідно, а також фрезерно-свердлильний пристрій 3 з магазином на 15 інструментів.

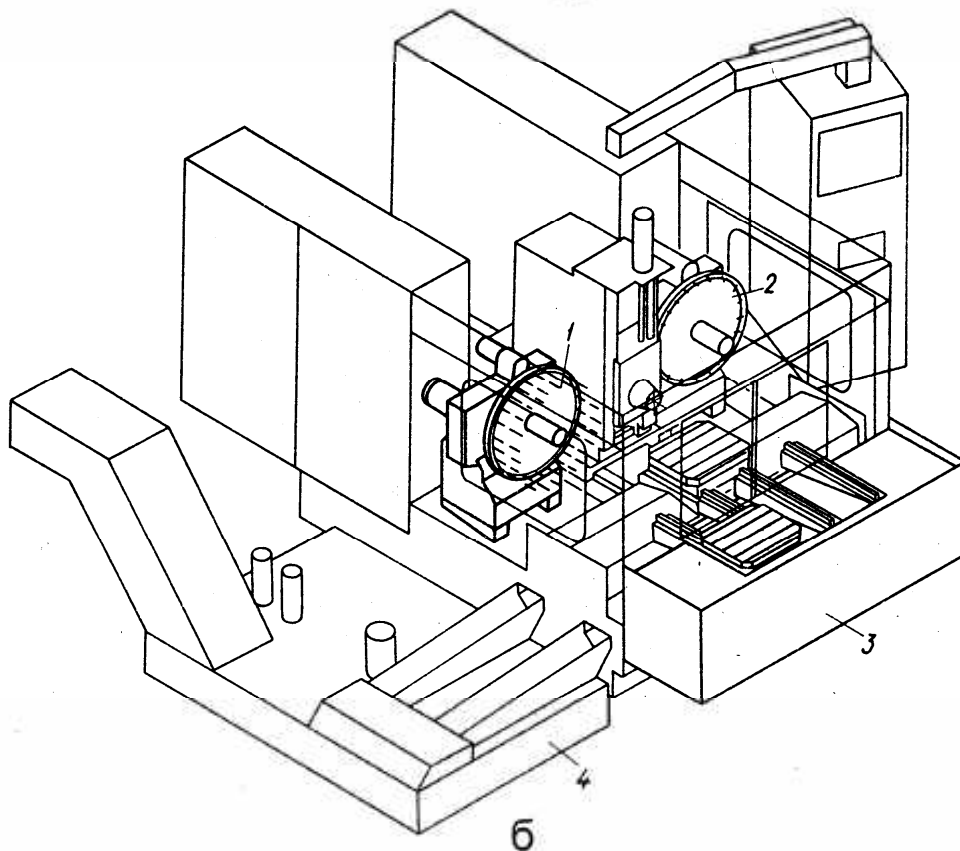
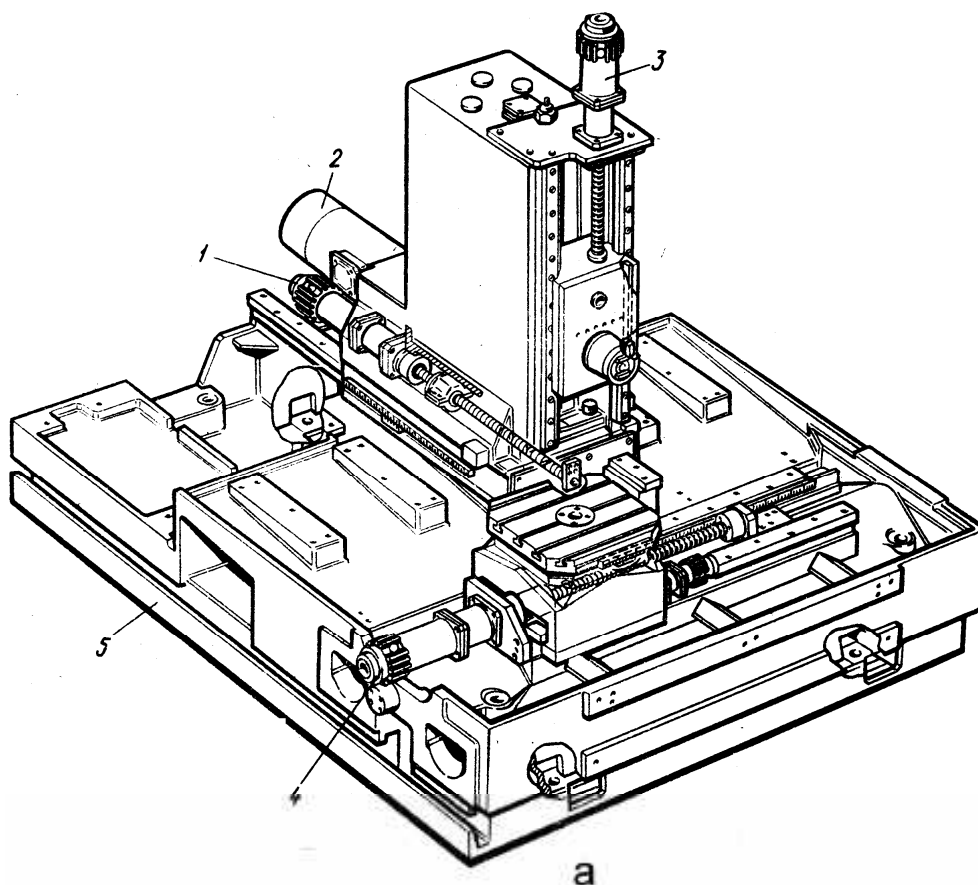


Рис. 4.8. Конструкція багатоопераційного верстата фірми «Хюллер Хіллі» для ГВМ: а – компонування верстата; 1, 3, 4 – приводи подачі; 2 – привід головного руху; 5 – станина; б – установка периферійного обладнання

Можлива п'ятикоординатна фрезерна обробка (див. рис. 4.8, б). Передбачено периферійне обладнання, яке забезпечує заміну деталей та інструментів роботами, автоматичну заміну захоплювальних пристроїв роботів, автоматичну заміну кулачків у силовому затискному патроні, автоматичне вимірювання деталей та інструментів, спостереження за ушкодженнями та зношуванням інструментів.

Завантаження деталей з накопичувачів у робочу позицію в подібному обладнанні може виконуватися так, як показано на рис. 4.9.

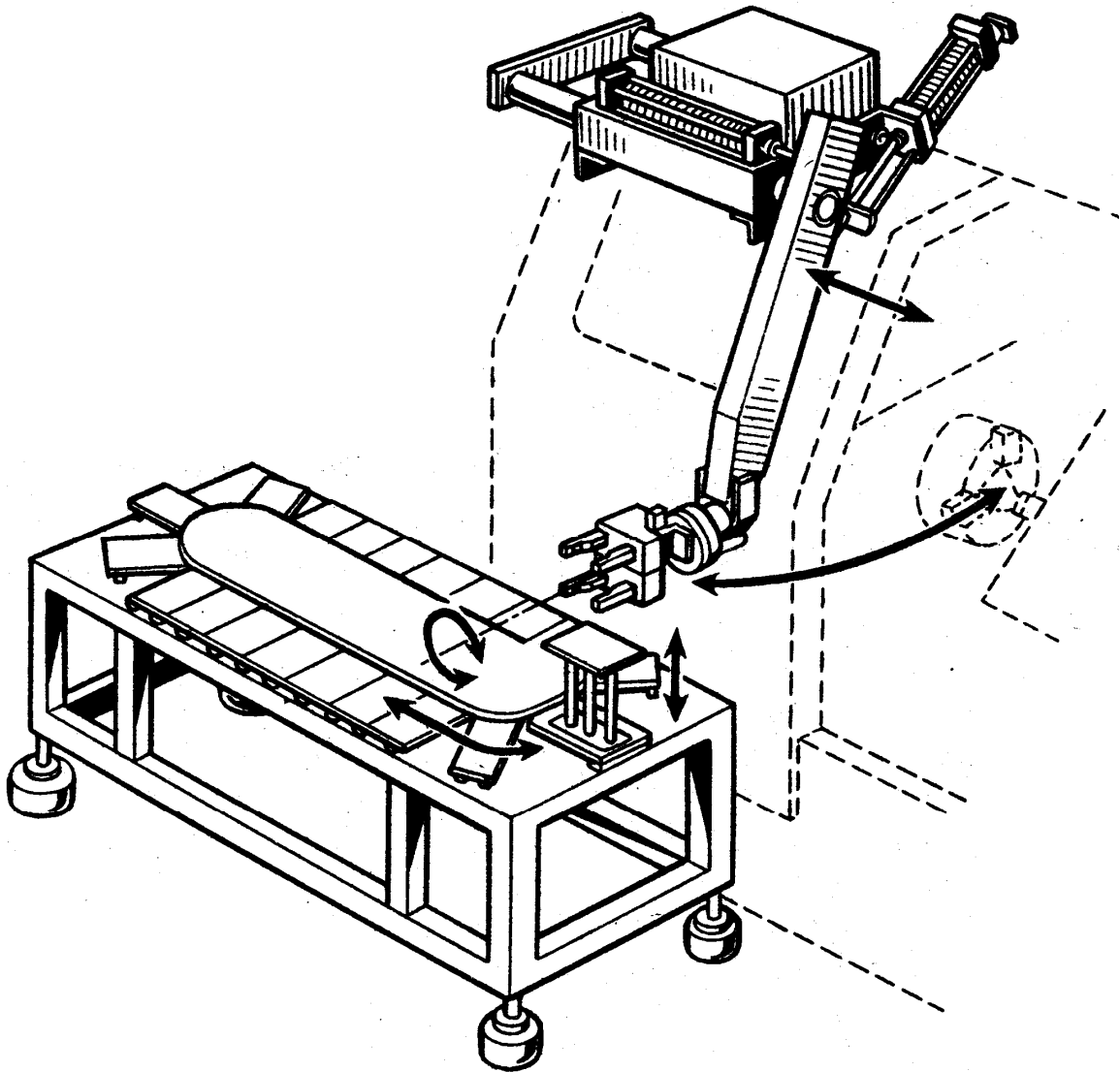


Рис. 4.9. Приклад завантаження деталей з накопичувачів

Розширення функціональності ГВМ пропонує фірма «Комацу» (Komatsu Ltd, Японія). Особливістю компонування без периферійного обладнання (рис. 4.10) є те, що в шпинделі може бути закріплено або нерухомий інструмент (токарний, розточувальний), або обертовий інструмент (свердлильно-фрезерний), причому є два інструментальних магазини.

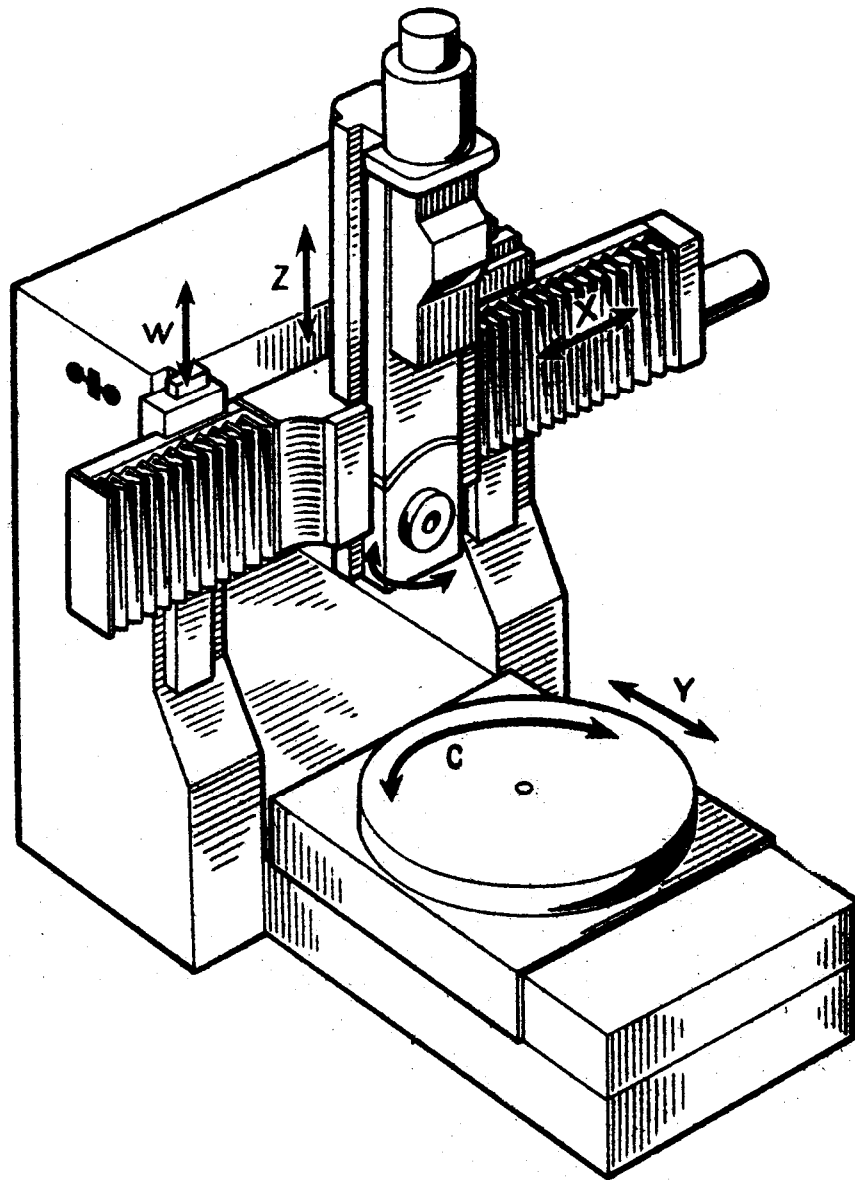


Рис. 4.10. Компонування багатофункціонального верстата фірми «Комацу»

5. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БАГАТООПЕРАЦІЙНІ ВЕРСТАТИ

Багатоопераційний верстат – це верстат для комплексної обробки заготовок з числовим програмним керуванням і автоматичною заміною інструментів.

Термін «багатоопераційний верстат» суперечить поняттю про технологічну операцію. За визначенням технологічна операція (або просто операція) – це закінчена частина технологічного процесу, яка виконується на одному робочому місці. Тому, називаючи верстат багатоопераційним, мають на увазі, що один верстат замінює кілька звичайних (операційних), кожен з яких виконував би свою операцію. Тепер усі ці операції об'єднано (інтегровано) в одну операцію, яка виконується на одному високопродуктивному верстаті.

Часто вживається назва «верстат – обробний центр», або «обробний центр» (ОЦ). Цей термін також широко вживається в технічній літературі. Аналогічні терміни використовують за кордоном. Надалі будемо використовувати термін «багатоопераційний верстат» (БВ).

Крім БВ існують й інші верстати з ЧПК з автоматичною зміною різальних інструментів, які не називають багатоопераційними. У чому ж різниця між ними?

Багатоопераційні верстати відрізняються особливо високою концентрацією обробки. На них виконують чорнову, напівчистову і чистову обробку складних корпусних заготовок, які містять десятки оброблюваних поверхонь, виконують найрізноманітніші технологічні переходи: фрезерування площин, уступів, канавок; свердління, зенкування, розгортання, розточування гладких і ступінчастих отворів; розточування отворів інструментами з тонким регулюванням на розмір; обробку зовнішніх і внутрішніх поверхонь тощо. Для здійснення цих операцій на верстаті необхідно мати великий запас металорізальних інструментів. У верстатів з ЧПК і автоматичною заміною інструментів запас інструментів створюється зазвичай у револьверних головках. Серед них фрезерні й свердлильні верстати, призначені для виготовлення головним чином таких корпусних і площинних деталей, для оброблення яких достатньо мати 5 – 10 різних інструментів. Багатоопераційні верстати мають інструментальні магазини з запасом в 15 – 30, а за необхідності – в 50 – 100 і більше інструментів.

Ще одна важлива особливість більшості багатоопераційних верстатів – наявність столу або ділильного пристрою з періодичним або безперервним (за програмою) поділом. Це обов'язкова умова для оброблення заготовки з декількох боків без переустановлення. БВ нових конструкцій оснащують додатковими столами і пристроями для автоматичної зміни заготовок. Заготовки попередньо закріплюють на пристрої-супутнику, і разом з ним вони потрапляють з додаткового столу на основний. Установлення заготовки в супутник і зняття обробленої деталі здійснюють під час роботи верстата. Таким чином, допоміжний час, що витрачається на завантаження/розвантаження верстата, зводиться до мінімуму.

Багатоопераційні верстати мають найчастіше контурну або універсальну систему керування, яка дозволяє обробляти різноманітні криволінійні поверхні, фрезерувати отвори тощо. БВ відрізняються широким діапазоном регулювання частоти обертання шпинделя (заготовки) та подач, високими (8...12 м/хв) швидкостями швидких (допоміжних) ходів, особливо високою жорсткістю і надійністю.

У зв'язку з високою вартістю багатоопераційних верстатів їх використовують для оброблення найбільш технологічно складних заготовок. У цих випадках один БВ може замінити від трьох до п'яти верстатів з ЧПК або від п'яти до десяти універсальних верстатів.

На рис. 5.1 показано багатоопераційний верстат 2623ПМФ4.

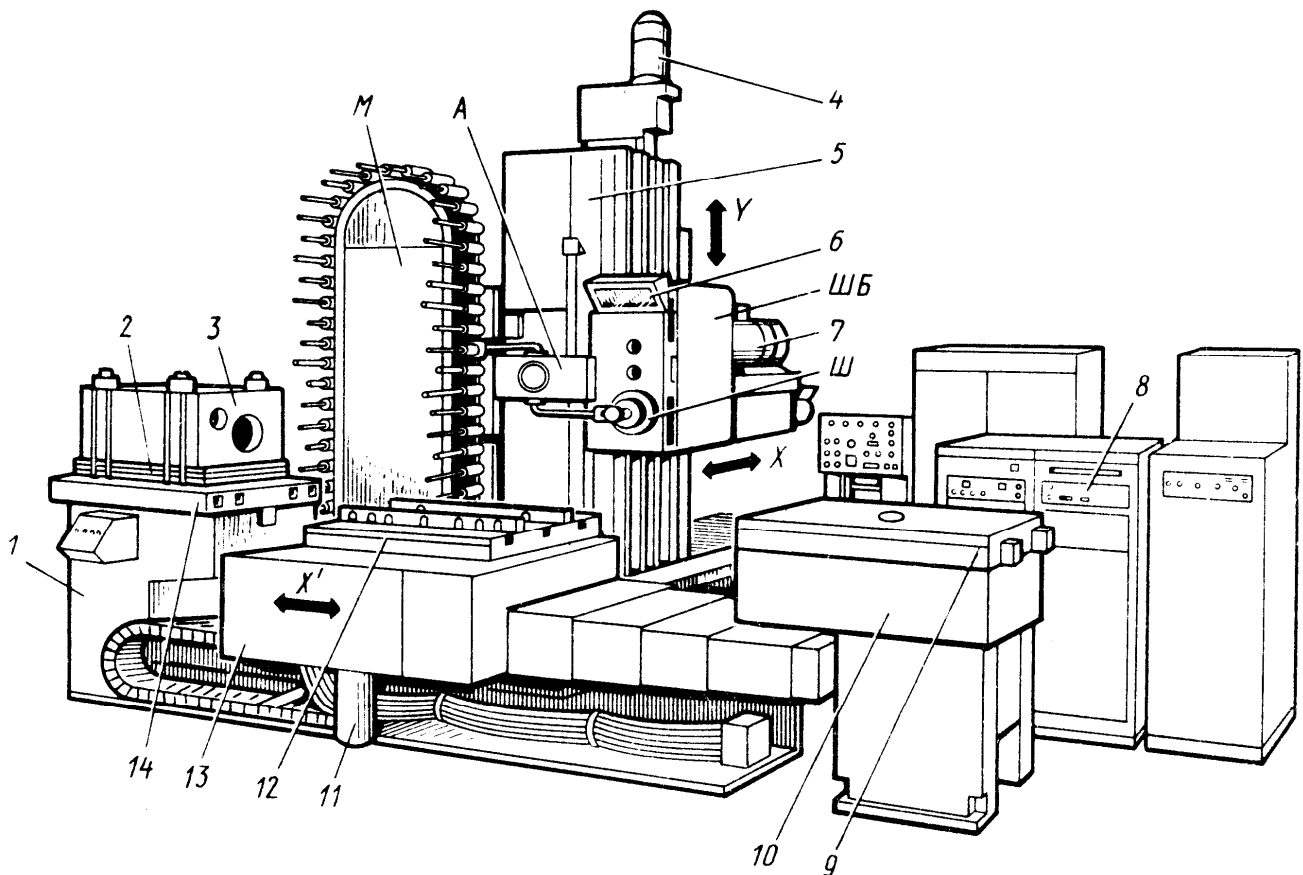


Рис. 5.1. Горизонтальний багатоопераційний верстат 2623ПМФ4

Шпиндель Ш встановлено у шпиндельній бабці ШБ, яка може підніматися і опускатися по напрямних вертикального стояка 5. Стояк може переміщатися в горизонтальній площині, паралельній осі шпинделя. Стіл верстата складається з двох основних частин. Нижня частина 13 має горизонтальне переміщення перпендикулярно до осі шпинделя, а верхня частина 12 – поворотна. Шпиндель установлено у висувній пінолі. Розглянуте компонування застосовують і у верстатах розточувальної групи. Але БВ оснащено також інструментальним магазином М у вигляді ланцюга з гніздами для оправок із закріпленими в них металорізальними інструментами. Для передачі інструментів у шпиндель верстата і назад служить автооператор А. Автооператор одночасно захоплює інструментальні оправки в магазині та шпинделі і міняє їх місцями. Потрібне гніздо магазину приводиться в положення заміни рухом ланцюга. Заготовка подається на стіл верстата разом з пристроєм-супутником, на

якому її заздалегідь встановлено і закріплено. На рис. 5.1 показано момент підготовки верстата до оброблення першої заготовки. Заготовку 3 закріплено на супутнику 2, що знаходиться на напрямних додаткового столу 14, встановленого на станині 1.

Для передачі супутника з заготовкою на верстат нижній стіл 13 зміститься в крайнє ліве положення, супутник буде пересунуто на напрямні стола, де відбудеться його закріплення. Після цього нижній стіл 13 перейде вправо до шпинделя і почнеться оброблення заготовки послідовно з усіх боків. Поворот супутника із заготовкою забезпечує верхній стіл 12 верстата, приводом якого є двигун 11. У процесі виконання операції на другому пристрої-супутнику 9, що знаходиться на станині 10, встановлять і закріплять другу, таку ж або іншу, заготовку. Після закінчення оброблення першої заготовки її разом із супутником перемістять на стіл, а замість неї встановлять на верстат іншу заготовку. Поки верстат буде її обробляти, вже оброблену деталь знімуть з лівого супутника і замість неї встановлять наступну заготовку. Такий «маятниковий» спосіб подачі заготовок у робочу зону верстата дозволяє забезпечити майже безупинну обробку заготовок і таким чином ефективно використовувати високопродуктивне, але дороге устаткування. Керування всіма робочими і допоміжними рухами вузлів верстата, роботою магазину, пристрою для заміни інструментів, поворотом столу, подачею і закріпленням супутників та іншими пристроями і механізмами виконується автоматично за командами від системи ЧПК 8.

Частоту обертання шпинделя в діапазоні 5...1250 об/хв змінюють за допомогою потужного електродвигуна 7 постійного струму з безступінчастим регулюванням і простої двоступеневої коробки швидкостей. Робочі подачі змінюються безступінчасто в межах 2...1600 мм/хв без застосування коробки передач за допомогою високомоментних електродвигунів постійного струму з тиристорним керуванням (на рис. 5.1 це двигун 4, що переміщує шпиндельну бабку).

Шпиндель верстата змонтовано на прецизійних підшипниках кочення з попереднім натягом. Ходові гвинти і гайки виконано у вигляді пар кочення, як в усіх верстатах з ЧПК. Верстат має точні гідростатичні напрямні з централізованою подачею мастильного матеріалу для переміщення столу і стояка, комбіновані напрямні (поєднання загартованих напрямних і роликів опор – «танкеток») для переміщення шпиндельної бабки.

Існують інші типи багатоопераційних верстатів, у тому числі вертикальні, поздовжньо-обробні, токарні.

Вертикальний багатоопераційний верстат 2254ВМФ4 показано на рис. 5.2.

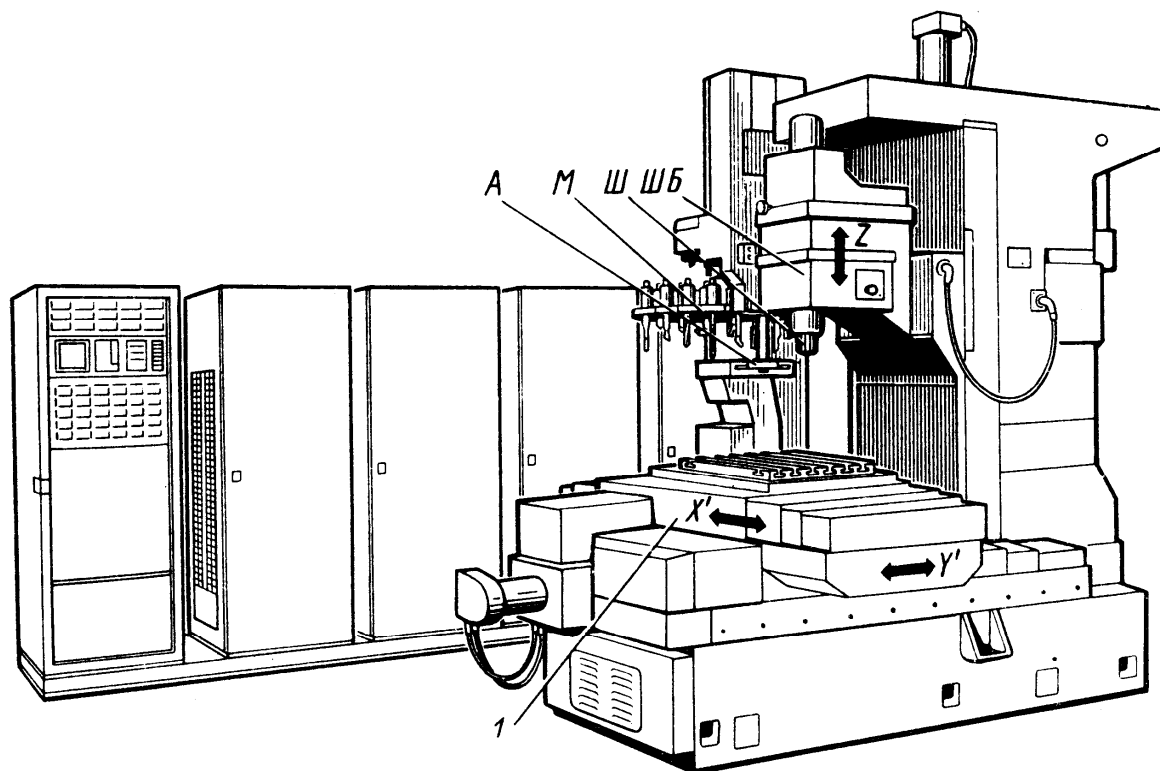


Рис. 5.2. Вертикальний багатоопераційний верстат 2254ВМФ4

Відповідно до вертикального розташування шпинделя цей БВ призначено головним чином для оброблення площинних заготовок, що містять паралельно розташовані гладкі, ступінчасті та нарізні отвори різних розмірів. На ньому можна фрезерувати площини – торцевими й кінцевими фрезами, пази і криволінійні поверхні – кінцевими фрезами, обробляти отвори мірними і регульованими на розмір інструментами, нарізати різі мітчиками і різцями в заготовках з чавуну, сталі, кольорових металів і пластмас. Установлення заготовок на столі верстата проводиться найчастіше за попередньо обробленою площиною і двома отворами або за взаємно перпендикулярними площинами, рідше – за чорновими базами. Верстат 2254ВМФ4 оснащено інструментальним магазином М місткістю 30 інструментів, розміщеним на окремому стояку поруч з верстатом. Заміна інструментів проводиться автоматично автооператором А. Шпиндельна бабка ШБ має вертикальну подачу (по осі Z), стіл 1 хрестового типу з переміщенням по осях X' і Z'. Розміри столу – 630×400 мм; на ньому можна встановлювати заготовки масою до 300 кг. Приводи головного руху і подач – постійного струму, з широким діапазоном регулювання.

Частоту обертання шпинделя Ш можна змінити в діапазоні 32...2000 об/хв, поздовжні подачі – 2,5...2500 мм/хв. Високомоментні двигуни подач з'єднані з ходовими гвинтами безпосередньо без проміжних

передач. Швидкість прискорених допоміжних ходів становить 10 000 мм/хв. Переміщення рухомих вузлів на роликових напрямних за допомогою беззazorної передачі гвинт-гайка кочення і наявність універсальної системи ЧПК забезпечують точність позиціонування (точність установлення координат) з похибкою не більше 0,012 мм.

Для оброблення довгомірних і великогабаритних заготовок служать поздовжньо-обробні БВ. За зовнішнім виглядом вони нагадують поздовжньо-фрезерні верстати і оснащені рухомим столом і нерухомим порталом, що несе поперечку-траверсу зі шпindelною бабкою. Є верстати з нерухомими столами або плитами для установлення особливо великих заготовок. У цьому випадку рух подач виконують рухливий портал, поперечка і одна-дві шпindelні бабки.

Токарні багатоопераційні верстати набули меншого поширення, ніж БВ для оброблення корпусних заготовок. Пояснюється це кількома причинами. При обробленні деталей типу тіл обертання найбільш трудомістким зазвичай є оброблення зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, яке успішно виконується на токарних верстатах з ЧПК і автоматичною заміною інструментів. Такі верстати не є багатоопераційними, оскільки на них не можна обробляти отвори, паралельні або перпендикулярні відносно осі обертання заготовок, фрезерувати пази тощо. Але всі ці поверхні можна ефективно обробити на верстаті, призначеному для корпусних деталей, використовуючи як бази точно оброблені на токарному верстаті поверхні обертання. Щоб виконати ці роботи на токарному верстаті та перетворити його на багатоопераційний верстат, необхідно встановити інструментальні головки, які мають самостійний привід обертання, а іноді й незалежну подачу. Ці головки встановлюються на додаток до наявних револьверних головок, поворотного різцетримача і подібних пристроїв. Одна з головок має забезпечувати можливість застосування інструментів, що обертаються відносно осі, паралельної осі шпindelю, інша – відносно перпендикулярної осі. Шпindel верстата необхідно оснастити пристроєм для точного автоматичного повороту разом із заготовкою на будь-який потрібний кут. Розмістити всі ці пристрої на токарному верстаті традиційного компонування утруднено.

Раціональні компонування токарних БВ створюють на базі токарних верстатів з ЧПК і автоматичною заміною інструментів.

Перший напрямок головним чином характерний для заводів і фірм, що спеціалізуються на проектуванні та виготовленні токарних верстатів з ЧПК. На відміну від звичайних токарних верстатів у більшості токарних верстатів з ЧПК і БВ напрямні розміщують майже вертикально. Стружка, що сходиться,

вільно падає в піддон верстата і надходить на транспортер.

На супорті розміщують одну-дві поворотні револьверні головки, інструментальний магазин, автооператор, пристрої для заміни інструментів тощо. Іноді замість одного застосовують два-три супорти.

Другий напрямок конструктори розвивають для верстатів, призначених для оброблення корпусних деталей.

Прикладом багатоопераційного верстата є токарний БВ 1П723Ф4 (базова модель – 1Б732Ф3). Верстат призначено для оброблення заготовок у патроні. На відміну від базового верстата токарний БВ має додатковий привід повороту шпинделя, кроковий двигун із гідропідсилювачем, що дозволяє повертати заготовку на потрібний кут при обробленні отворів, паралельних осі обертання або розташованих радіально.

Металорізальні інструменти попередньо (поза верстатом) закріплюють у різцетримачі, що встановлюється в каретку ланцюгового магазину. У робочій позиції каретка закріплюється гідроциліндром. Крім стаціонарних інструментів, звичайних для токарного верстата, у тому ж магазині розміщують інструментальні шпинделі, які в робочій позиції отримують обертання від гідродвигуна через систему зубчастих передач. Поздовжній інструментальний шпиндель здійснює переміщення, паралельні осі заготовки. У магазині верстата можна встановити 12 інструментальних державок і привідних шпинделів,

Інший приклад токарного БВ – верстат LM70-AT фірми Okuma (Японія). Шпиндельна бабка 1 (рис. 5.3) може переміщатися по вертикальних напрямних. Завдяки цьому заготовка здатна змінювати своє положення відносно інструментального шпинделя 4. У шпиндель 4 за допомогою автооператора 3 передаються інструменти, закріплені в оправках, які знаходяться в магазині 2. У позиції заміни інструменту оправка перекидається разом з гніздом магазину в горизонтальне положення. Автооператор, повертаючись відносно горизонтальної осі, захоплює одночасно оправки обох інструментів, виймає їх із гнізда магазину і шпинделя і міняє їх місцями. Магазин, автооператор та інструментальний шпиндель встановлено на масивному корпусі 9, розміщеному на супорті 8 верстата. Корпус може повертатися навколо вертикальної осі. Це потрібно, наприклад, для свердління інструментальним шпинделем центрального і паралельних йому отворів у заготовки, а також для виконання свердлильних, фрезерних та інших переходів при різному положенні інструментів відносно заготовки. Шпиндель верстата, що несе заготовку, має крім основного приводу обертового руху додатковий привід для повороту на заданий кут.

Інструменти, призначені для виконання типових токарних робіт – обточування, розточування й подібних операцій, – закріплюють у гніздах револьверної головки 10 з горизонтальною віссю повороту, розміщеної на корпусі 9 з боку, протилежного інструментальному шпинделю.

На верстаті можна виконувати токарну обробку заготовок типу валів, що встановлюються в патроні з опорою на задній центр 5 або в центрах. У цьому випадку за допомогою інструментів, що закріплюються в шпинделі 4, можна обробляти шпонкові канавки, пази, отвори й інші елементи, розташовані уздовж вала або на його твірній. Для видалення стружки служать скребковий конвеєр 7 і візок 6.

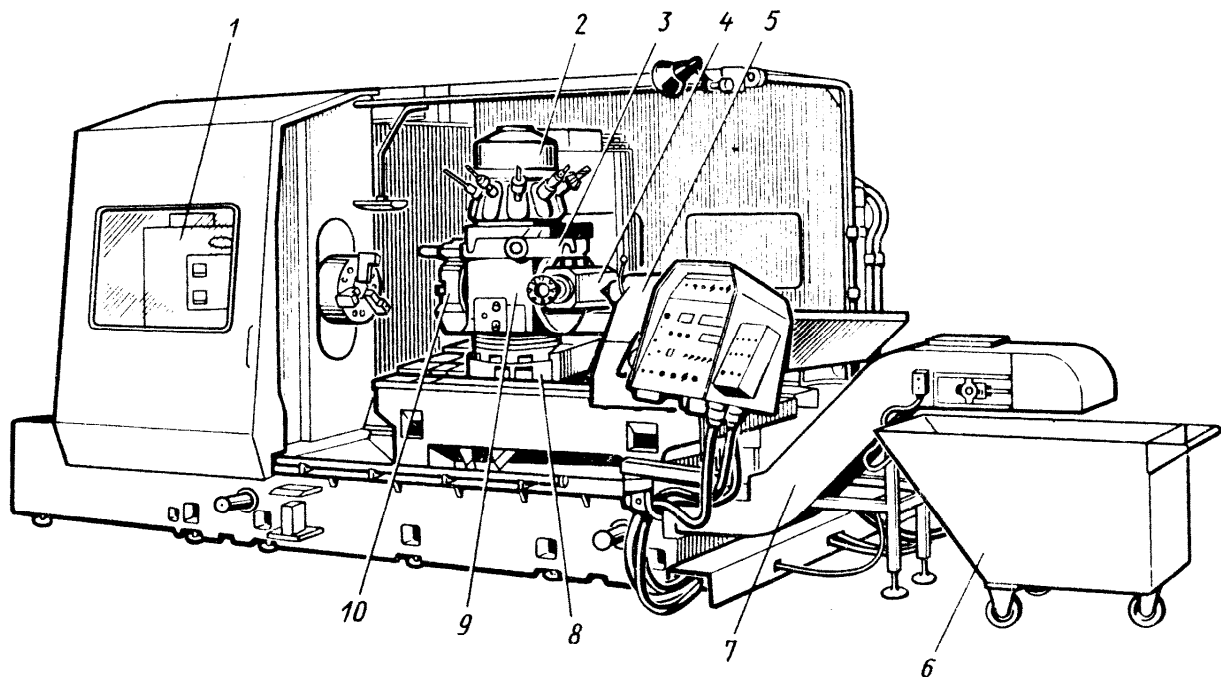


Рис. 5.3. Токарний багатоопераційний верстат LM70-AT

Існують багатоопераційні спеціалізовані верстати, призначені для оброблення заготовок, типових за конфігурацією і розмірами деталей в авіабудуванні, турбобудуванні й інших галузях виробництва.

Багатоопераційний верстат FQH50A (рис. 5.4) призначено для фрезерування площин, уступів, пазів, а також для оброблення отворів усіма видами інструментів, включаючи нарізування внутрішньої різі у заготовках типу корпусів, коробок, плоских деталей з розмірами до 500×500×500 мм і масою 750 кг з декількох боків за один установ. Заготовки встановлюють на поворотний стіл 2, який може переміщатися разом з хрестовим столом 3 по координатах X і Y. Стояк 1 верстата – нерухомий. По його вертикальних напрямних переміщується шпиндельна бабка ШБ (координата Y). Усі рухи подач забезпечують електродвигуни постійного струму з тиристорним керуванням.

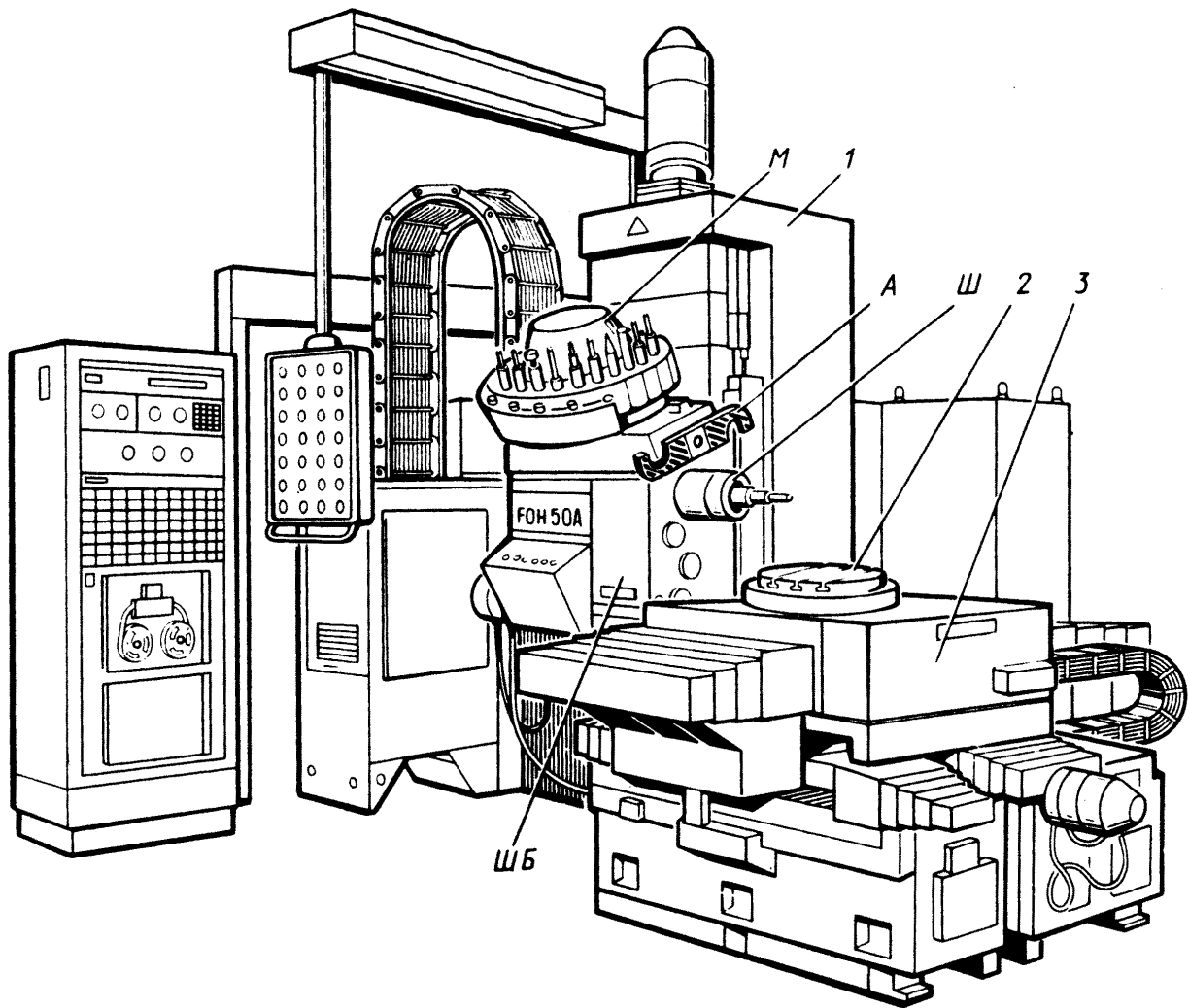


Рис. 5.4. Багатоопераційний верстат FQN50A

Двигуни з'єднані з кульковими ходовими гвинтами за допомогою муфт без проміжних передач. Гвинти мають діаметр 50 мм, крок 10 мм; кулькові гайки встановлено з попереднім натягом, що забезпечує високу жорсткість з'єднання.

Найбільші переміщення (мм) по осях координат становлять: $x = 630$, $y = 600$, $z = 530$. Швидкості всіх робочих подач регулюються безступінчасто в межах 10...1000 мм/хв, швидкість прискореного ходу становить 10000 мм/хв.

Шпиндельна бабка має гідравлічний зрівноважувальний пристрій. Шпиндель верстата одержує обертання від електродвигуна постійного струму потужністю 12,8 кВт через двоступеневу коробку передач з частотою обертання 14...2000 об/хв. У програмі для верстата може бути вибрано 87 ступенів частот обертання.

Інструментальний магазин М барабанного типу місткістю 30 інструментів встановлено на шпиндельній бабці під кутом 20° до

вертикалі.

Для заміни інструменту його оправка повертається в горизонтальне положення і передається в шпindel Ш двозахоплювальним поворотним автооператором А. Заміна інструментів забирає 8 – 12 с. Найбільший діаметр інструментів при установленні в кожне гніздо магазина становить 65 мм, при вільних сусідніх гніздах – 120 мм. Закріплення оправок у шпинделі забезпечується тарілчастими пружинами, відкріплення – гідроциліндром.

У програмі можна кодувати як гнізда магазина, так і інструментальні оправки. Це можливо завдяки установленню пристрою, що зчитує та визначає код оправки по перфорованій пластині, яка встановлюється на хвостовику оправки. Поворот магазина для пошуку інструментів і всі рухи автооператора гідрофіковані й керуються за допомогою мікроемікачів по замкнутому автоматичному циклу. Команда на початок циклу подається згідно з програмою або вручну натисканням відповідної кнопки на панелі керування.

Поворот столу із заготовкою дискретний, з кроком 5° (72 кутових положення). Точність установлення координат на довжині 500 мм становить $\pm 0,02$ мм, точність ділення поворотного столу – $\pm 3''$. Верстат має контурну систему керування.

Верстати FQH50A у спеціальному виконанні для оброблення деталей з кольорових металів і сплавів мають розширений діапазон частот обертання шпинделя 14...2800 об/хв. У виконанні з підвищеною точністю може бути досягнута точність установлення координат на довжині 500 мм до $\pm 0,015$ мм, точність ділення поворотного столу – $\pm 1,5''$. Одна з модифікацій верстата має поворотний стіл збільшених розмірів (діаметр столу – 630 мм замість 500 мм) і подачі по осях X і Y по 800 мм, по осі Z – 630 мм.

Багатоопераційний верстат IP1600MФ4 (рис. 5.5) призначено для оброблення особливо великих заготовок, довжина яких може досягати 16...20 м, а висота – 3,5 м.

У зв'язку з великою масою оброблюваних заготовок їх установлюють нерухомо (а якщо дозволяють розміри, то на поворотний стіл діаметром 1600 мм). Тому рухи по осях X, Y і Z виконуються стояком 4 верстата, установленим на полозках 9 по осі Z, полозками разом зі стояком – по напрямних станини 10 по осі X, шпиндельною бабкою ШБ – по осі Y. На рисунку видно ходові гвинти подачі саней 11 і шпиндельної бабки 6. Шпindel отримує обертання від електродвигуна 3. Розсувні щитки, що закривають вертикальні напрямні стояка і горизонтальні напрямні, на рисунку не показано.

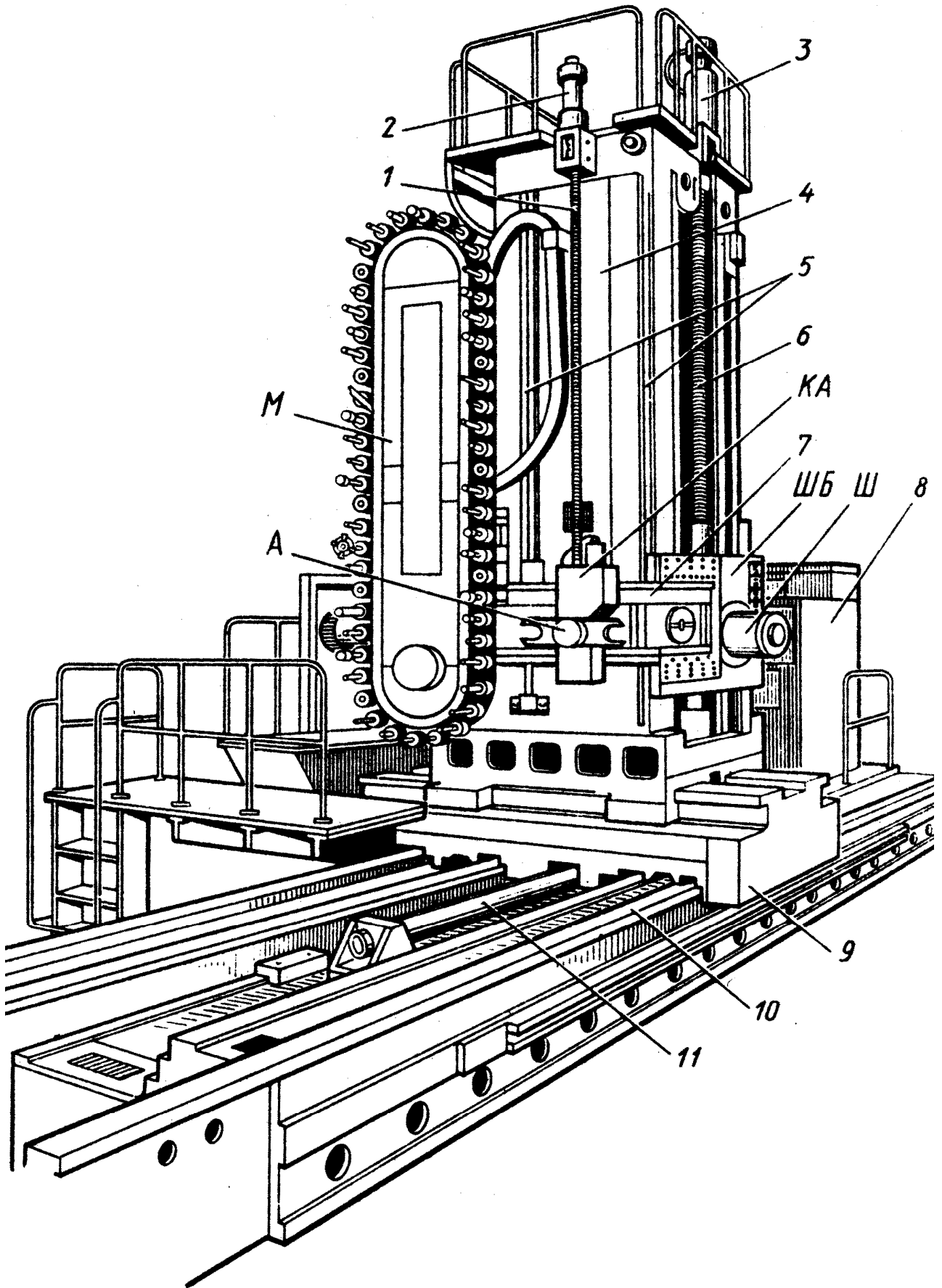


Рис. 5.5. Багатоопераційний верстат IP1600MФ4

Це дозволяє звернути увагу на конструктивне рішення вузла «шпindelна бабка – стояк». Стояк порталного типу охоплює шпindelну бабку з двох боків, забезпечуючи її надійне базування, високу і рівномірну жорсткість шпindelного вузла при змінюваному напрямку сили різання.

Потужний шпindel Ш встановлено у прецизійних підшипниках кочення в окремому корпусі, він отримує обертання від електродвигуна постійного струму потужністю 42 кВт через двоступеневу коробку передач з частотою 10...2000 об/хв.

Переміщення по координатних осях забезпечують високомоментні електродвигуни постійного струму з тиристорним керуванням. Довжина (мм) переміщення по осях: X – 8000, Y – 2500, Z – 21000. Зрівноваження шпindelної бабки – гідравлічне.

Комбінована система ЧПК дозволяє за необхідності керувати одночасно п'ятьма координатами і в поєднанні з датчиками-індуктосинами забезпечує точність лінійних переміщень 0,02 мм на 1000 мм довжини.

Переміщення шпindelної бабки, стояка і полозків відбуваються по сталевих загартованих напрямних на роликівих опорах кочення.

Прискорені переміщення виконуються зі швидкістю 8000 м/хв при часі розгону і гальмування 0,2 – 0,3 с.

Інструментальний магазин ланцюгового типу може бути місткістю 60 або 80 шт. Механізм автоматичної заміни інструменту має автооператор А з двома захватами кліщового типу, встановлений на каретці КА, що переміщується по траверсі 7. У крайньому лівому положенні каретки лівий захват автооператора затискає оправку інструменту, підготовленого до заміни.

Траверса 7, що несе каретку автооператора, може переміщуватися по напрямних 5 за допомогою електродвигуна 2 і ходового гвинта 1. Завдяки цьому заміна інструменту виконується при будь-якому положенні шпindelної бабки на стояку. У поєднанні з високими швидкостями руху автооператора і ланцюга інструментального магазину (40 м/хв) це дозволяє до мінімуму скоротити час на заміну інструменту.

Для розширення технологічних можливостей верстат має пристрій для автоматичної заміни інструментальних головок. Інструментальні головки (розточувальні, фрезерні, багатошпindelні тощо) поміщають у магазин, розташований зліва від верстата. Для передачі головки на верстат є візок, що переміщується по спеціальних напрямних. Візок підвозить головку до шпindelної бабки, де відбуваються автоматичне установлення головки на базові поверхні бабки і її закріплення. Крутий момент передається ведучому валу головки від головного приводу через спеціальний вал.

6. МЕХАНІЗАЦІЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВОК І АВТОМАТИЗАЦІЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ

6.1. Установлювальньо-затискні пристрої

Неодмінною умовою успішного оброблення деталей на автоматизованих верстатах, в тому числі й на верстатах з ЧПК, є надійне і швидке закріплення заготовки і не менш швидке відкріплення після закінчення обробки. Для цієї мети використовують автоматичні затискні механізми.

Способи кріплення заготовок і конструкції, що застосовуються для цього механізмів, – різноманітні. Вони залежать від виду і жорсткості заготовок, допусків на їх розміри, особливостей виконуваних технологічних операцій і більшою мірою від способу базування. У практиці машинобудування найбільш широко застосовують такі способи базування і відповідні їм способи закріплення:

- 1) базування заготовки по зовнішній (внутрішньої) циліндричній поверхні та перпендикулярній до неї площині, яке відповідає закріпленню за цією ж зовнішньою (внутрішньою) циліндричною поверхнею;
- 2) базування і закріплення на плоских поверхнях;
- 3) базування заготовки на центрові отвори і закріплення за допомогою повідкового механізму;
- 4) базування по двох циліндричних отворах з паралельними осями і на перпендикулярну до них поверхню, на якій їх потім закріплюють.

Для закріплення циліндричних деталей типу «вал» з базуванням на центрові отвори можуть бути застосовані повідкові патрони ударної дії (рис. 6.1).

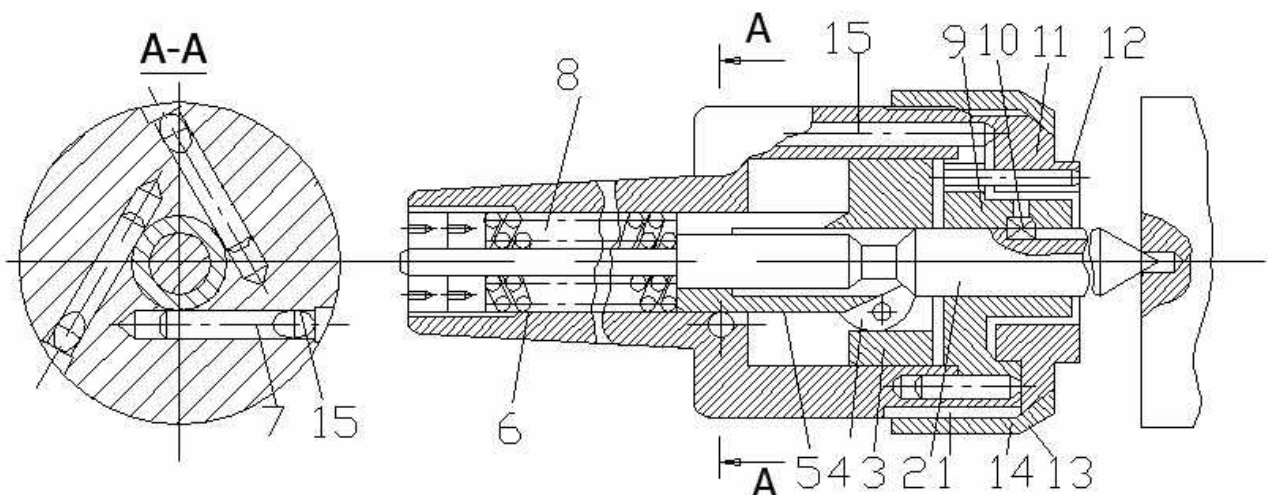


Рис. 6.1. Ударний повідковий патрон

У корпусі 1 змонтовано плаваючий центр 2 і ударник 3 з механізмом зводу у вигляді собачки 4 з плоскою пружиною 5. Ударник підтиснуто пружиною 6, зусилля якої регулюється гайками. Центр також підтискається пружиною 8 до упору 10, встановленого у фланці 9. Повідкова шайба 11 з трьома повідками зв'язана штифтами 13 з фланцем і утримується ковпачковою гайкою 14. Стопорні гвинти захищають повідки від випадання. Шайба сферичною поверхнею спирається на штовхачі 15, які скошеними поверхнями на іншому кінці переміщують плунжери 7, стискають розрізаний хвостовик ударника, замикаючи таким чином центр патрона. Ударник у такому положенні є опорою для повідків. У вихідному положенні центр висунуто з патрона, а собачка впирається у фаску центру. При підтисканні заготовки піноллю задньої бабки центр переміщується вліво, тягнучи її через собачку й ударник. При цьому пружина 6 стискається. Заготовка переміщується до тих пір, поки собачка не впреться в фаску корпусу і не звільнить ударник. Ударник під дією пружини вдарить по повідках, упродовжуючи їх у торець заготовки, після чого заготовка упреться в торець повідкової шайби. Торець після замикання центру та повідків стає жорстким упором для заготовки. Після закінчення обробки деталі піноль задньої бабки відводиться і центр під дією пружини 8, а разом з ним і вся система приходять у вихідне положення.

На рис. 6.2 подано іншу конструкцію повідкового приводу.

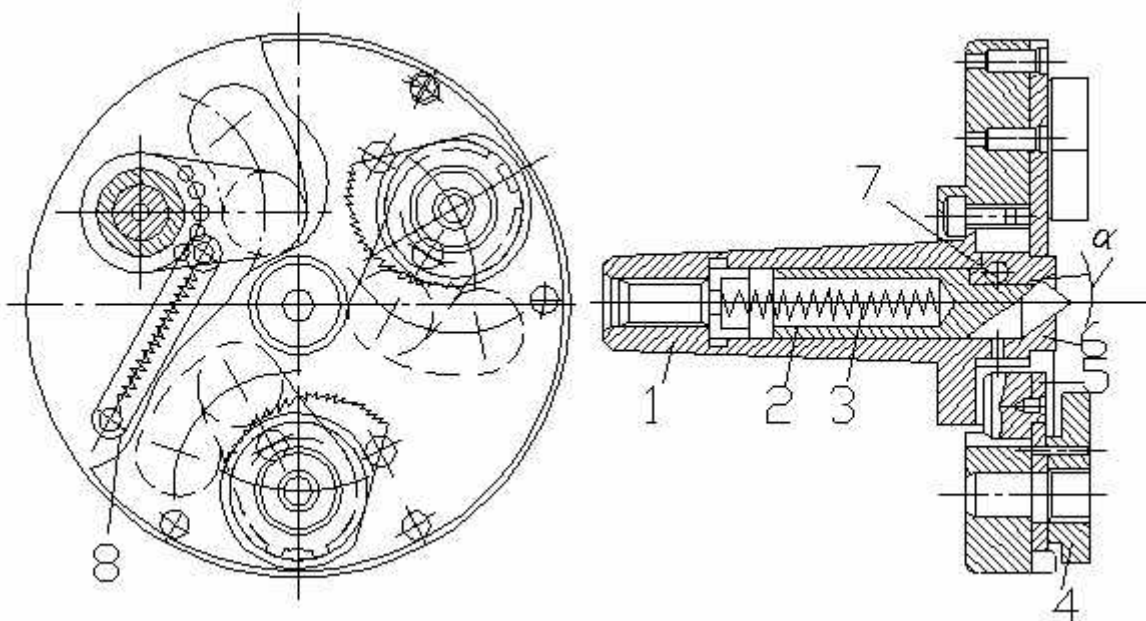


Рис. 6.2. Повідковий патрон

Хвостовик 1 корпусу патрона закріплюють у конусі шпинделя верстата. Коли патрон не обертається, пружини 8 утримують кулачки 4 у

відведеному положенні; у цьому положенні оброблювана деталь може вільно встановлюватися в центрах. Після встановлення деталі піноль задньої бабки переміщує її разом з центром 2, стискаючи при цьому пружину 3 до тих пір, поки торець оброблюваної деталі не натисне на втулку 6; у результаті цього будуть застопорені за допомогою кульок 7 втулка 6 і центр 2. На початку обертання шпинделя відцентрові сили, прикладені до противаги 5, повертають кулачки до зіткнення з оброблюваною деталлю. Подальше затискання деталі відбувається силами різання.

Наступний патрон (рис. 6.3) з перезакріпленням заготовки дозволяє виконувати повну обробку деталі 6.

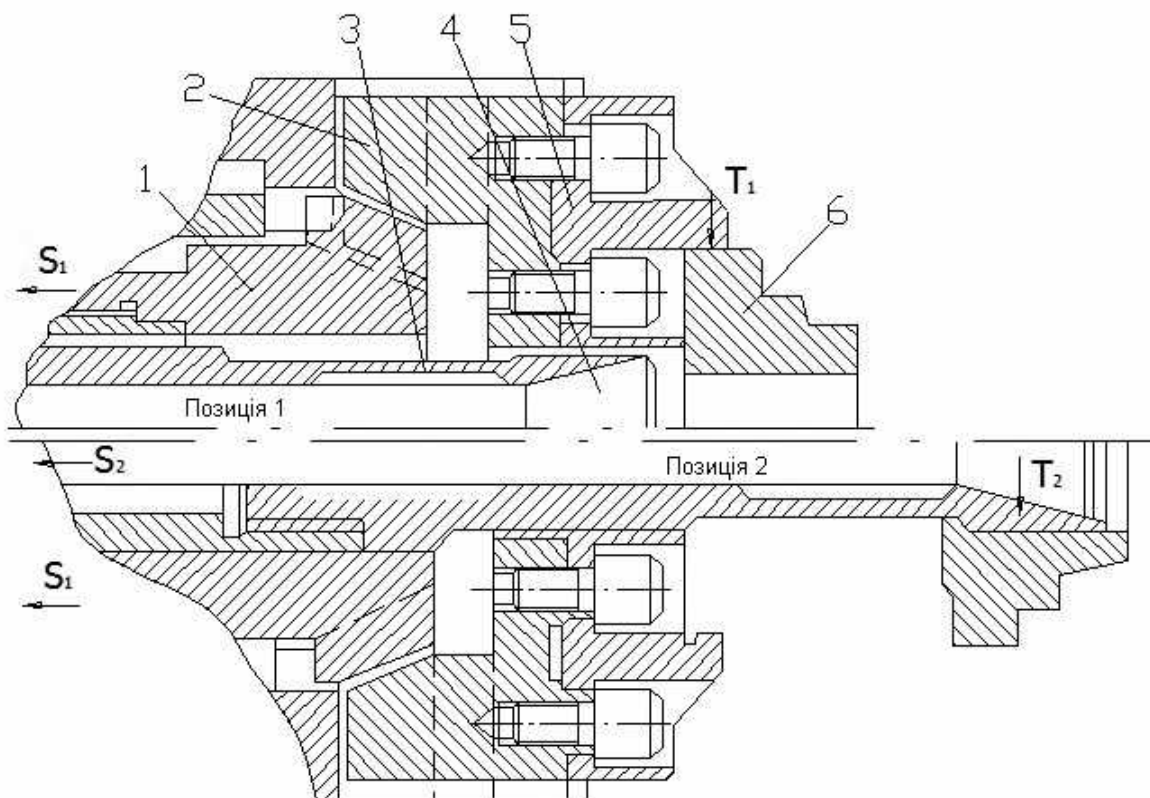


Рис. 6.3. Патрон з перезакріпленням деталі

У цьому патроні після остаточної обробки в позиції 1 отвору, правого торця і двох зовнішніх поверхонь заготовки, затиснутої кулачками 5 клинового патрона 2 із зусиллям T_1 , цанга 3 виходить вперед і встановлюється в отвір заготовки. Після цього шток 4 з конічним хвостовиком переміщується вліво і розтискає цангу, закріплюючи заготовку із зусиллям T_2 . Одночасно розтискаються кулачки патрона і дається команда на переміщення затиснутої заготовки вперед. Відбувається затиск оправки-цанги кулачками із зусиллям T_2 . Після цього можна обробити остаточно зовнішню поверхню і лівий торець заготовки.

Для автоматизованого затиску заготовок по внутрішній поверхні також застосовуються різні конструкції розтискних оправок і патронів: плунжерні, ресорні, пружинні й ін. Приводи затискних пристроїв працюють або від загального приводу верстата, або від індивідуального електро-, гідро- або пневмодвигуна.

Іноді автоматичний затиск заготовок здійснюється силами інерції, силами постійних магнітів, силами тертя. Привід може здійснювати як затиск, так і розкріплення заготовки або тільки одну з цих функцій, тоді як іншу функцію виконує сила пружності пружин.

При виборі типів пристроїв для багатоопераційних верстатів крім звичайних вимог забезпечення заданого положення заготовки на верстаті, надійного її закріплення, зручності та безпеки установа заготовок необхідно виконати і додаткові.

1. Пристрій має бути таким, щоб його можна було швидко сконструювати і виготовити, легко встановити і зняти з верстата. Інакше буде втрачено найважливішу якість багатоопераційного верстата – його «гнучкість», тобто швидкість переналагодження на іншу номенклатуру виробів. Тому пристрій має бути нескладним.

2. Пристрій має складатися в основному зі стандартних вузлів і деталей, які можна в різних поєднаннях використовувати для установа широкої номенклатури заготовок.

3. Конструкція пристрою має забезпечувати особливо високу жорсткість системи заготовка – пристрій – верстат при діянні сил різання різної величини і напрямку.

4. Установлювальні та затискні елементи пристрою мають розташовуватися так, щоб не заважати підходу інструментів до всіх оброблюваних поверхонь. Якщо це неможливо (наприклад, при обробленні плоских або фасонних поверхонь по всьому периметру заготовки), бажано використовувати поперемінно діючі затискачі; у момент, коли який-небудь із затискачів заважає проходу різального інструменту, він повинен відводитися від заготовки, а решта – утримувати її у незмінному положенні.

5. Закріплення заготовок має виконуватися швидко, як правило, механічно або автоматично. Сила закріплення має бути постійною і достатньою для сприйняття навантажень, що виникають при роботі різних інструментів, і разом з тим не спричиняти деформацію заготовки.

6. Пристрій має бути точно орієнтовано відносно системи координат верстата, інакше неможливо дотримати заданий допуск на взаємне розташування оброблених і базових поверхонь деталі.

Утрати часу на установа і зняття заготовок можна повністю

виключити з циклу роботи верстата, якщо використовувати двопозиційну обробку. Поки на одній позиції столу верстата ведеться оброблення заготовки, на другій позиції встановлюють і закріплюють наступну заготовку. Для полегшення і прискорення установлення важких заготовок у пристрій і зняття готових деталей установлюють консольно-поворотний кран або промисловий робот. Найбільш широко промислові роботи застосовуються в компонуваннях з токарними БВ, де один робот може обслужити кілька верстатів.

Автоматизація завантаження БВ, які обробляють корпусні заготовки, забезпечується шляхом закріплення заготовки поза верстатом у пристрої-супутнику, разом з яким вона подається і видаляється з верстата. Для цього БВ оснащують пристроєм для автоматичного транспортування закріплення пристроїв-супутників. Такий БВ можна вбудовувати в автоматизовані технологічні комплекси.

Раціональним є використання різних систем універсально-складальних і універсально-налагоджувальних пристроїв (УСП і УНП). Елементи УЗП добре з'єднуються з плитами пристроїв-супутників. Для цього в плиті супутника створюють систему точно розташованих пазів і кріпильних отворів або сітку базово-кріпильних отворів. У плитах пристроїв-супутників, що входять у систему пристроїв, для розстановки і закріплення базових і кріпильних елементів використовується сітка Т-подібних пазів і нарізних отворів. На рис. 6.4 показано послідовність складання пристрою-супутника зі стандартних елементів. На плиті 1 супутника розміщують базові елементи 2б, призначені для установлення заготовки.

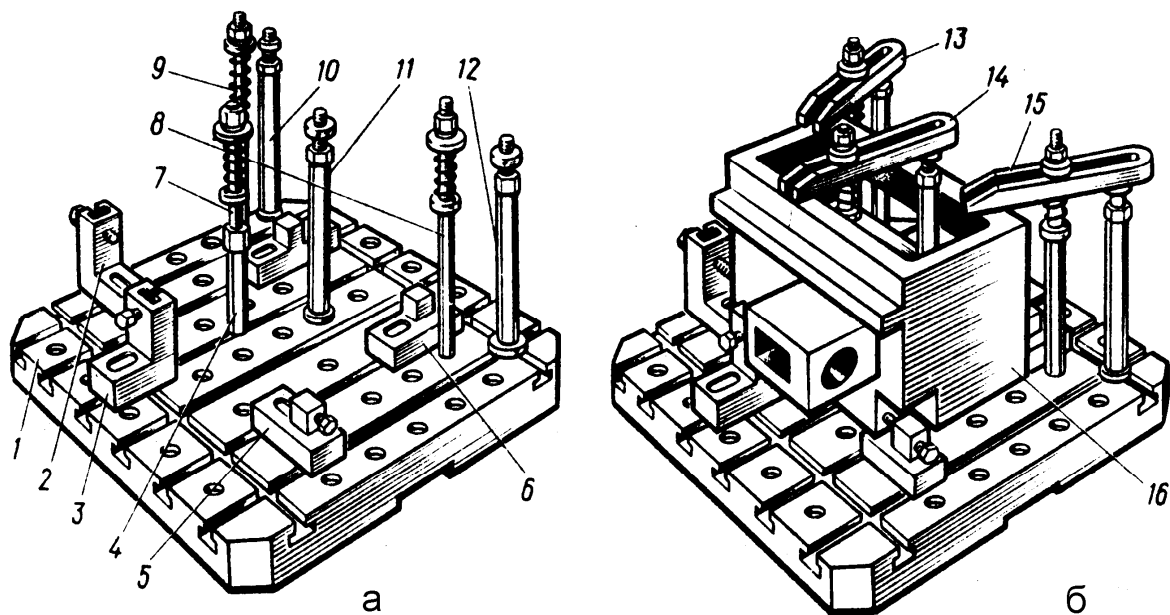


Рис. 6.4. Пристрій для закріплення заготовки на пристрої-супутнику:
а – плита з базовими і кріпильними елементами; б – пристрій-супутник

Кожен елемент закріплюється в потрібному положенні за допомогою сухаря, вставленого в Т-подібний паз, і болта з внутрішнім шестигранником, пропущеним через отвір опори. Як кріпильні елементи використано шпильки 7 – 9, вкручені в нарізні отвори плити або в сухарі, вставлені в Т-подібні пази, і регульовані по висоті упори 10 – 12, закріплені в плиті таким же чином. Закріплення заготовки 16 виконується прихоплювачами 13 – 15 і гайками, які наверхнуті на верхні кінці кріпильних шпильок. Для отримання потрібного зусилля затиску можна використовувати електромеханічний або гідромеханічний ключ, розташований на робочому місці, де заготовки встановлюються в пристрій-супутник перед подачею його на верстат.

Один з найбільш поширених напрямів у проектуванні оснащення для токарних БВ – створення клинових патронів з пневматичним або гідравлічним приводом і змінними або регульованими кулачками. Один з таких патронів показано на рис. 6.5.

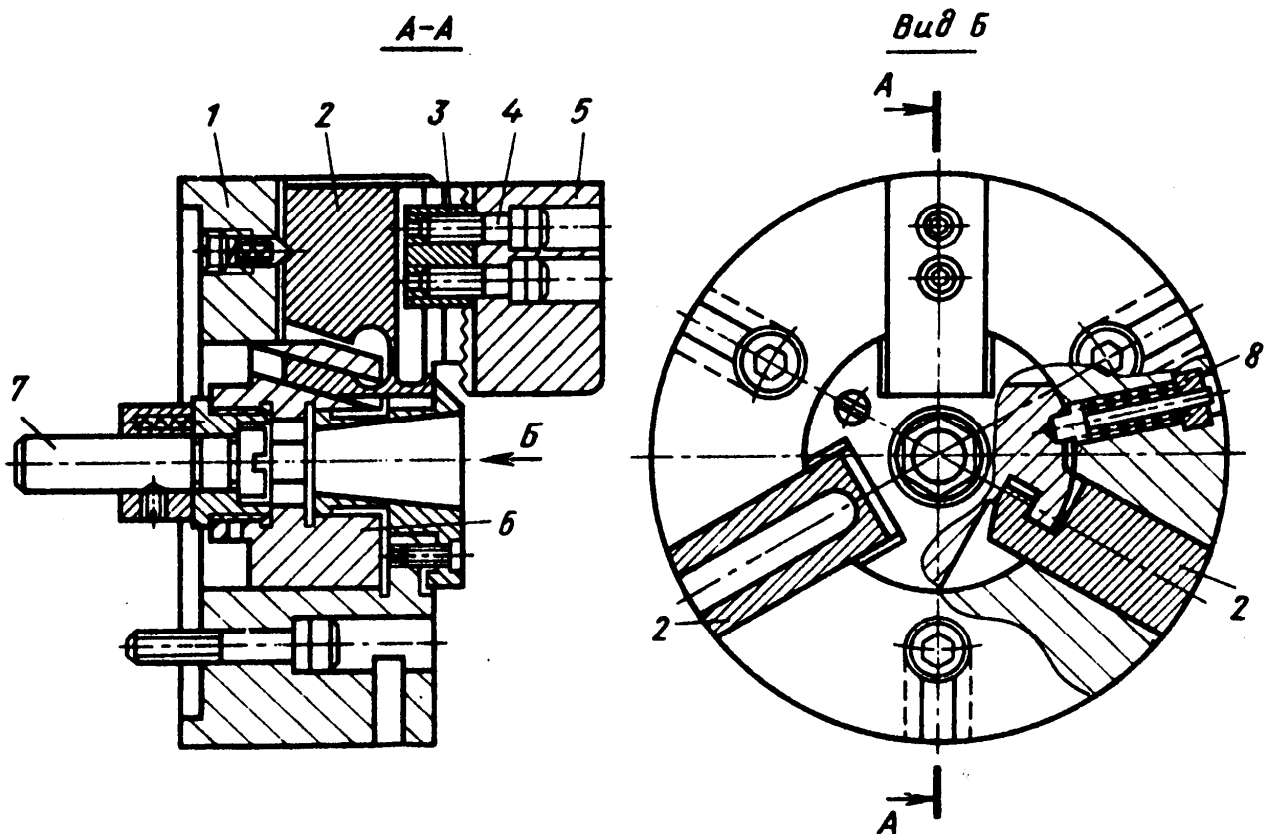


Рис. 6.5. Клиновий самоцентрівний патрон

Змінні кулачки 5 закріплено за допомогою гвинтів 4 і сухарів 3 на рухомих кулачках 2, установлених у трьох радіальних пазах корпусу патрона 1. Кулачки 2 пов'язані похилими пазами з виступами муфти 6. При осьовому переміщенні муфти тягою 7, з'єднаною з силовим приводом, кулачки переміщуються по радіальних пазах корпусу. Конструкція патрона

дозволяє легко виймати кулачки для заміни. Для цього вставляють у центральний шестигранний отвір муфти 6 торцевий ключ і повертають його проти годинникової стрілки приблизно на 15°. Муфта виходить із зачеплення з кулачками, дозволяючи легко їх вийняти. У робочому положенні, коли муфта зчеплена з кулачками, вона утримується від випадкового повороту фіксатором 8. Під час переналагодження патрона замінюють кулачки 5.

Принцип дії патрона з кулачками, що переналагоджуються автоматично за програмою, пояснює рис. 6.6.

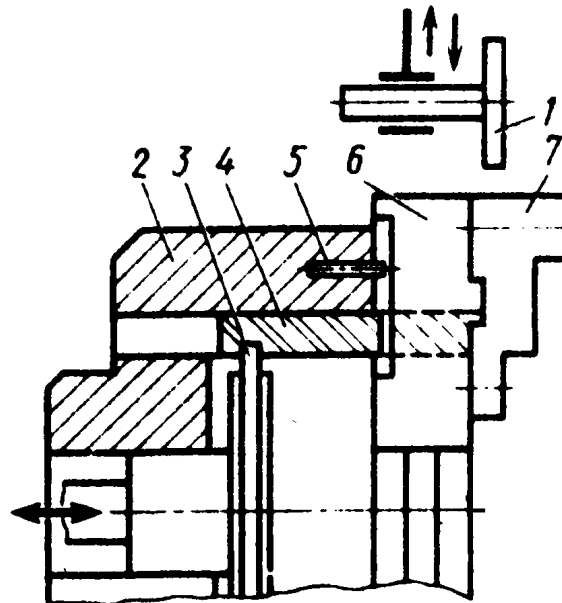


Рис. 6.6. Схема самоцентрівного трикулачкового патрона з автоматичним установленням кулачків на розмір заготовки

Для переміщення трьох кулачків 7 служать повзуни 6, розміщені в радіальних пазах корпусу 2 патрона. Для переміщення повзунів використовують косозубі рейки 4, які зчіплюються з такими ж зубами повзунів (на рисунку ці зуби показано штриховими лініями). Рейки 4 можуть пересуватися в пазах за допомогою муфти 3, зв'язаної тягою з гідроциліндром, установленим на лівому кінці шпинделя верстата. Для переналагодження кулачків патрона на новий розмір заготовки муфта 3 переміщує рейки 4 у крайнє ліве положення (показано на рисунку), і рейки виходять із зачеплення з повзунами 6. Вмикається швидке обертання шпинделя верстата, і повзуни з кулачками розсуваються під дією відцентрових сил на максимальну відстань, що обмежується штифтами 5. Потім починається процес автоматичної наладки кулачків на заданий розмір. Патрон уповільнює своє обертання, і до нього починає рухатися ролик 1 на відстань, задану в програмі. Підійшовши до кулачків, він ударяє

по них, змушуючи їх поступово зрушуватися до осі патрона. Коли заданий розмір досягнуто, патрон автоматично зупиняється і муфта 3 вводить рейки 4 в зачеплення з повзунами.

Є й більш складні токарні патрони для верстатів з ЧПК, наприклад патрон, призначений для закріплення заготовок типу тіл обертання, з місцевими виступами, приливками або іншими особливостями, які потребують установлення в цілком певному відносно кулачків кутовому положенні. Заготовка подається в патрон рукою промислового робота в заздалегідь орієнтованому положенні. Перед цим патрон повільно повертається до тих пір, поки встановлений біля нього тактильний датчик не визначає, коли потрібне положення кулачків буде відповідати положенню в просторі заготовки. У цей момент подається команда на точну зупинку шпинделя, промисловий робот досилає заготовку в кулачки патрона, відбувається автоматичне затискання кулачків, і рука робота покидає робочу зону верстата.

Хороші результати були отримані при використанні на токарних верстатах з ЧПК способу установлення і закріплення заготовок у пристрої-супутнику поза верстатом. Пристрій являє собою планшайбу з сіткою пазів або отворів, таких самих, як для установлення корпусних заготовок на горизонтальних і вертикальних БВ. На планшайбі при налагоджуванні розміщують базові й кріпильні елементи відповідно до конструкції заготовки. За необхідності закріплюють противаги, щоб зменшити дисбаланс при обертанні пристрою із заготовкою на верстаті. Закріплення заготовки здійснюють болтами і гайками за допомогою електромеханічного або електрогідравлічного ключа. Можна використовувати гідроциліндри та гідрошайби з фіксуючими гайками, що з'єднуються з насосом високого тиску за допомогою швидкорознімної муфти. Установлення, закріплення заготовки і зняття обробленої деталі виконуються під час автоматичної роботи верстата за програмою. Допоміжний час витрачається тільки на перенесення планшайби із заготовкою на верстат, де вона швидко базується і закріплюється на шпинделі за допомогою одних і тих самих елементів, що не потребують переналагодження. Для переміщення планшайби на верстат і назад використовують автооператор або промисловий робот.

Токарні БВ застосовують для оброблення заготовок типу валів, що встановлюються в центрах, хоча частіше такі деталі виготовляють на звичайних верстатах з ЧПК, оскільки вони не потребують великої кількості інструментів.

Для того щоб можна було всі зовнішні поверхні обертання обробити за один установ, замість три- і двокулачкових використовують повідкові

патрони, які передають крутний момент заготовки через її торцеву поверхню. Досить ефективними виявилися патрони з плаваючими провідними штирями (рис. 6.7).

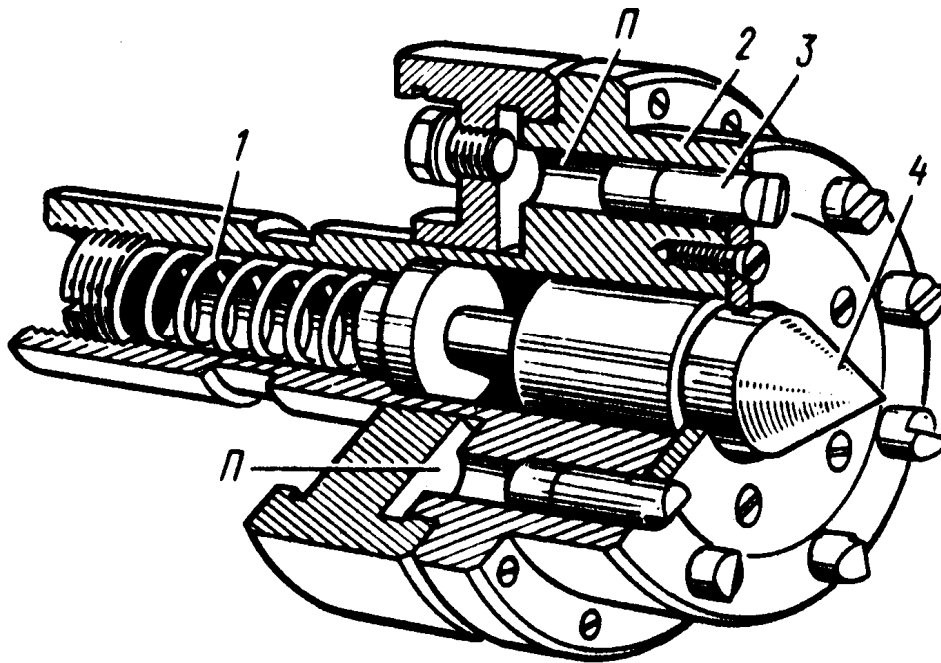


Рис. 6.7. Повідковий патрон з плаваючим центром для верстатів з ЧПК

Штирі 3 із заточеними, як у різців, вершинами розміщено в корпусі 2, порожнину П якого заповнено маслом. Завдяки цьому заготовка, установлена лівим кінцем на плаваючий центр 4, упираючись своїм торцем у штирі, змушує їх самоустановлюватися. Під час підтиску заднім центром штирі рівномірно врізаються в торець заготовки і передають великі крутні моменти. У деяких конструкціях подібних патронів крім пружини 1, що підтискає плаваючий центр до заготовки, є додаткові кулачки, які автоматично затискають плаваючий центр після того, як заготовка вріжеться у провідні штирі і її положення повністю визначиться. Завдяки цьому передній центр може, не занурюючись, сприймати максимальні для даного верстата радіальні складові сили різання.

Якщо БВ призначено для оброблення великих важких заготовок, їх установлюють на масивний нерухомий або поворотний стіл прямокутної або квадратної форми. Усі переміщення уздовж координатних осей задають стояку, ползкам і шпindelьній бабці верстата.

6.2. Автоматизація завантаження

На поворотному столі горизонтального БВ можна обробити не тільки корпусні, але й плоскі деталі. Для цього використовують базові коробки (рис. 6.8) з точно обробленими протилежними площинами і сіткою

T-подібних пазів або точних базових отворів для установлення опорних і затискних елементів.

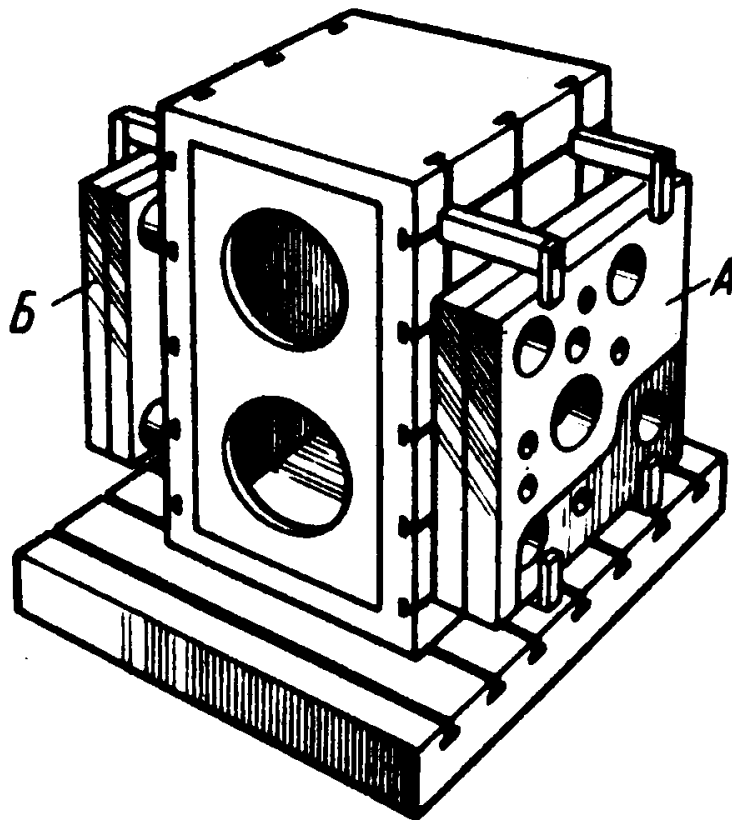


Рис. 6.8. Розміщення заготовок на базовій коробці

Спосіб установлення заготовок безпосередньо на поворотний стіл верстата поряд з перевагами має істотні недоліки. Установлення, закріплення заготовки, розкріплення і зняття обробленої деталі виконуються обов'язково на верстаті у безпосередній близькості від робочої зони. Це не завжди зручно і безпечно і, крім того, не дозволяє організувати запас заготовок, заздалегідь закріплених у пристроях поза верстатом. Вартість виготовлення точного розподільного столу дуже велика. Тому застосування двох точних поворотних столів на одному верстаті є небажаним і значно здорожує верстат, ускладнює його обслуговування і ремонт. Розвиток способів механізації і автоматизації завантаження БВ відбувається шляхом широкого застосування пристроїв-супутників. Незважаючи на відмінність конструкцій, пристрої-супутники мають спільні ознаки. Це дуже жорстка плита з точно обробленими поверхнями для базових і кріпильних елементів, призначених для установлення заготовок, що має напрямні для прямолінійних переміщень. Супутник із закріпленою заготовкою подається на основний стіл верстата і видаляється з нього в розвантажувальну позицію автоматично. Пояснимо це на прикладі (рис. 6.9).

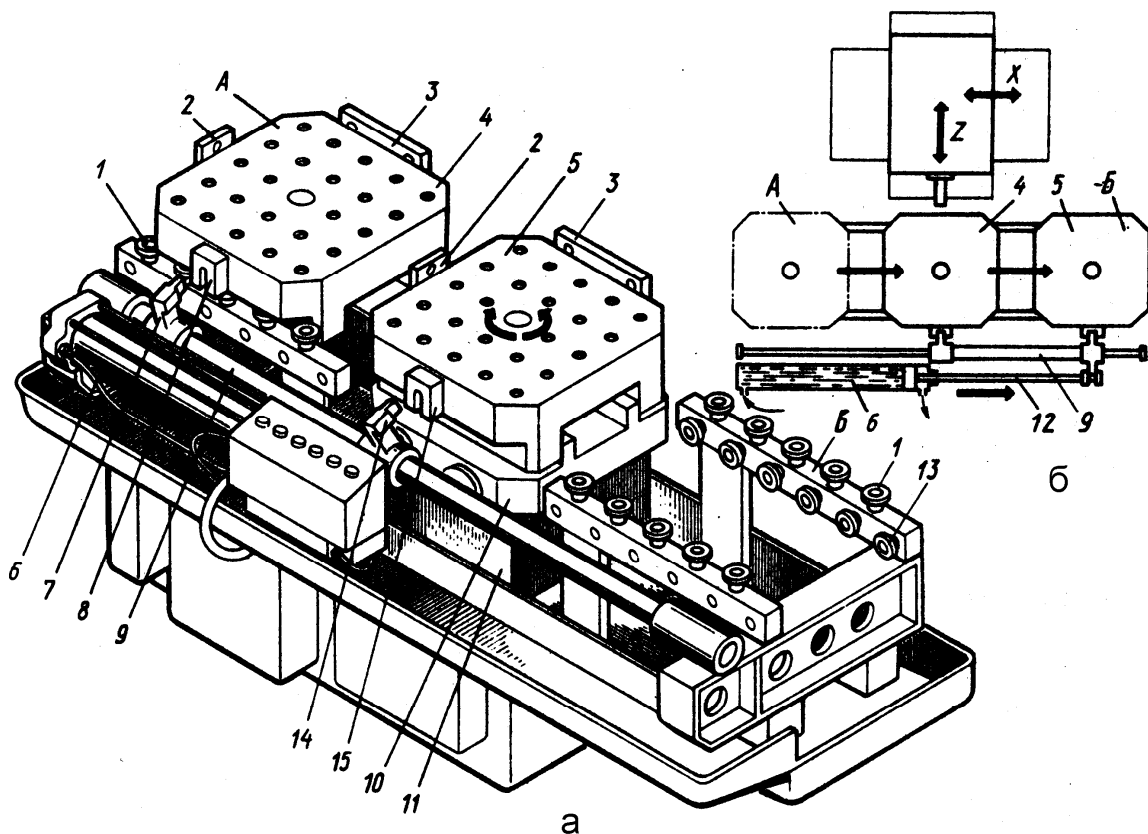


Рис. 6.9. Автоматизація завантаження із застосуванням пристроїв-супутників:
 а – загальний вигляд, б – схема дії

Верстат має один точний поворотний стіл 10, установлений на жорсткій станині 11. Прямолінійних переміщень у столу немає, їх виконує стояк зі шпindelною бабкою. На поворотному столі і розташованій ліворуч від нього завантажувально-розвантажувальній позиції А перебувають плити-супутники 4 і 5, які мають горизонтальну базову площину, а також планки 2 і 3, що дозволяють точно орієнтувати заготовку в просторі. Сітка нарізних отворів служить для розстановки інших базових і кріпильних елементів. Праворуч від столу верстата знаходиться друга завантажувально-розвантажувальна позиція Б. Для того щоб усвідомити цикл роботи верстата, уявимо, що на супутнику 5 закріплена заготовка і верстат виконує її оброблення спочатку з одного, а потім, після повороту столу разом із супутником, – з інших боків. За цей час на супутник, що знаходиться в позиції А, встановлюють другу заготовку. Коли оброблення першої заготовки закінчиться, супутник 5 автоматично пересунеться в позицію Б для розвантаження, а на його місце надійде супутник 4 з іншою заготовкою. Надалі "маятниковий" рух супутників буде повторюватися. Для переміщення супутників з позицій А і Б є підтримуючі 13 і напрямні 1 ролики. Транспортуючим органом служить гідроциліндр 6, шток 12 якого пов'язаний з кареткою 9. На кінцях каретки є захоплювачі 7 і 14, які можуть

зчіплюватися з замками 8 і 15 супутників. Для цього каретка повертається відносно горизонтальної осі (за допомогою механізму, який не показано на рисунку). Відведення захоплювачів від супутників є необхідним, щоб можна було повертати супутник, що знаходиться в робочій позиції.

Закріплюють супутники на столі верстата двома основними способами: 1) за допомогою силового приводу, як правило, гідравлічного (при цьому є необхідність підведення масла високого тиску до рухомого і поворотному столу), 2) супутник закріплюється за допомогою Г-подібних прихоплювачів, які автоматично вводяться в пази плити супутника і підтискують супутник до напрямних за допомогою потужних тарілчастих пружин. Пружини забезпечують сталість сили закріплення супутника в процесі оброблення заготовки. При заміні заготовок у цьому випадку виникає завдання не закріплення, а розкріплення заготовки шляхом примусового стиснення тарілчастих пружин. Для цього доцільно використовувати механізми, призначені для транспортування супутника з обробленою деталлю зі столу верстата і подачі на нього іншого супутника.

7. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАГАЗИНИ І АВТОМАТИЧНА ЗАМІНА ІНСТРУМЕНТІВ

7.1. Інструментальні магазини

Автоматична заміна різальних інструментів – одна з головних особливостей багатоопераційних верстатів (БВ), що визначають його продуктивність і надійність. Для автоматизації заміни інструментів на БВ використовують систему пристроїв і механізмів, що складається з двох основних елементів:

1) магазину – для створення запасу інструментів, достатнього для оброблення однієї або декількох заготовок;

2) пристрою автоматичної заміни інструментів (АЗІ), що передає інструмент з магазину в шпindel верстата і назад.

У багатоопераційних верстатах використовують інструментальні магазини і пристрої АЗІ різних типів і конструкцій. Щоб говорити про їх можливості, необхідно знати, які вимоги до них ставляться.

Розглянемо основні вимоги до інструментальних магазинів.

Першою вимогою є те, що місткість інструментального магазину має бути такою, щоб одного комплекту закладених в нього інструментів вистачило на оброблення найбільш типової для даного верстата заготовки, щоб оператору не потрібно було замінювати інструменти в магазині протягом однієї операції. Але чим більше місткість магазину, тим він складніше і дорожче у виготовленні, тим більше місця потрібно для

його розміщення на верстаті або робочому місці. Звідси впливає друга вимога: магазин має бути простим і компактним.

Магазин і виступаючі з нього інструменти не повинні заважати підходу працюючого інструменту до заготовки, лінійним і круговим переміщенням заготовок, установленню та зняттю заготовок, налагодженню верстата. Магазин та інструменти, що знаходяться в ньому, потрібно оберігати від забруднення. Звідси впливає третя вимога: магазин необхідно розташувати поза робочою зоною верстата.

Для того щоб було зручніше завантажувати інструменти в магазин і виймати їх для заміни, потрібно виконати четверту вимогу: забезпечити оператору легкий, зручний і безпечний доступ до магазину. Це є особливо важливим для верстатів, де використовують інструменти вагою в десятки і сотні ньютонів.

Підготовка до заміни інструменту (поворот барабана або рух ланцюга магазину для пошуку потрібного інструменту, підйом або опускання магазину разом зі шпindelною бабкою, якщо це передбачено конструкцією верстата), робота механізмів кантувача, переміщення каретки автооператора мають виконуватися під час роботи верстата. Це необхідно, щоб до мінімуму скоротити час, який безпосередньо витрачається на заміну інструменту (п'ята вимога). Робота механізмів магазину і пристроїв для заміни інструменту не повинна викликати вібрацій самого верстата (шоста вимога).

Для створення запасу інструментів, необхідних для оброблення різних заготовок, застосовують магазини різної місткості залежно від призначення верстата. Для оброблення деталей з малою кількістю поверхонь і отворів достатньо кількох інструментів, а для оброблення складних корпусів, які обробляються з декількох боків, з великою кількістю точних отворів потрібно кілька десятків інструментів.

У сучасних БВ застосовують інструментальні магазини таких основних типів: дискові, барабанні та ланцюгові (рис. 7.1).

Дискові магазини (рис. 7.1, а) призначено для накопичення порівняно невеликої кількості інструментів (зазвичай до 30 шт.). Барабанні магазини відрізняються від дискових тільки конструкцією і способом розміщення інструментів. Магазини збільшеної місткості зручніше робити ланцюговими. Змінюючи конфігурацію ланцюга з гніздами для інструментів, магазин можна розташувати вертикально (рис. 7.1, в), похило (рис. 7.1, д), горизонтально (рис. 7.1, г), додати йому прямокутну (рис. 7.1, е), квадратну (рис. 7.1, ж), трикутну (рис. 7.1, з) або більш складну (рис. 7.1, і-м) форму. Завдяки цьому навіть при великій місткості (60 – 100 інструментів і більше) магазин виходить компактним. Одну з

ділянок ланцюга можна розмістити недалеко від шпинделя, щоб спростити процедуру заміни інструментів, а ділянку, де магазин завантажують інструментами, розташувати так, щоб це було найбільш зручно оператору і налагоджувальникові верстата.

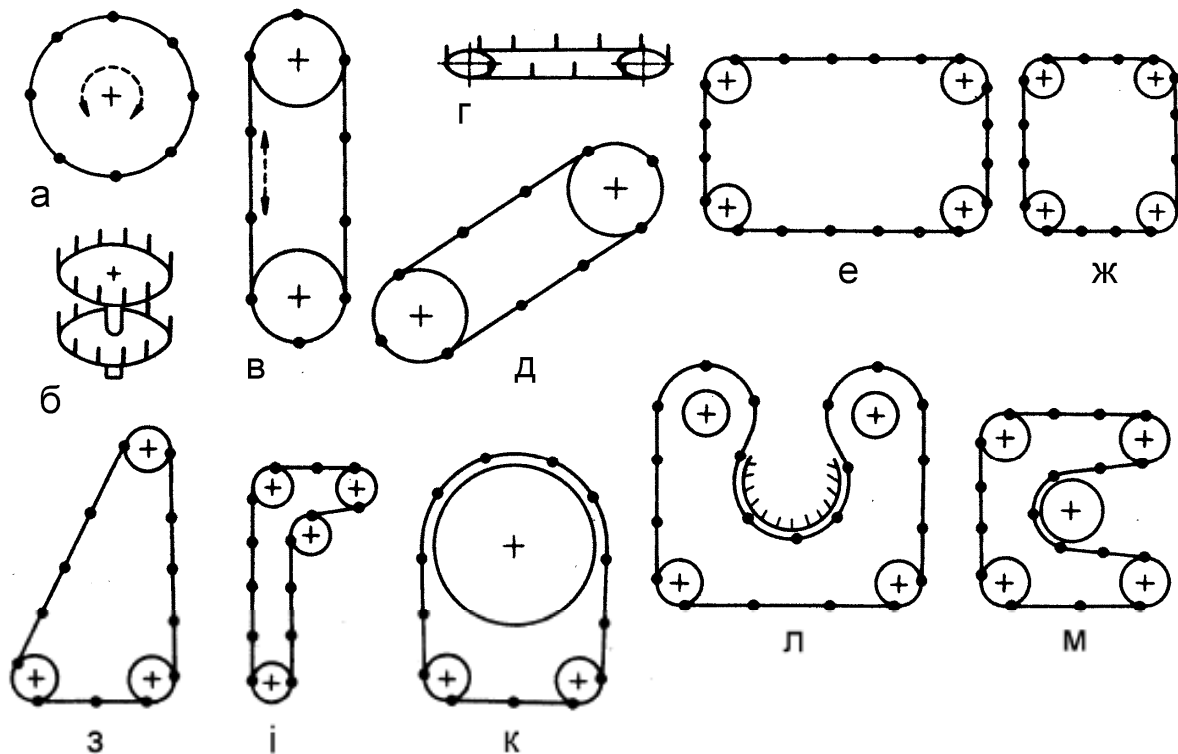


Рис. 7.1 . Інструментальні магазини багатоопераційних верстатів:
а , б – дискові та барабанні ; в – м – ланцюгові

Значно рідше застосовують багатоюрусні дискові або барабанні магазини великої місткості (рис. 7.1, б). Осі інструментів у них розташовують паралельно осі повороту магазину або радіально. Головні недоліки таких магазинів – значні габарити і ускладнення автоматичного завантаження-розвантаження. Вибір типу магазину залежить від призначення та компонування БВ.

Дослідження показали, що з усього різноманіття корпусних деталей середніх розмірів, які доцільно обробляти на БВ, у середньому приблизно 18 % потребують застосування не більше 10 інструментів, 50 % – до 20, 17 % – до 30, 10 % – до 40 і 5 % – до 50 інструментів. Тільки для особливо складних БВ може знадобитися до 100 інструментів і більше. Ось чому найбільшого поширення набули магазини місткістю до 30 інструментів, переважно дискові та барабанні. Ланцюгові магазини найчастіше мають місткість близько 40 – 60 інструментів. Значно рідше, в основному на великих БВ, використовують магазини місткістю 100 – 120 інструментів і більше.

Незалежно від типу магазина і пристрою АЗІ, різальні інструменти встановлюють у шпindelь верстата або в гніздо магазина не безпосередньо, а за допомогою стандартних інструментальних оправок, в яких інструменти закріплюють, а якщо потрібно, то і налаштовують на заданий розмір поза верстатом.

На більшості БВ використовують оправки з конічним хвостовиком з конусом 7:24 (рис. 7.2) для того, щоб він не був самогальмувальним і дозволяв легко витягти оправку зі шпинделя за допомогою автоматизованого пристрою-автооператора.

У шпинделі оправка утримується за допомогою тяги і тарілчастих пружин або затягується гвинтом. На кінці тяги монтують захоплювач, який зчіплюється з хвостовиком Х, укрученим в оправку.

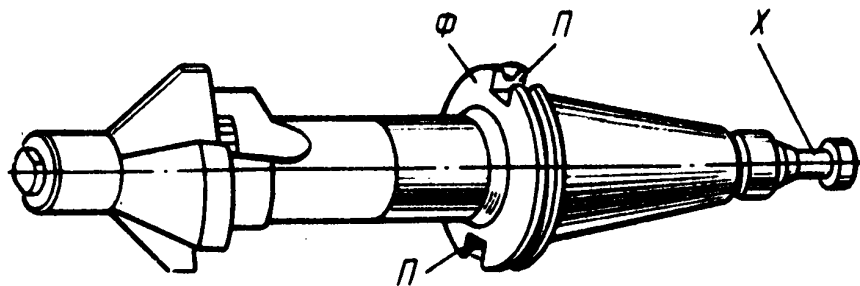


Рис. 5.2. Інструментальна оправка з конічним хвостовиком

Ще одна важлива особливість інструментальної оправки – наявність фланця Ф з канавкою трикутної або прямокутної форми. Цим фланцем оправка утримується в захоплювачі автооператора. Для передачі крутного моменту у фланці є один або два розташованих радіально пази П, якими оправка зчіплюється з торцевою шпонкою (шпонками) шпинделя верстата. У зв'язку з цим оправка вводиться в отвір шпинделя обов'язково в певному кутовому положенні. У цьому ж положенні має автоматично зупинитися шпindelь верстата. При завантаженні магазина оправка з закріпленням у ній інструментом також має бути строго орієнтована в гнізді магазина. Вона утримується у гнізді за допомогою підпружиненого фіксатора.

Щоб програмувати автоматичну заміну інструментів, кодують гнізда інструментального магазина або інструментальні оправки. У першому випадку кожному гнізду присвоюється номер, який вводиться в потрібному місці в програму роботи верстата. Тому інструмент разом з оправкою, взятою з певного гнізда магазина, має після використання повертатися обов'язково в те саме гніздо.

При другому методі кодування інструментальна оправка має змінні кільця, штифти або інші елементи, різним поєднанням яких можна задати код, присвоєний даному інструменту (подібно до того, як для різних дверних замків роблять ключі з різним поєднанням виступів і западин).

При кодуванні інструментальних оправок заміна інструментів спрощується, оскільки при поверненні відпрацьованого інструменту зі шпинделя в магазин не потрібно чекати, коли в позицію заміни прийде своє гніздо, – можна встановити його в гніздо, яке щойно звільнилося. Однак через необхідність установа кодових елементів істотно ускладнюється конструкція оправки, її виготовлення і експлуатація. Крім того, в магазин неможливо встановити інструмент з великими діаметральними розмірами у разі, коли сусідні гнізда зайняті іншими інструментами.

При кодуванні гнізд магазину ускладнюється цикл заміни інструментів, оскільки при кожній заміні необхідно двічі виконувати пошук потрібного гнізда: один раз для змінювального інструменту, другий раз – для змінюваного. Але спрощуються інструментальні оправки і з'являється можливість залишати порожніми гнізда, розташовані поруч з тими, де знаходиться великогабаритний інструмент, розширюються технологічні можливості верстата. Тому в БВ метод кодування гнізд магазину використовується досить широко.

7.2. Пристрої автоматичної заміни інструментів

Пристрій АЗІ має забезпечувати передачу інструменту (разом з інструментальною оправкою) з магазину в шпиндель верстата і назад і заміну відпрацьованого інструменту іншим під час виконання технологічної операції. На тих багатоопераційних верстатах, де використовують поряд з поодинокими інструментами інструментальні одно- і багатошпиндельні головки, має бути передбачено пристрій для автоматизації заміни таких головок.

Перша вимога до пристрою АЗІ – швидкодія. Щоб скоротити простої БВ під час заміни інструментів, прагнуть розділити цикл роботи пристрою АЗІ таким чином, щоб підготовчі дії – пошук потрібного інструменту в магазині, перенесення його до шпинделя, орієнтація, а також повернення змінюваного інструменту в магазин – виконувалися під час роботи верстата. У цьому випадку для зупинки шпинделя та відведення його від заготовки потрібно всього кілька секунд для того, щоб витягти зі шпинделя інструмент, що відпрацював, і встановити новий.

Друга вимога – висока надійність. Тривала відмова пристрою АЗІ призводить до необхідності ручної заміни інструменту, через що ефективність застосування БВ різко знижується.

Для спрощення кінематики і конструкції механізмів заміни інструментів, полегшення конструктивних і технологічних рішень, підвищення надійності та покращання умов обслуговування важливо, щоб загальна кількість рухів у циклі автоматичної заміни інструменту була

мінімальною, – це третя вимога. До числа цих рухів небажано включати переміщення шпindelної бабки в позицію заміни інструменту, оскільки при цьому порушується досягнуте при позиціонуванні положення шпindelя відносно заготовки (після заміни інструменту шпindel не може повернутися абсолютно точно у вихідне положення). Тому кожний точний отвір прагнуть обробити повністю кількома інструментами, не зміщуючи при цьому шпindel відносно осі отвору. Звідси впливає четверта вимога: заміну інструментів бажано виконувати при будь-якому положенні шпindelної бабки.

У верстатобудуванні використовують принцип агрегування. Стосовно до магазинів і механізмів автоматичної заміни інструментів це означає розроблення конструкцій, які дозволяють один і той самий тип магазину, пристрої АЗІ використовувати на різних верстатах або, залежно від умов виробництва, де працює верстат, оснащувати його магазинами різних типів (п'ята вимога).

Дуже важливими вимогами до будь-якої системи заміни інструменту є простота і безпека обслуговування, доступність механізмів і пристроїв, зручність налагодження і переналагодження, ремонтпридатність. Забезпечити виконання всіх цих вимог удається далеко не завжди. Створення досконалих систем автоматичної заміни інструменту являє собою складну конструкторсько-технологічну проблему.

Для зручності аналізу пристроїв АЗІ розглянемо їх класифікацію. За кількістю та видами замінних інструментів пристрої АЗІ бувають: для поодиноких інструментів; для одно- і багатшпindelних інструментальних головок і плансупортів. За складом пристрою АЗІ поділяють на пристрої без автооператора, з автооператором, з позицією очікування, з проміжним носієм і автооператором, з револьверними головками. За відносним розташуванням інструментів у магазині і шпindelі верстата пристрої АЗІ поділяють на пристрої АЗІ для БВ з співвісним, паралельним і кутовим відносним розташуванням інструментів. За типами БВ можна виділити пристрої АЗІ для БВ з горизонтальним, вертикальним розташуванням шпindelя і для поздовжньо обробних БВ. Принципи дії та особливості основних типів пристроїв АЗІ розглянемо відповідно до цієї класифікації. Основну увагу звернемо на пристрої для заміни одиночних інструментів як найбільш поширені.

Пристрої АЗІ для БВ зі співвісним розташуванням інструментів. При співвісному розташуванні інструментів у гнізді магазину і шпindelі БВ під час заміни інструментів досить повернути магазин до суміщення гнізда магазину з віссю шпindelя, а потім, переміщаючи шпindel уздовж осі, виштовхнути інструмент з магазину і закріпити в шпindelі. Повернення

відпрацьованого інструменту в шпindelю виконується у зворотному порядку. Спосіб приваблює своєю простотою, оскільки не потребує транспортувальних механізмів. Схеми дії таких пристроїв показано на рис. 7.3. Широко відомий пристрій, показаний на рис. 7.3, а. Магазин на 12 інструментів виконано у вигляді масивного барабана з похилою віссю повороту. Вісь інструментального гнізда, що знаходиться в момент заміни інструменту в нижньому положенні, збігається з віссю шпинделя.

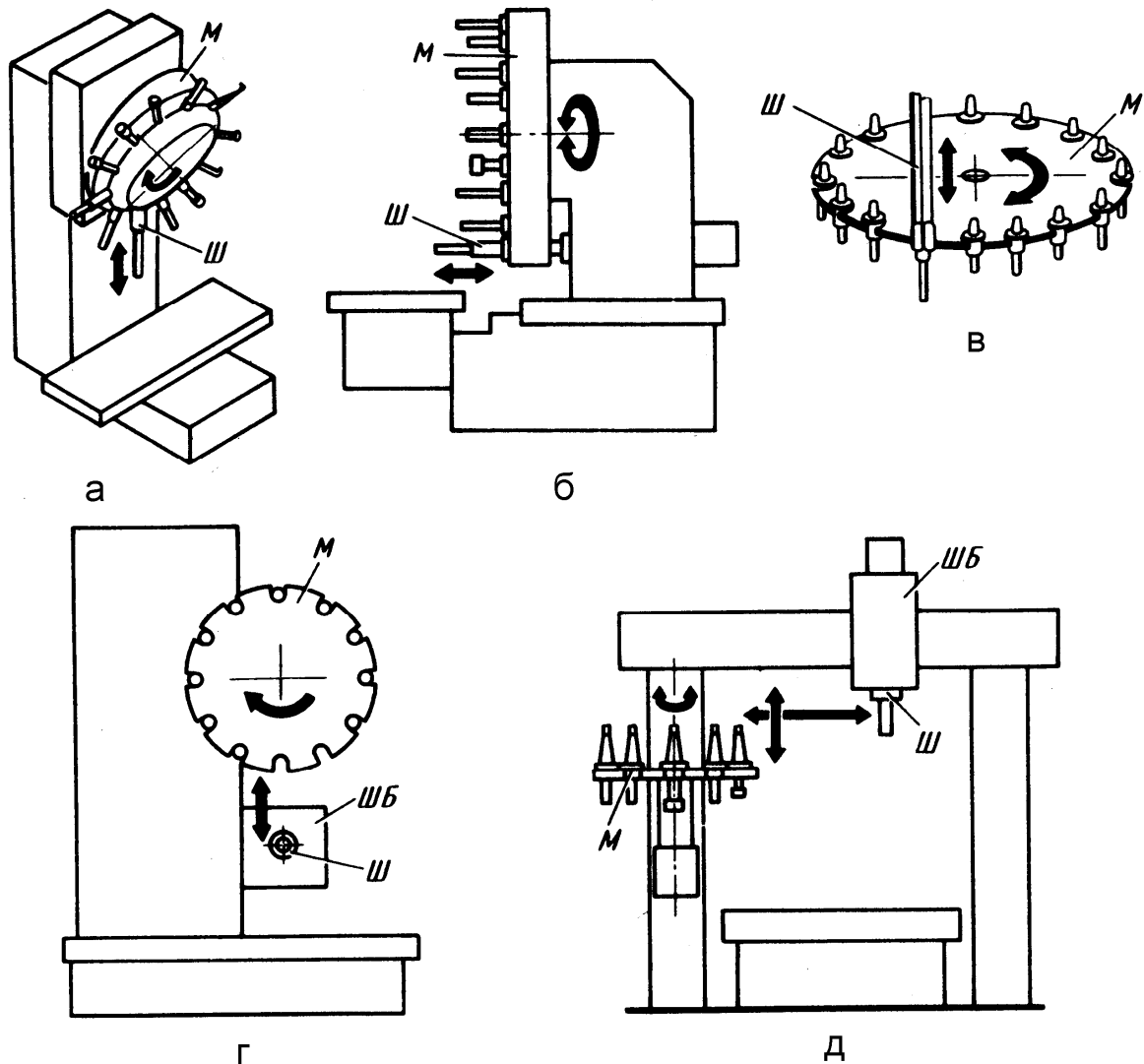


Рис. 7.3. Заміна інструментів при розташуванні в магазині та шпинделі:
а – в – співвісному; г , д – паралельному

При русі вниз шпindelю захоплює інструмент за оправку і переміщує його до заготовки. Затиснення оправки в шпинделі виконується автоматично. При ході пінолі шпинделя у верхнє положення інструментальна оправка з інструментом автоматично від'єднується від шпинделя і залишається в гнізді магазину. При крайньому верхньому положенні шпинделя магазин повертається – відбувається пошук

наступного заданого програмою інструменту. Кут повороту визначається номером гнізда, в якому знаходиться потрібний інструмент. Після використання інструмент повертається в те ж гніздо. Пошук інструменту відбувається при зупиненому шпинделі (у його верхньому положенні). Час на поворот магазину не збігається з машинним часом.

У верстаті горизонтальної компоновки фірми Wyssbrod (Швейцарія) вісь магазину місткістю 20 інструментів розташована горизонтально (рис. 7.3, б). Видача інструменту з магазину відбувається при ході вперед пінолі шпинделя – так само, як у схемі рис. 7.3, а. Верстат призначено для оброблення дрібних точних заготовок. Аналогічний спосіб для заміни інструментів використано на вертикальному БВ фірми Brown & Sharpe (США) (рис. 7.3, в). Розглянутий спосіб заміни інструменту має суттєві недоліки: 1) піноль шпинделя здійснює тривалі допоміжні ходи, необхідні для подачі інструменту в робочу зону; при збільшеному вильоті жорсткість шпиндельного вузла недостатня для точної обробки чавунних і сталевих заготовок; 2) максимальна місткість магазину при допустимих габаритних розмірах обмежена необхідністю розміщення гнізд для інструментальних оправок на значній відстані одне від одного, інакше виступаючі з них непрацюючі інструменти будуть заважати інструменту в робочій позиції, 3) для пошуку інструменту магазин має відводитися від заготовки на значну відстань; 4) інструментальний магазин знаходиться в робочій зоні верстата або в безпосередній близькості від неї. Різальний і допоміжний інструмент і механізми магазину легко забруднюються металевим пилом, МОР, дрібною стружкою.

Пристрої АЗІ для БВ з паралельним розташуванням інструментів. Щоб помістити інструментальний магазин поза робочою зоною БВ, його піднімають над шпиндельною бабкою або виносять у бік від неї, а іноді встановлюють на окремий стоек. У всіх цих випадках осі інструментів у магазині й шпинделі БВ не збігаються, але можуть бути паралельними між собою.

У горизонтальному БВ 6305Ф4 (рис. 7.3, г) дисковий магазин розміщено на вертикальних напрямних стояка над шпиндельною бабкою. У порівнянні з розглянутими способами заміни інструментів тут додається рух, необхідний для поєднання осей змінного інструменту і шпинделя. Дисковий магазин опускається і вільним гніздом-вирізом захоплює оправку змінного інструменту (перед цим відбувається автоматичне розкріплення оправки в шпинделі). Потім повзункова бабка переміщується уздовж осі шпинделя, і оправка з інструментом залишається в гнізді магазину. Магазин повертається для пошуку наступного інструменту за його місцем в магазині (у програмі кодується номер гнізда). Після сполучення змінного

інструменту зі шпинделем відбувається хід вперед повзункової бабки, і інструментальна оправка закріплюється в отворі шпинделя. Магазин піднімається за межі робочої зони, шпиндель швидко підводиться до заготовки.

Подібний спосіб заміни інструменту використано і для поздовжньо обробних БВ. На БВ Sass Vertimatic (Італія) дисковий магазин розташовано на бічному стояку і може здійснювати два рухи: поворот для пошуку замінного інструменту і переміщення уздовж своєї осі для заміни інструменту (рис. 7.3, д). Після виконання чергового переходу шпиндельна бабка здійснює швидкий хід вліво до суміщення осі відпрацьованого інструменту з вільним гніздом магазину. Магазин піднімається, забирає оправку з інструментом зі шпинделя (до цього моменту оправка автоматично розкріплюється), опускається, повертається для пошуку наступного інструменту і знову піднімається, заштовхуючи інструмент в шпиндель, після чого він закріплюється в шпинделі. Магазин опускається в нижнє положення, а шпиндельна бабка здійснює швидкий хід вправо для оброблення чергової поверхні заготовки.

Загальний недолік двох наведених схем – значні втрати часу на допоміжні ходи магазину або шпиндельної бабки у зв'язку з їх великою масою.

Пристрої АЗІ для БВ з паралельним розташуванням інструментів. Прискорити перенесення і заміну інструментів при розміщенні магазину поза робочою зоною можна за допомогою автооператора.

На БВ з горизонтальним шпинделем ІР500МФ4, ІР800МФ4 і багатьох зарубіжних верстатах установлюють інструментальний магазин М на стояк верстата (рис. 7.4, а). Для зв'язку магазину зі шпинделем Ш верстата використовують автооператор А з двома захоплювачами. Існують дві принципові схеми роботи автооператора.

У першій схемі (рис. 7.4, б) під час заміни інструментів автооператор здійснює хід знизу вгору, захоплює оправку інструменту, що знаходиться в гнізді, і витягує її в напрямку осі. Інструмент, що знаходиться в шпинделі, замикається захоплювачем при переміщенні корпусу (каретки) автооператора вниз. Потім автооператор ходом уздовж осі шпинделя витягує інструмент, що відпрацював. Далі автооператор повертається навколо своєї осі на 180° – до шпинделя підводиться замінний інструмент; ходом уздовж осі інструмент "заштовхується" в шпиндель, де автоматично закріплюється. Після цього каретка автооператора пересувається вгору для перенесення відпрацьованого інструменту в магазин.

В іншій схемі (рис. 7.4, в) автооператор не має вертикального переміщення. При заміні інструментів автооператор, повертаючись

навколо горизонтальної осі, одночасно захоплює інструменти з магазину і шпинделя, а потім ходом уздовж осі витягує їх, поворотом на 180° міняє місцями і вставляє в магазин і шпиндель. Цикл заміни закінчується поворотом автооператора в горизонтальне нейтральне положення, при якому він не заважає повороту магазину і вертикальному переміщенню шпиндельної бабки. Як видно з рисунка, друга схема відрізняється більш простим циклом роботи автооператора. Проте вона має істотний недолік: при повороті автооператор може зачіпати інструменти, розташовані в сусідніх гніздах магазину. Тому відстань l між гніздами, а отже, максимальне число інструментів у магазині однакового діаметра D буде менше, ніж на схемі на рис. 7.4, б.

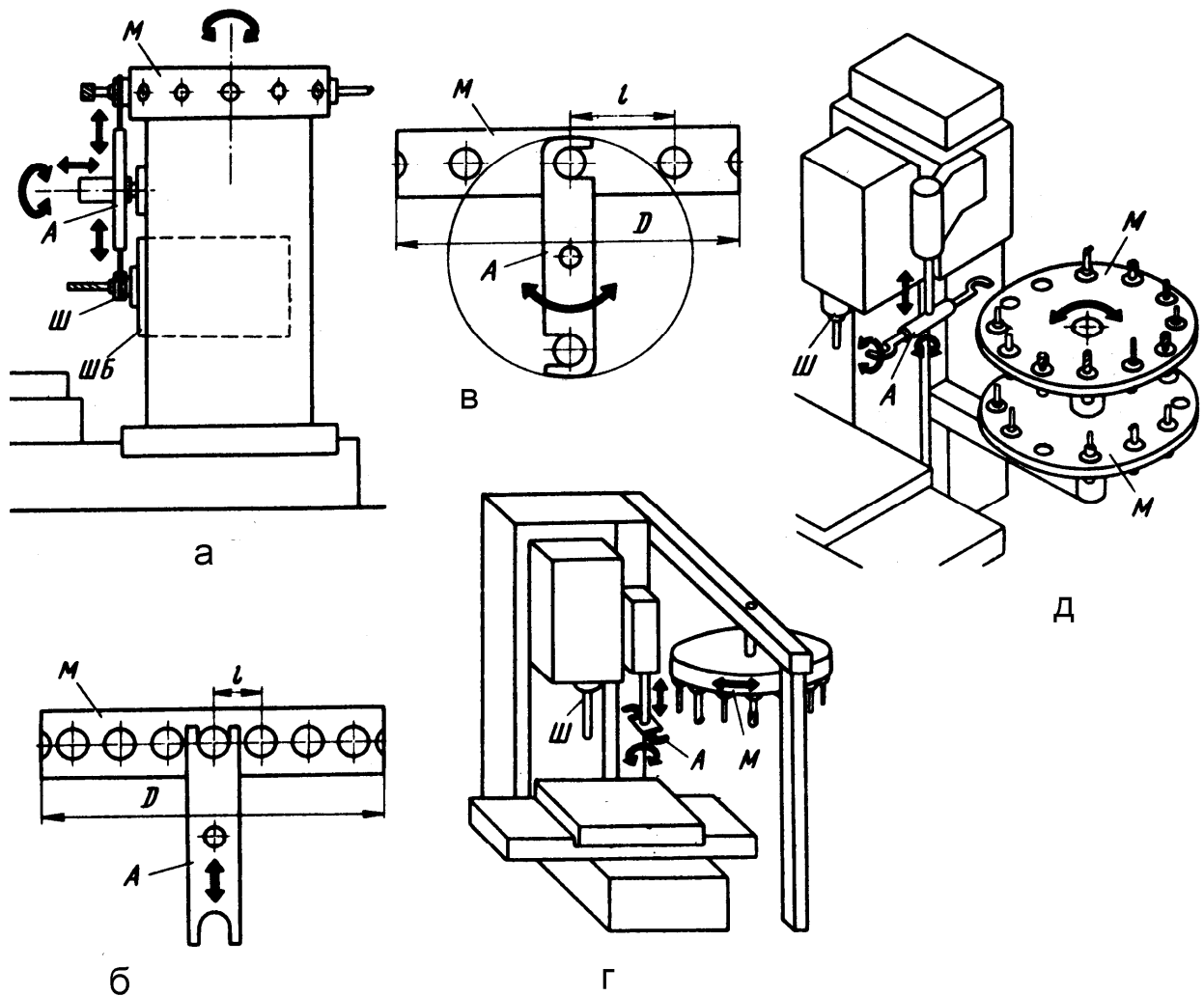


Рис. 7.4. Пристрої АЗІ з автооператором для багатоопераційних верстатів:
а – в – горизонтальних; г, д – вертикальних

У верстаті СМ 213 між шпинделем Ш верстата і магазином М місткістю 30 інструментів розташовано автооператор А, який при повороті забирає оправку з відпрацьованим інструментом зі шпинделя (перед цим оправка

розкріплюється) і новий інструмент з гнізда (рис. 7.4, г). При ході вниз автооператор витягує оправку з інструментами зі шпинделя та магазину, швидко повертаючись на 180° навколо осі, змінює їх місцями і піднімає інструменти вгору в шпиндель і магазин. Потім автооператор повертається в середнє нейтральне положення, щоб не перешкоджати вертикальним переміщенням шпинделя. Для збільшення місткості магазину без збільшення його діаметра використовують дво- і багатодискові магазини. Так, наприклад, у дводисковому магазині верстата фірми Droopri Rein (Німеччина) розміщується 40 інструментів (рис. 7.4, д). Недолік конструювання – значні розміри магазину по висоті і необхідність ускладнення системи керування. Подібні пристрої АЗІ використовують у вертикальному БВ 2254.

У більшості верстатів з розглянутими пристроями АЗІ заміна інструментів може виконуватися тільки при одному положенні шпиндельної бабки. Цього недоліку не має пристрій АЗІ для великих БВ з горизонтальним шпинделем і дисковим (рис. 7.5, а) або ланцюговим (рис. 7.5, б) магазином.

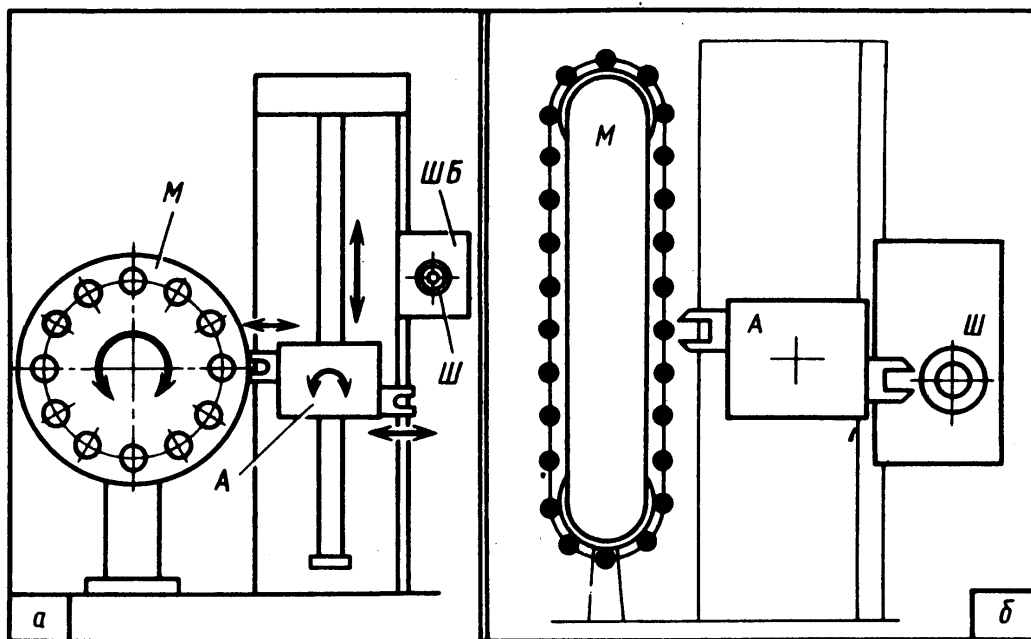


Рис. 7.5. Пристрої АЗІ з автооператором і магазином:
а – дисковим ; б – ланцюговим

Захоплювачі автооператора А можуть висуватися з корпусу каретки, а вся каретка – переміщуватися вгору і вниз на стояку верстата і в напрямку, паралельному осям магазину М і шпинделя Ш. У нижньому положенні каретки, показаному на схемі, лівий захоплювач автооператора, висуваючись, захоплює інструмент з магазину. При ході каретки уздовж осі інструменту він виймається з магазину, і каретка пересувається по стояку

в положення навпроти шпindelьної бабки ШБ. Здійснюючи аналогічний цикл рухів, правий захоплювач автооператора витягує замінний інструмент зі шпинделя, після чого відбувається поворот автооператора і заміна інструментів. Недолік даного компоновання – розміщення дискового або ланцюгового магазину в безпосередній близькості від робочої зони в місці, незручному для завантаження і розвантаження магазину. Недолік пристрою АЗІ – складність конструкції автооператора через необхідність отримання роздільного руху захоплювачів.

Пристрої АЗІ для БВ з кутовим розташуванням інструментів. У таких пристроях доводиться повертати інструмент у процесі заміни в положення, паралельні осям шпинделя та магазину (рис. 7.6, а).

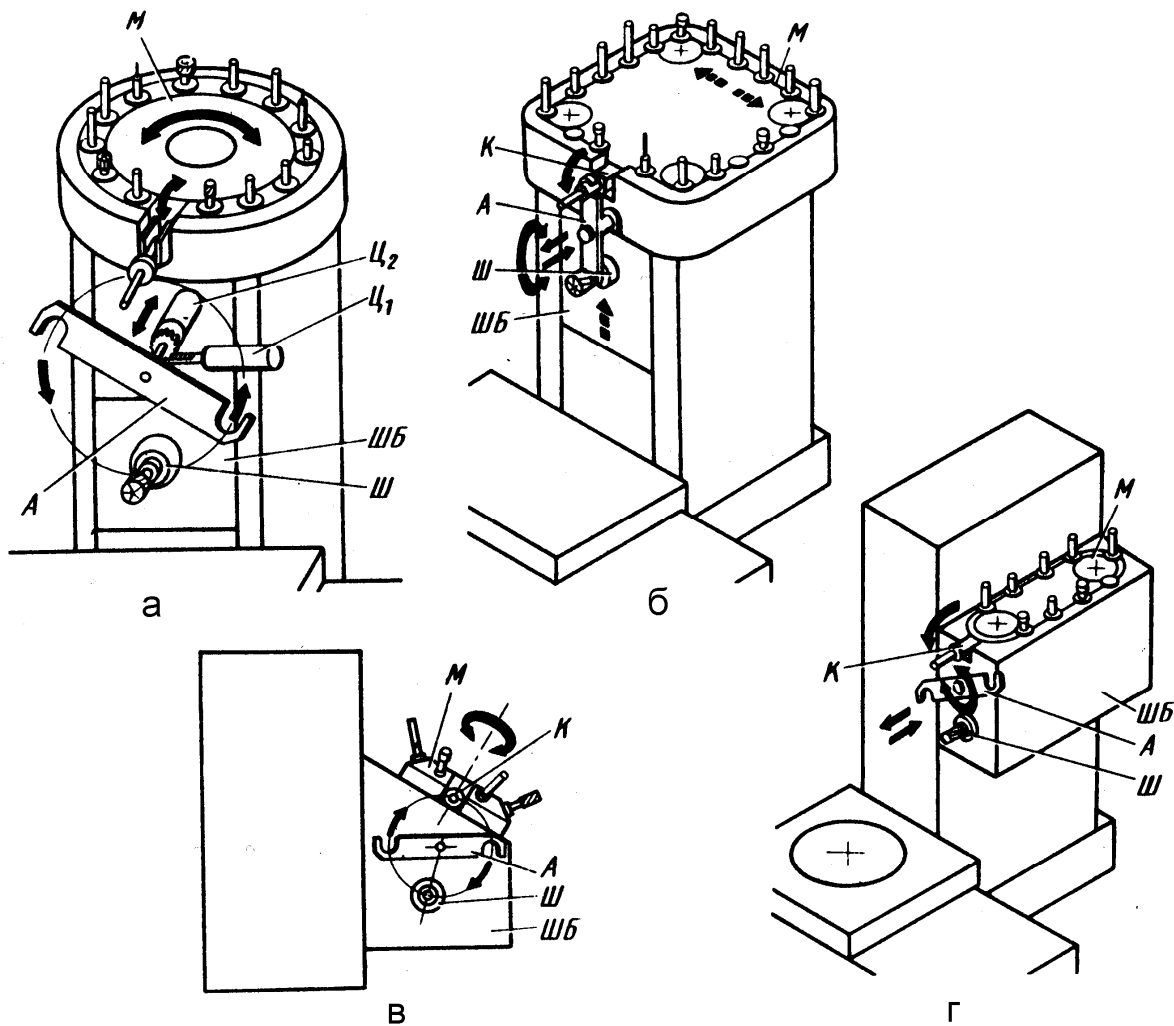


Рис. 7.6. Пристрої АЗІ при розташуванні магазину:
а, б – на стояку; в, г – на шпindelьній бабці

Інструменти, закріплені в оправках, вставляють при налагодженні верстата в гніздо барабанного магазину, розміщеного вгорі стояка горизонтального БВ. Потрапляючи в позицію заміни інструменту, гніздо повертається в горизонтальне положення, і вісь інструменту стає

паралельною осі шпинделя. Цикл заміни інструменту простий: з нейтрального положення автооператора А за допомогою гідроциліндра Ц₁ і рейково-зубчастої передачі автооператор повертається відносно своєї осі, захоплюючи одночасно оправку інструментів, що знаходяться в гнізді магазину і шпинделя. Потім за допомогою гідроциліндра Ц₂ автооператор ходом уздовж своєї осі витягує інструменти з магазину і шпинделя, повертається разом з ними на 180° і змінює інструменти місцями. Після повернення автооператора в нейтральне положення шпиндель починає виконувати черговий перехід. Інструмент, що відпрацював, подається в гніздо, що звільнилося, – на місце вийнятого інструменту. Якщо кодуються гнізда магазину, то перед подачею відпрацьованого інструменту в своє гніздо необхідно буде повернути гніздо, що звільнилося, на 90° (вгору), магазин у положення пошуку гнізда відпрацьованого інструменту, а потім установити гніздо в горизонтальне положення. Увесь цей час шпиндель не працює, і час на заміну інструменту істотно зростає. Замінити інструмент можна тільки при верхньому положенні шпиндельної бабки ШБ.

Замість барабанного магазину може бути встановлено ланцюговий (див. рис. 7.6, б).

Вертикальне (або похиле) положення інструменту в магазині замість горизонтального має деякі переваги: магазин з інструментами має менші розміри в плані, спрощується утримання інструментальної оправки в гнізді магазину (цьому допомагає сила тяжіння), менше небезпека травмування наладчика, що обслуговує верстат, у разі, якщо магазин почне повертатися для пошуку інструменту.

У деяких БВ інструментальний магазин розміщують на корпусі шпиндельної бабки. Місткість магазину невелика, зазвичай 16 – 24 інструменти. Перевага компоновання – шпиндельну бабку або каретку автооператора не потрібно переміщувати при заміні інструментів. Однак бічне відносно стояка розташування шпиндельної бабки спричиняє нерівномірну жорсткість шпинделя при зміні напрямку сили різання під час розточування отворів у корпусних заготовках. У поєднанні зі значною і змінною масою магазину, можливістю передачі вібрацій механізмів шпинделя при пошуку інструменту це суттєво ускладнює досягнення високої точності оброблення.

У багатьох БВ застосовують компоновання з боковим розміщенням інструментального магазину. Таке компоновання обумовлено зручністю доступу до гнізд магазину для завантаження і розвантаження інструментів під час переналагодження верстата або заміни зношеного інструменту.

У верстатах FSP 50H/70H (Японія) автооператор повертається навколо двох осей (рис. 7.7, а). У положенні А₁ він повертається навколо

вертикальної осі і захоплює оправку інструменту, що знаходиться в магазині М. Потім ідуть повороти автооператора до шпindelної бабки ШБ навколо горизонтальної осі в положення A_2 .

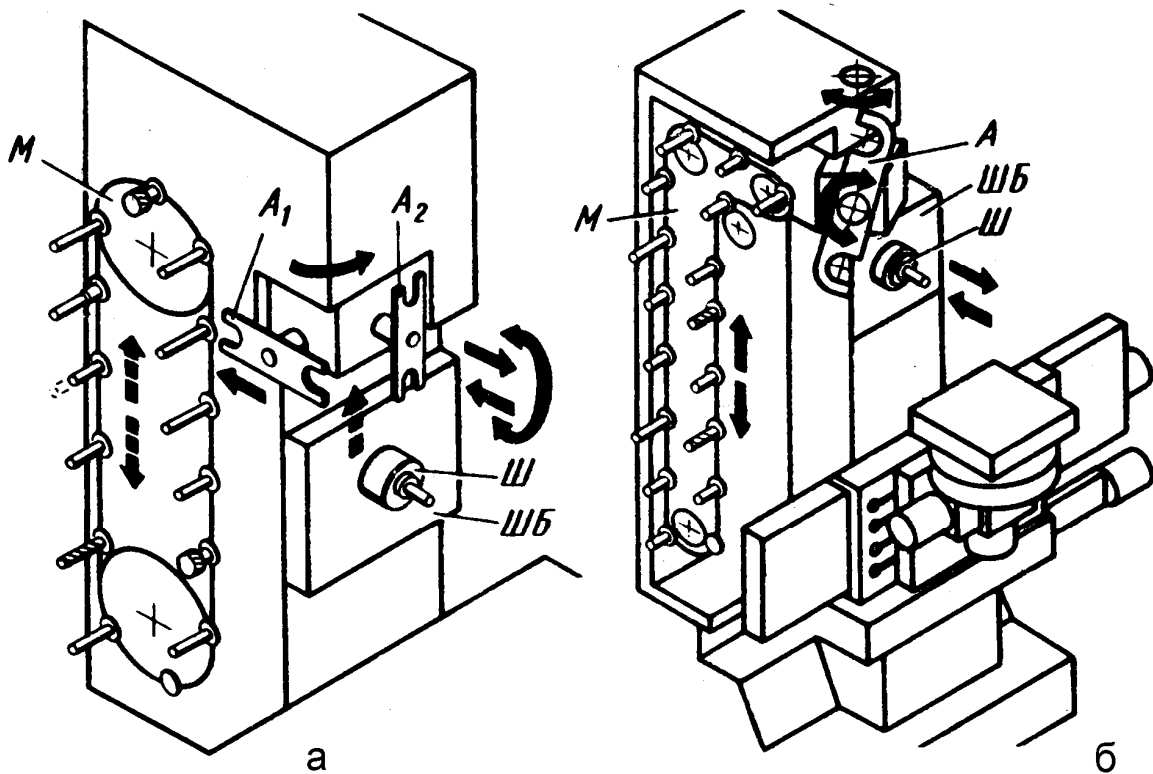


Рис. 7.7. Пристрої АЗІ при бічному розташуванні магазину на горизонтальних БВ

Для заміни інструментів шпindelна бабка піднімається кожного разу у верхнє крайнє положення. У верстаті 6А76ПМФ2 (рис. 7.7, б) автооператор А захоплює і рухом уздовж своєї осі витягує оправку з гнізда ланцюгового магазину місткістю 30 інструментів, повертається навколо вертикальної осі, після чого другим вільним захоплювачем витягує оправку з інструментом зі шпинделя Ш (при цьому автооператор повертається відносно своєї горизонтальної осі). Потім відбувається поворот автооператора А з інструментами на 180° , і потрібний інструмент подається в отвір шпинделя. Далі, вже під час роботи шпинделя, автооператор переносить відпрацьований інструмент у гніздо магазину. Шпindelна бабка ШБ цього верстата не має вертикального переміщення, і інструмент замінюється за 5 – 6 с. Рухи подачі отримують горизонтальний і вертикальний поворотні столи верстата.

У вертикальному верстаті 243ВМФ2 (рис. 7.8, а) автооператор установлено в корпусі, який для переводу замінюваного інструменту у вертикальне положення повертається навколо горизонтальній осі (з положення A_1 в положення A_2). У верстатах інших моделей для цього використовується криволінійний паз-копір, що забезпечує поступове

опускання і поворот автооператора перед заміною інструменту (рис. 7.8, б).

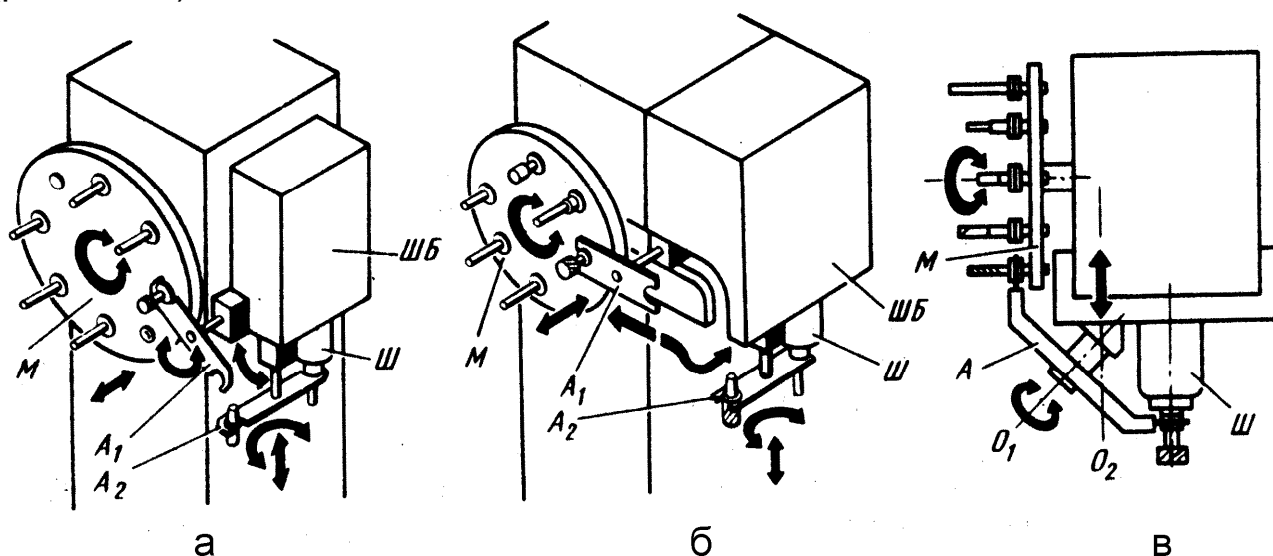


Рис. 7.8. Пристрої АЗІ з дисковими магазинами БВ:
а, б – вертикальних; в – горизонтального

Місткість бокового магазину для розглянутих схем зазвичай становить 20 – 30 інструментів, заміна виконується за 5 – 8 с.

Становить інтерес пристрій АЗІ для БВ зі взаємно перпендикулярним розташуванням інструментів у магазині й шпинделі. Вісь повороту O_1 автооператора А розташована на половині кута між магазином М і шпинделем Ш (рис. 7.8, в). Для виймання і вставляння інструментів автооператор рухається паралельно осі шпинделя (уздовж осі O_2). При цьому він витягує інструментальну оправку з дискового магазину в радіальному напрямку. У пристрої АЗІ цих верстатів передбачено кодування інструментальних оправок. Автооператор установлено на шпиндельній бабці. На заміну інструменту витрачається близько 9 с, а час «від стружки до стружки» у середньому вдвічі більше.

До особливої групи пристроїв АЗІ можна віднести пристрій, в якому між магазином і автооператором є позиція очікування. У цій проміжній позиції може перебувати інструмент, підготовлений для подачі в шпиндель, або інструмент, що вже закінчив роботу і очікує повернення у своє гніздо магазину. Поряд з перевагою такий спосіб заміни інструменту має істотний недолік: необхідно встановлювати додатковий автооператор для передачі інструменту з магазину в позицію очікування і назад. На схемах 1 – 7 (рис. 7.9) показано послідовність заміни інструменту у верстатах.

Додатковий автооператор ДА, розташований усередині барабанного магазину М, має один захоплювач. Зміщуючись у радіальному напрямку (схема 1), він захоплює оправку інструменту, що знаходиться в магазині, і

витагує її з гнізда (схема 2). Потім відбуваються додаткове радіальне переміщення (схема 3) автооператора до суміщення оправки з гніздом позиції очікування ПО і поздовжній хід (схема 4).

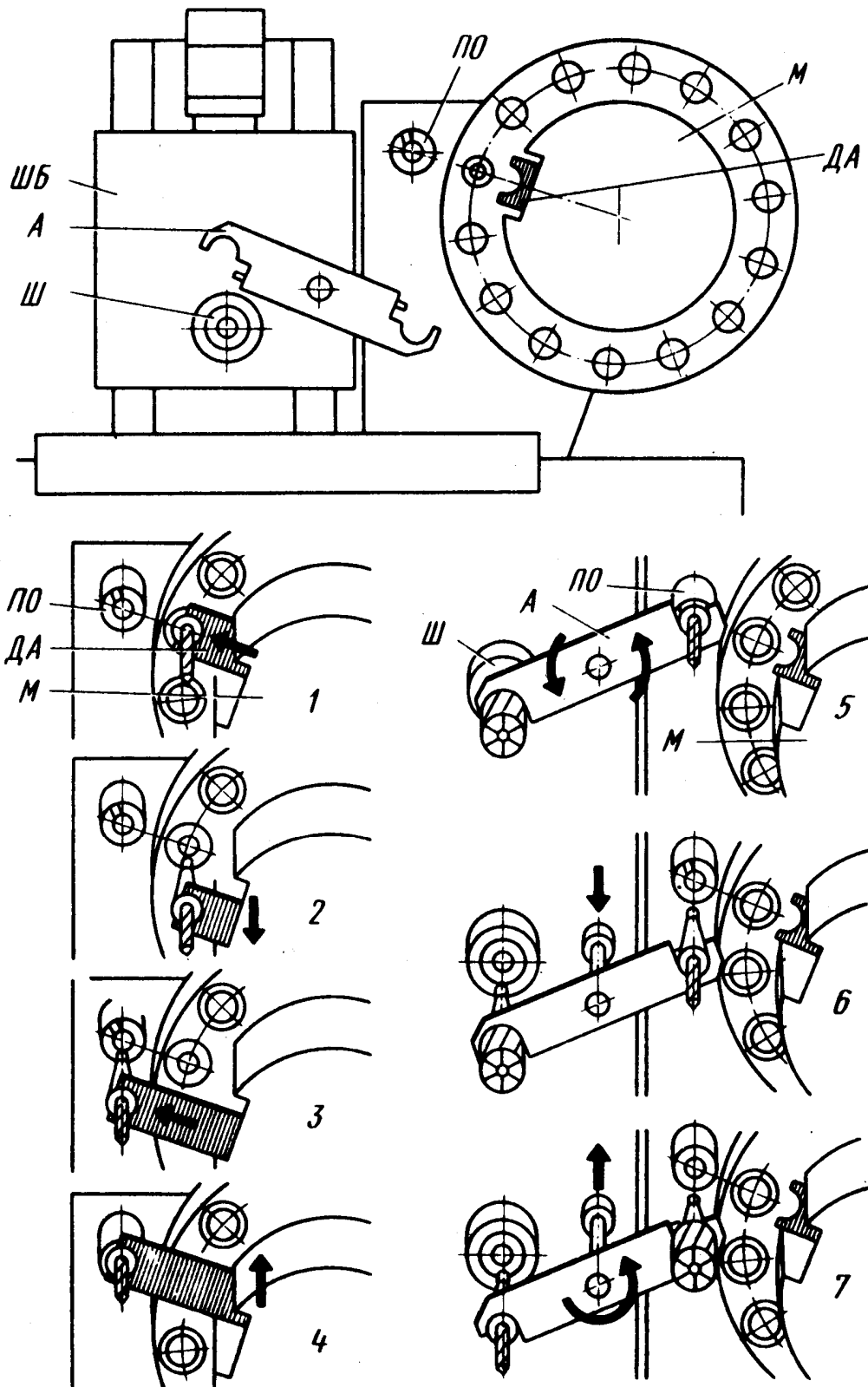


Рис. 7.9. Пристрій АЗІ з використанням позиції очікування:
1 – 7 – послідовність заміни інструментів

Після фіксації оправки в гнізді автооператор ДА повертається у вихідне положення. Весь цей час верстат працює, виконуючи черговий перехід. Після його закінчення шпindelна бабка ШБ піднімається в позицію заміни інструменту. Основний оператор А, повертаючись навколо своєї осі, одночасно витягає оправку з інструментами зі шпинделя і гнізда позиції очікування і міняє їх місцями (схеми 5 – 7).

Шпindelна бабка подається в робочу позицію, починається наступний перехід. У цей же час поворотом магазину гніздо інструменту, що займає позицію очікування, підводиться до позиції заміни, додатковий автооператор переносить інструмент з нього в магазин. Відбувається пошук наступного інструменту, який доставляється в позицію очікування.

Використання позиції очікування обумовлено таким. Поворот магазину для пошуку потрібного інструменту, перенесення цього інструменту в позицію очікування, а також поворот магазину для пошуку замінного інструменту і перенесення в це гніздо інструменту з позиції очікування відбуваються під час роботи верстата. Це зручно в тих випадках, коли кодуються гнізда магазину, і тому неможливо вставити відпрацьований інструмент у гніздо, звідки щойно витягли інший інструмент.

Розглянемо пристрій заміни інструментів з використанням позиції очікування на горизонтальному БВ (рис. 7.10). Магазин розміщено на бічній стороні стояка, і осі інструментів у магазині і шпинделі взаємно перпендикулярні. Тому позицію очікування виконано у вигляді гнізда, що повертається відносно вертикальної осі. Основний А і додатковий ДА автооператори здійснюють переміщення у взаємно перпендикулярних площинах. Інструмент, призначений для подачі в шпindel, подається в позицію заміни поворотом дискового магазину М. Додатковий автооператор ДА рухом у напрямку стрілки 1 захоплює інструментальну оправку і ходом 2 витягує її з магазину. Далі відбувається хід 3 автооператора до суміщення осі інструментальної оправки з віссю гнізда позиції очікування. Ходом 4 оправка з інструментом подається в гніздо. Додатковий автооператор ДА повертається у вихідне положення. Підготовка до заміни інструментів, яка виконується під час роботи верстата, закінчується поворотом гнізда позиції очікування ПО на 90° навколо вертикальної осі, тобто переміщенням з положення 1 в положення П (нове положення гнізда показано на схемі тонкими лініями), – хід 5. По закінченні роботи інструменту, що знаходиться в шпинделі, автооператор А, повертаючись навколо горизонтальної осі (хід 6), захоплює одночасно оправку замінного і нового інструменту, витягує їх (хід 7) з гнізда і шпинделя і, повертаючись на 180° (хід 8), міняє їх місцями. Ходом 9 оправка подається в гніздо ПО і шпindel Ш.

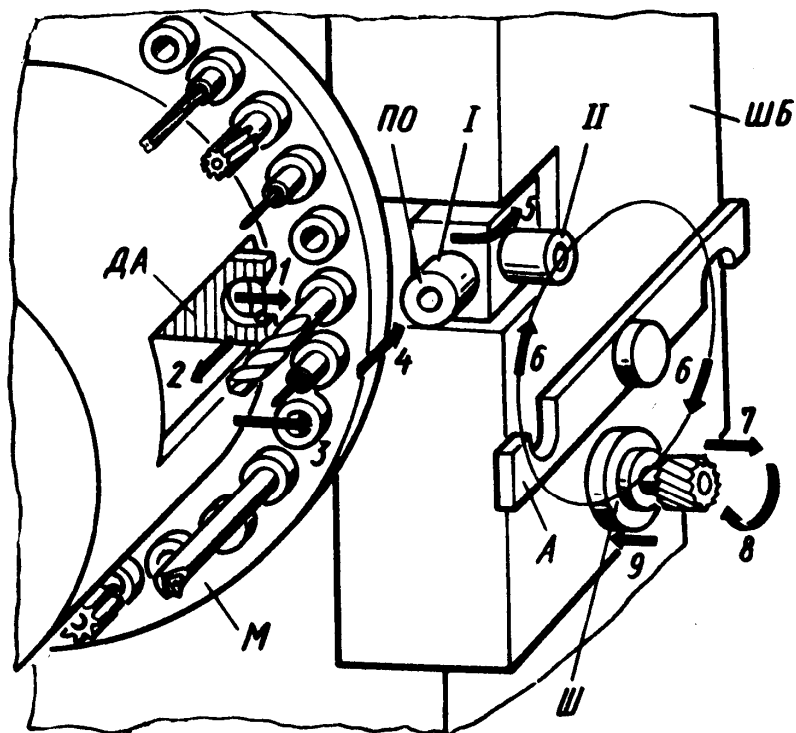


Рис. 7.10. Пристрій АЗІ з використанням позиції очікування горизонтальних БВ

Для повернення відпрацьованого інструменту в магазин гніздо ПО повертається на 90° , потім до роботи залучається автооператор ДА. У верстаті прийнято таку систему кодування гнізд магазина: кожен інструмент має повернутися у своє гніздо. Тому під час виконання робочого переходу і заміни інструменту в шпинделі здійснюється пошук потрібного гнізда магазина. Інструмент замінюється при будь-якому положенні шпиндельної бабки, оскільки магазин переміщується по вертикальних напрямних стояка верстата спільно зі шпиндельною бабкою.

Конструкторам вертикального верстата Mitsui Seiki VP4A (Японія) вдалося поєднати в одному вузлі функції додаткового автооператора, кантувача і позиції очікування (рис. 7.11). Корпус додаткового автооператора ДА закріплено на кінці штока гідроциліндра Ц, який може повертатися відносно горизонтальної осі. На початку циклу заміни інструменту ДА знаходиться в крайньому лівому положенні. Він захоплює оправку з інструментом з гнізда дискового магазина М і переміщується вправо. Тут корпус ДА перекидається в положення, показане на схемі, й інструмент виявляється в позиції очікування. У потрібний момент автооператор А робить заміну інструментів в шпинделі Ш – захоплення поворотом навколо своєї осі, витягування, поворот на 180° , заміна інструменту.

На БВ, призначених для оброблення складних заготовок, що потребують використання багатьох десятків інструментів, часто

встановлюють декілька магазинів обмеженої місткості замість одного. Це дозволяє зменшити габарити і спростити конструкцію кожного з них, скоротити час пошуку інструменту. Разом з тим ускладнюється заміна інструментів.

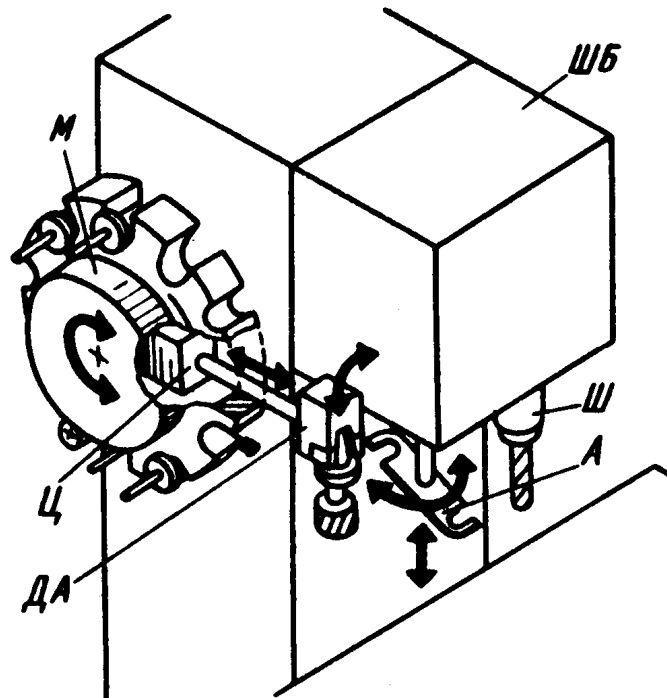


Рис. 7.11. Пристрій заміни інструментів комбінованим автооператором

У верстатах Cincinnati-Milacron (США) (рис. 7.12) передбачена можливість установлення від одного до трьох ланцюгових інструментальних магазинів (M_1-M_3) місткістю по 30 шт. Усі магазини однакової конструкції, тобто використано модульний принцип проектування.

Для заміни інструментів використано принцип заміни з позиції очікування. Поворотне гніздо позиції очікування ПО розміщено так само, як автооператор А на шпindelній бабці ШБ. Заміна інструменту проводиться при будь-якому положенні шпindelної бабки. Це досягнуто шляхом установлення додаткового автооператора ДА, що має, на відміну від інших пристроїв з позицією очікування, не тільки рухи для перенесення інструментів з магазину в цю позицію і назад, але й ще один рух – вертикальний по спеціальних напрямних стояка. Автооператор ДА може забрати оправку з інструментом з гнізда будь-якого магазину. Для цього він повертається відносно горизонтальної осі (хід 1 на схемі рис. 7.12), витягує оправку з інструментом з магазину (хід 2) і переносить на рівень позиції очікування, де вставляє оправку в її гніздо (ходи 3 і 4). Після цього разом з оправкою ДА повертається, і підготовка до заміни інструменту

закінчується. Безпосередньо заміна інструментів в шпинделі виконується, як у багатьох інших верстатах, автооператором А.

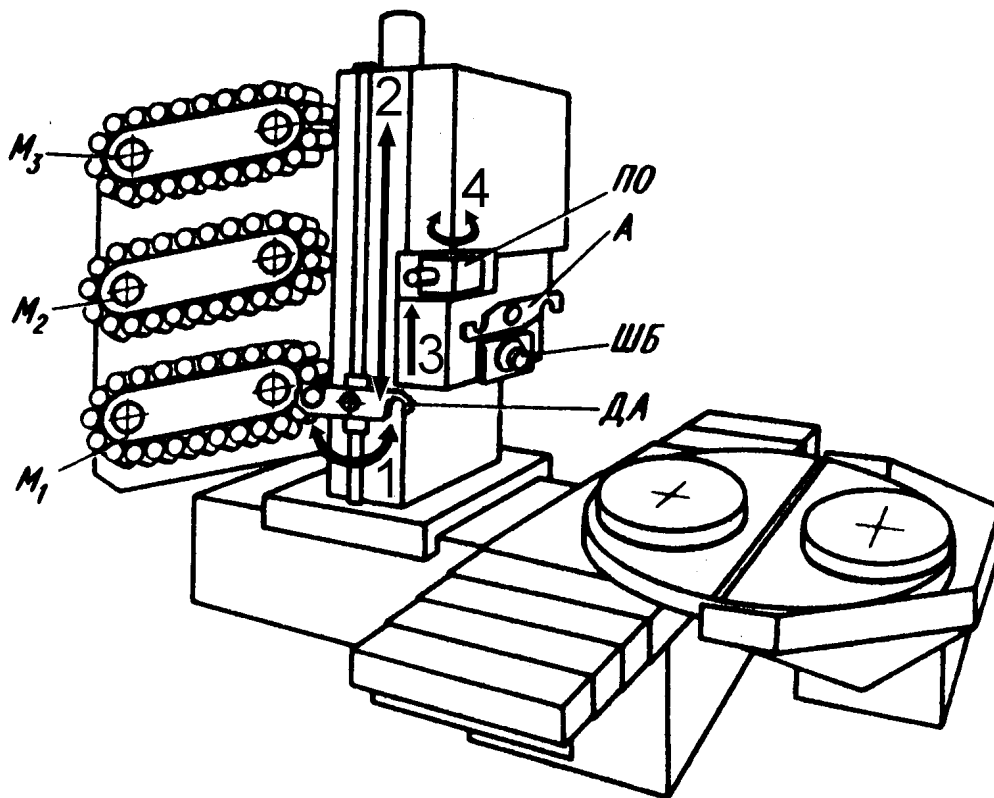


Рис. 7.12. Пристрій А3І для БВ з трьома змінними магазинами

Прагнення віддалити інструментальний магазин від робочої зони БВ привело до розроблення пристроїв А3І, де окрім основного автооператора є який-небудь проміжний носій, що забезпечує зв'язок між шпиндельною бабкою і магазином.

Одним із прикладів такого рішення може бути БВ, призначений для оброблення складних заготовок масою до 12000 кг. Два ланцюгових магазини M_1 і M_2 (рис. 7.13, а) місткістю 60 інструментів кожен розміщено в загальному корпусі, встановленому на полозках верстата. Вони приводяться в рух електродвигуном Д через зубчато-ремінну 15, черв'ячну 14 передачі та провідні ролики 13 і 16. Сегменти 5 підтримують і натягують ланцюг. Кожна ланка ланцюга магазину має гніздо (рис. 7.13, б) з пластмасовою конічною втулкою 27 для інструментальної оправки 26 із закріпленим у ній інструментом 25. Оправка утримується в гнізді підпружиненим фіксатором 28. У пристрої А3І є два автооператори. Основний автооператор А (див. рис. 7.13, а) виконано у вигляді двозахоплювального поворотного важеля 6. Інструментальна оправка утримується в кожному захоплювачі автооператора упором 3 і фіксатором 2, який переміщується штоком гідроциліндра 8, куди подається під тиском по каналу С масло від насоса.

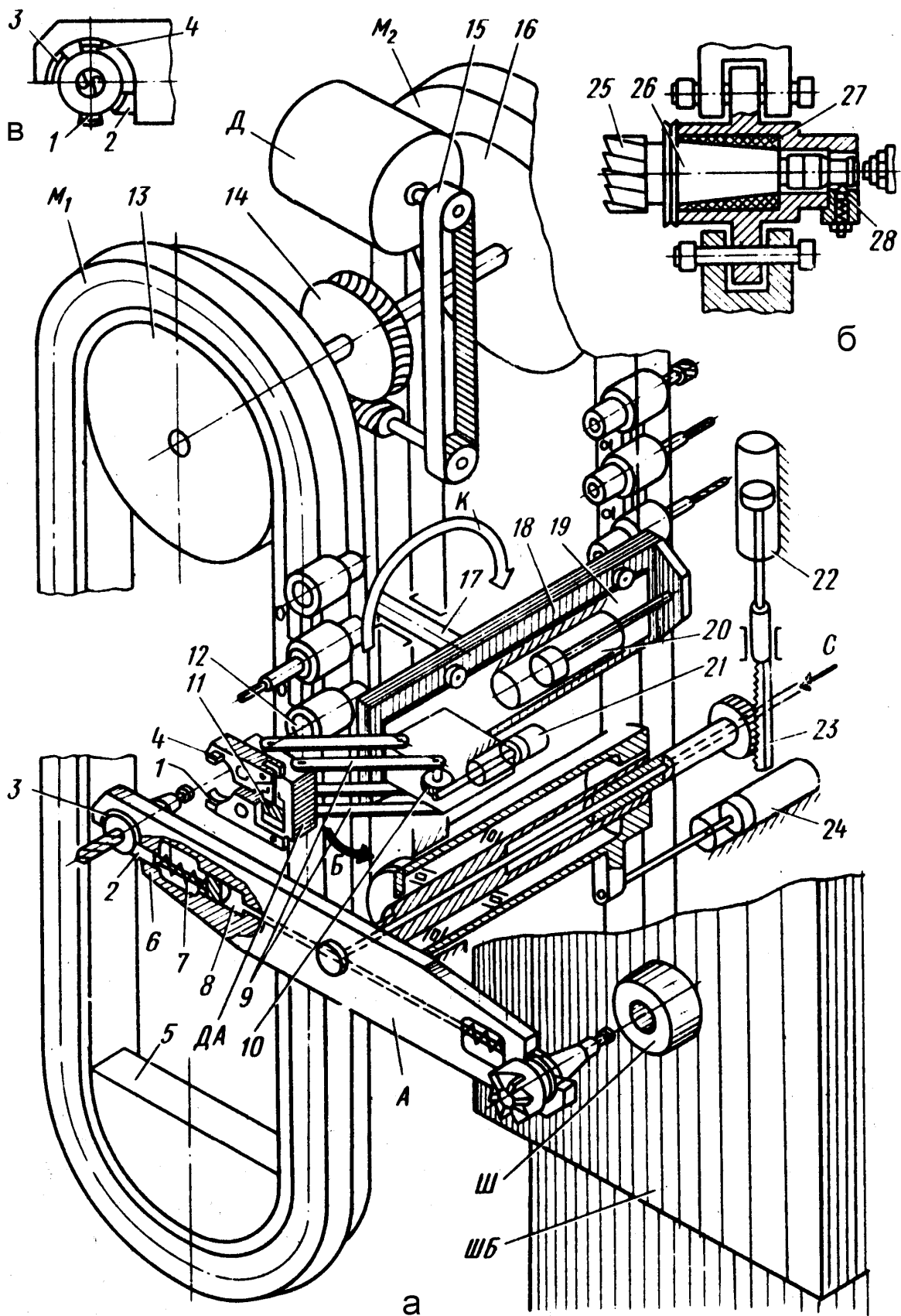


Рис. 7.13. Пристрій АЗІ для БВ з двома магазинами

Для звільнення оправки масло зливається, і фіксатор 2 відходить від оправки під дією пружини 7. Так само як і в ряді інших раніше розглянутих

пристроях АЗІ, автооператор А має два рухи: поворот відносно горизонтальної осі (за допомогою гідроциліндра 22 і шестірньо-рейкової передачі 23) і переміщення уздовж осі (за допомогою гідроциліндра 24).

Другий, додатковий автооператор ДА пов'язує перший автооператор з магазинами. Коли автооператори зближуються, захоплювачі 1 і 4 автооператора ДА розташовуються між упором 3 і фіксатором 2 основного автооператора А (див. рис. 7.13, в), гідроциліндр 11 повертає важелі захоплювачів 1 і 4, після чого вони затискають інструментальну оправку. Фіксатор 2 відходить, і відбувається передача інструменту від одного автооператора до іншого. Для перенесення інструменту з оправкою в гніздо 12 магазина каретка 19 автооператора ДА переміщується вправо по напрямних кочення гідроциліндром 20. Після цього захоплювачі ДА розкриваються, і він відходить у нейтральне положення, щоб не заважати руху ланцюга для пошуку наступного інструменту (у верстаті кодуються гнізда магазина). Для обслуговування магазина M_2 автооператор ДА гідроциліндром 21 за допомогою рейкової передачі 10 і важеля 9 відводиться убік за стрілкою Б. Його корпус 18 повертається навколо осі 17 на 180° (стрілка К) за допомогою приводу, який не показано на схемі. Після цього ДА витягує інструмент з гнізда магазина M_2 і разом з ним повертається в положення, показане на рис. 7.13, а, для передачі інструменту в раніше звільнений захоплювач автооператора А.

У поздовжньо-обробних БВ доцільно розміщувати інструментальний магазин на одному зі стояків або поруч з ним. У цьому випадку зручно встановлювати або виймати інструменти при налагодженні верстата, магазин віддалено від робочої зони.

Таке компонування прийнято в БВ 6620МФ4 (рис. 7.14, а). Дисковий магазин М виконано у вигляді самостійного агрегату з приводами повороту диска (для пошуку інструменту) і вертикального переміщення. Корпус КА автооператора А прикріплено збоку до шпindelної бабки ШБ і при позиціонуванні він переміщується разом з нею. Зв'язок між автооператором і магазином забезпечує проміжний носій Н, установлений на каретці КН. У крайньому лівому положенні каретки КН носій Н захоплює за оправку потрібний інструмент і ходом вгору витягує його з магазина. Каретка здійснює хід вправо з положення 1 в положення 2, де вона автоматично зчіплюється з корпусом автооператора КА. Тепер автооператор може, повертаючись, захопити одночасно інструменти, що знаходяться в шпинделі та проміжному носії. При ході вниз, повороті на 180° і поверненні у вихідне положення автооператор міняє інструменти місцями, а потім повертається в середнє нейтральне положення, яке не заважає роботі шпинделя. Починається черговий перехід, під час якого

проміжний носій транспортує відпрацьований інструмент у магазин.

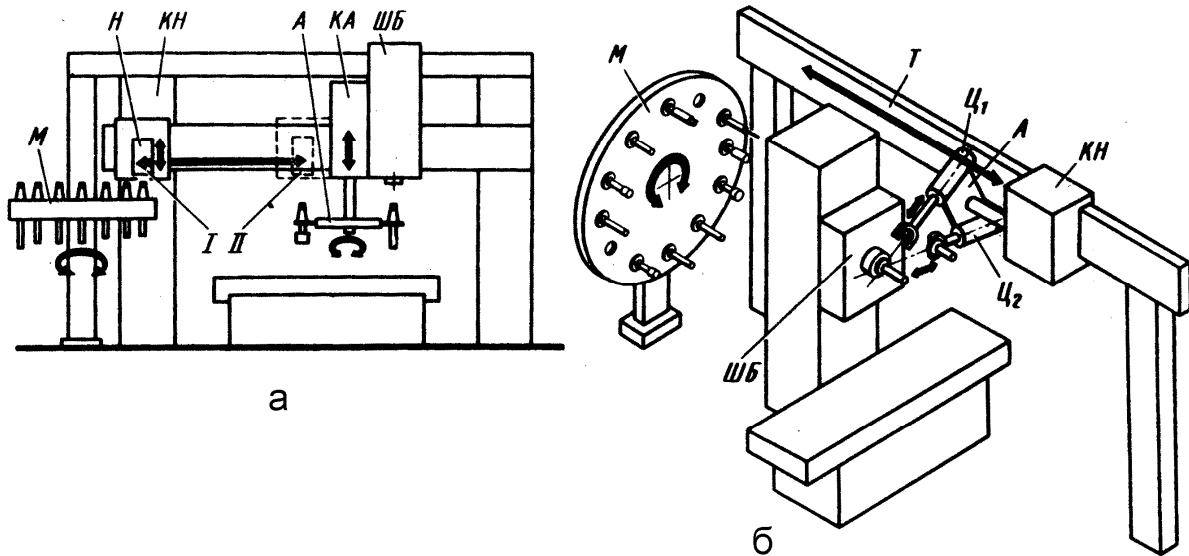


Рис. 7.14. Пристрій АЗІ із застосуванням проміжного носія на БВ:
а – поздовжньо-обробному; б – горизонтальному

Наступні дії – відведення носія для повороту магазину, пошук наступного інструменту, підведення носія для його захоплення і транспортування до автооператора – виконуються під час роботи верстата при будь-якому положенні шпиндельної бабки. Завдяки цьому досягається суттєва економія часу порівняно зі способом заміни інструментів рухом шпиндельної бабки.

У горизонтальному БВ С250/01 NC барабанний магазин на 32 інструменти розміщено на значній відстані від робочої зони на окремому стояку (рис. 7.14, б). Зв'язок магазину зі шпинделем забезпечує автооператор А, закріплений на каретці КН проміжного носія. Автооператор має два захоплювачі з роздільним переміщенням від гідроциліндрів Ц₁ і Ц₂. Зворотно-поступальний рух захоплювачів при заміні інструментів відбувається по прямолінійних траєкторіях, що перетинаються з віссю гнізда магазину або віссю шпинделя. У положенні, показаному на схемі, верхній захоплювач автооператора готується захопити інструмент, що знаходиться в шпинделі. Для цього шток гідроциліндра Ц₁ висуватиметься вперед, при цьому захоплювач затисне оправку інструменту. Після звільнення інструменту каретка КН зміститься вправо, у результаті чого оправка з інструментом буде вилучена зі шпинделя. Шток гідроциліндра Ц₁ відійде разом з захоплювачем і відпрацьованим інструментом. Гідроциліндр Ц₂ підведе нижній захоплювач, що утримує інструмент, підготовлений до заміни. При ході корпусу КН вліво інструмент вставляється в отвір шпинделя і закріплюється там за допомогою оправки. Гідроциліндр Ц₂ відводить

звільнений захоплювач від шпинделя, і корпус КН переміщується по напрямних траверси Т до магазина М. Тут цикл роботи захоплювачів виконується у зворотному порядку. Верхній захоплювач завантажує відпрацьований інструмент у вільне гніздо магазина і відходить, щоб не заважати повороту магазина для пошуку наступного інструменту. Потім нижній захоплювач забирає черговий інструмент з магазина, і каретка КН рухається до шпиндельної бабки ШБ – готується наступна заміна інструменту.

Розташування магазина має бути зручним для завантаження-розвантаження інструменту наладчика, спостереження за зношуванням інструменту, а за необхідності – для тимчасового вилучення для підналагодження на розмір тощо. Усі механізми АЗІ розташовані окремо від верстата, і їх робота не впливає на роботу верстата.

Головні недоліки розглянутого компонування – громіздкість конструкції і велика займана виробнича площа. Застосування цієї схеми виправдано для прецизійних верстатів, де необхідно усунення вібрацій.

Складні конструкторські завдання виникають при проектуванні пристроїв АЗІ, що дозволяють подавати інструмент з магазина не в один, а в два шпинделя, що розташовані взаємно перпендикулярно. Наявність у верстата двох цих шпинделів дозволяє значно розширити технологічні можливості верстата. Якщо на поздовжньо-обробному БВ з вертикальним шпинделем можна з одного установа обробити тільки горизонтально розташовані порожнини заготовки та перпендикулярні до них отвори, колодязі і подібні елементи, то додавання другого горизонтального шпинделя, розміщеного до того ж у поворотній бабці, дозволяє виконати повну обробку складної заготовки з п'яти боків. Прикладом такого пристрою АЗІ може бути система заміни інструментів верстата, наведена на рис. 7.15.

Шпиндельна бабка Ш_Б верстата несе вертикальний Ш_В і горизонтальний Ш_Г шпинделі і може повертатися навколо вертикальної осі на кут, кратний 90°. Заміна інструментів виконується основним А і додатковим ДА автооператорами з використанням проміжного кантувача К. У положенні, показаному на рис. 7.15, а, автооператор ДА вставляє інструмент, витягнутий ним попередньо з магазина М, у гніздо кантувача К (воно є позицією очікування).

Тепер необхідно повернути інструмент у вертикальне положення, паралельне осі вертикального шпинделя ШВ. Після того, як автооператор ДА займає нейтральне положення (поворот за стрілкою 1), гніздо Г кантувача К перекидається (стрілка 2) разом з інструментом і встановлюється вертикально. Починає діяти автооператор А.

Повертаючись (стрілка 3), він захоплює і витягує інструменти з гнізда кантувача і шпинделя (рис. 7.15, б). Потім виконуються звичайні дії із заміни інструменту. Відпрацьований інструмент надходить у потрібне гніздо магазину.

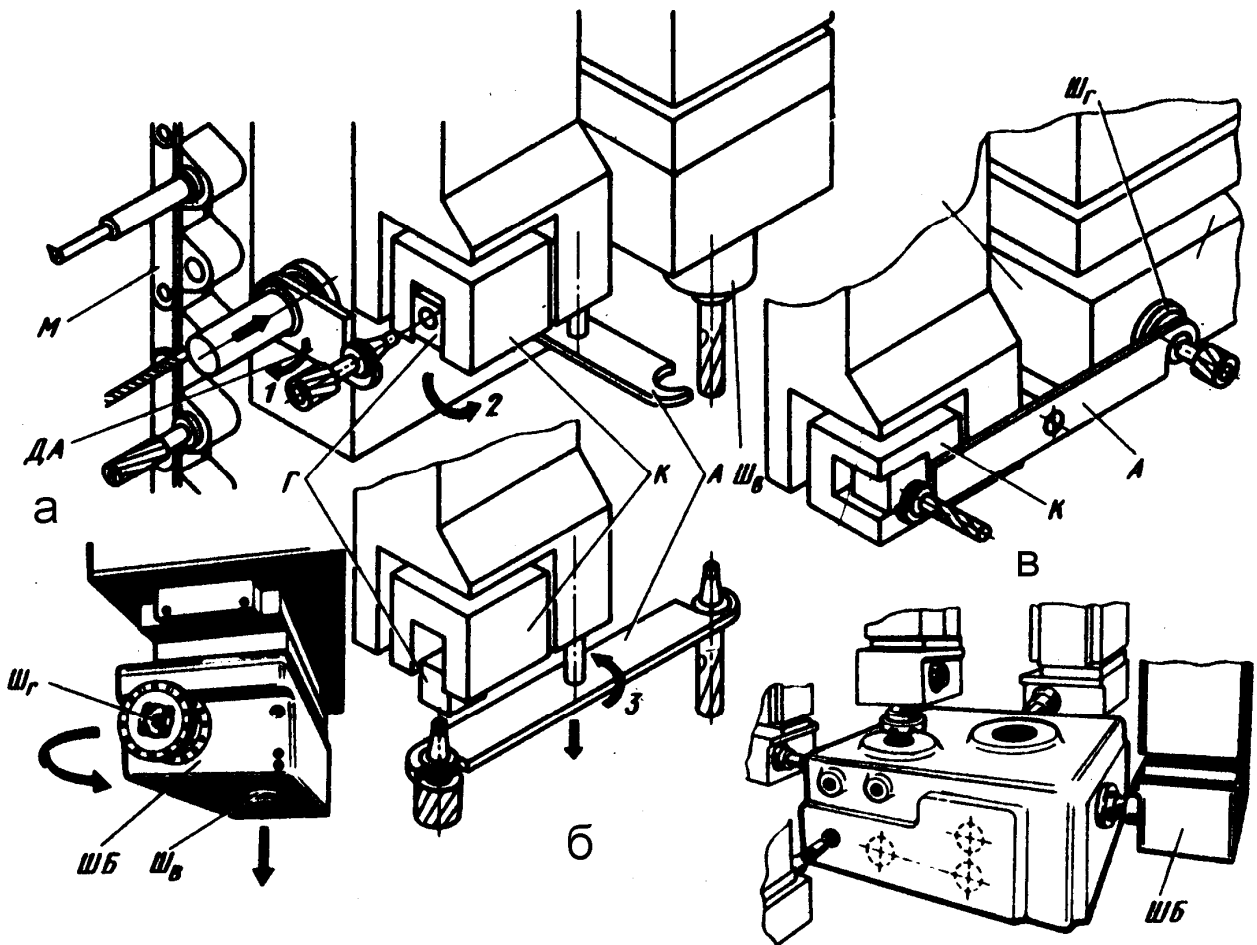


Рис. 7.15. Пристрій А3І у шпинделі:
а, б – вертикальному; в – горизонтальному

Якщо потрібно подати інструмент у горизонтальний шпиндель Ш_Г, то після транспортування його в гніздо кантувача і повороту гнізда на 90° кантувач розгортається навколо горизонтальної осі, і осі змінюваних інструментів опиняються в одній площині. Одночасно відбувається поворот корпусу автооператора А в ту ж площину (рис. 7.15, в), а потім – заміна інструментів.

Види і застосування інструментальних головок. На багатоопераційних верстатах застосовують три види інструментальних головок: одно- і багатоінструментальні (багатошпиндельні), револьверні.

Багатоінструментальні багатошпиндельні головки давно і дуже ефективно використовують на агрегатних верстатах, в автоматичних лініях, у серійному виробництві та на універсальних верстатах

свердлильної групи. У дрібно- і середньосерійному виробництвах використовують переналагоджувальні багатошпindelьні головки.

При дуже малій серійності виробництва використовувати такі головки на багатоопераційних верстатах, як правило, економічно не вигідно через тривалість проектування, виготовлення і високої вартості. Однак при збільшенні серійності доцільно частину отворів у корпусних заготовках обробляти на БВ за допомогою багатошпindelьних інструментальних головок. Для зниження вартості головок їх прагнуть конструювати з уніфікованих деталей, використовуючи засоби автоматизації розрахунку та проектування. Корпуси головок обробляють на багатоопераційних верстатах.

Залежно від розташування груп оброблюваних отворів, відстані між ними й інших факторів корпус багатошпindelьної головки може мати циліндричну (у невеликих головок) або прямокутну форму.

Приклади багато- і одношпindelьних головок показано на рис. 7.16.

Для свердління декількох однакових отворів, розташованих у ряд, зручно є головка, що наведена на рис. 7.16, а. Усі шпindelі головки отримують обертання від ведучого вала 1, що має таку ж форму, як і хвостовик стандартної (для даного типу гнізда шпindelя верстата) інструментальної оправки.

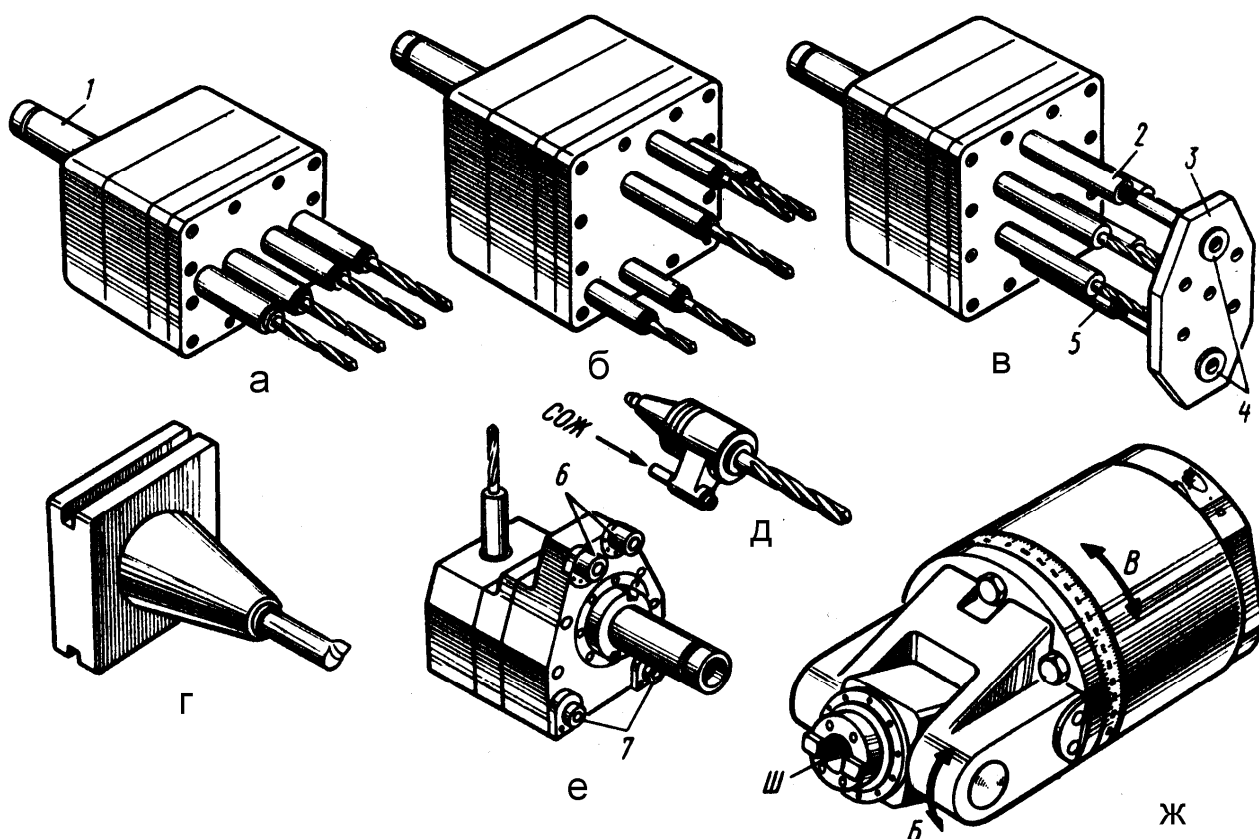


Рис. 7.16. Інструментальні головки для БВ

Багатошпindelна головка, наведена на рис. 7.16, б, призначена для оброблення по-різному розташованих отворів. Головка, показана на рис. 7.16, в, має підвісну кондукторну плиту 3, з'єднану під пружинними штангами 2 і 5 з корпусом головки. Такі головки використовують при великих вильотах свердел і комбінації зі спеціальним пристроєм для закріплення заготовки. Для точної орієнтації кондукторної плити відносно пристрою в плиті є базові втулки 4, а на корпусі пристрою – базові штирі, які сполучаються з втулками при підході головки до робочої позиції. Одноінструментальна головка (рис. 7.16, е) призначена для свердління отворів, перпендикулярних до осі шпинделя верстата. На фланці ведучого вала головки є пази, призначені для передачі валу обертального моменту від шпинделя. Базові втулки 6, 7 служать для з'єднання корпусу головки зі шпindelною бабкою верстата. Одношпindelна головка (рис. 7.16, д) призначена для закріплення свердла з внутрішнім підведенням МОР (мастильно-охолоджувальної рідини). МОР подається трубопроводами в бічний приливок корпусу головки і далі через систему отворів – у центральний отвір свердла, а потім в отвори, розташовані поблизу різальних кромek інструменту.

З'єднання шпинделя головки зі шпindelом верстата в цій конструкції забезпечується конічним хвостовиком, що входить у посадковий конус шпинделя. Корпус головки при роботі інструменту не обертається. Подібну форму мають корпуси швидкосвердлильних і одно- або багатошпindelних головок, призначених для свердління отворів малих діаметрів. Усередині корпусу розміщується система зубчастих передач, що забезпечує збільшення частоти обертання інструментів порівняно з максимальною частотою обертання шпинделя верстата. Бічний приливok і штир на корпусі головки перешкоджають його обертанню.

При обробленні великих заготовок з'являється потреба в обробленні точних отворів, розташованих на значній відстані від торця шпинделя БВ, в глибині заготовки. Для збільшення жорсткості розточувальної оправки її закріплюють у корпусі одношпindelної головки консольного типу (див. рис. 7.16, г).

Одношпindelні головки використовують також для закріплення торцевих фрез великого діаметра, великих розточувальних головок тощо. Для розширення технологічних можливостей важких БВ ефективними є складні одноінструментальні головки різного призначення. Одну з них показано на рис. 7.16, ж. Різальний інструмент вставляється в посадочний отвір шпинделя Ш головки або закріплюється на його торці. Корпус шпинделя можна повертати при налагоджуванні відносно осі (за стрілкою Б) і разом з передньою частиною корпусу головки (за стрілкою В). Завдяки

цьому можна одержати самі різні положення інструменту відносно заготовки при незмінному горизонтальному положенні осі шпинделя верстата.

Система зубчастих передач, розміщених у головці, забезпечує передачу крутного моменту від шпинделя верстата до різального інструменту.

На БВ середніх і великих розмірів застосовуються плансупортні інструментальні головки, або плансупорти.

Плансупорти давно застосовують в універсальних розточувальних верстатах. Різець, розточувальна оправка або інший інструмент закріплюються в супорті С, установленому в напрямних планшайби (звідси й назва: "плансупорт") або корпусу К інструментальної головки (рис. 7.17). При обертанні планшайби або корпусу супорт може переміщуватися в радіальному напрямку за допомогою зубчато-рейкової передачі. Одна з рейок P_1 прикріплена до супорта, друга P_2 пов'язана з тягою Т, що проходить через отвір шпинделя. При переміщеннях тяги уздовж осі шпинделя вона повертає шестірню Шс. Разом з нею повертається друга така ж шестірня, яка пересуває рейку P_1 і супорт з інструментом. Радіальна подача інструменту може бути використана для проточування різних канавок, оброблення кругових пазів фасонної форми, підрізання "зворотних" торців, нарізування різей тощо.

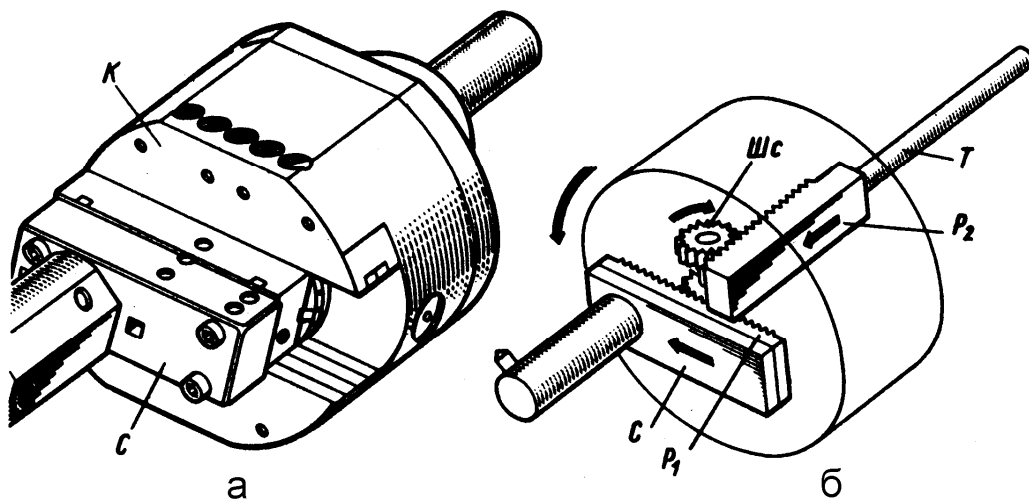


Рис. 7.17. Плансупортна головка: а – загальний вигляд; б – побудова

Плансупортні головки використовують у тих випадках, коли конфігурація і розміри поверхонь обертання не дозволяють обробити їх кінцевими, дисковими або іншими фрезами методом контурного фрезерування або коли оброблення однолезовим інструментом є більш економічним. Застосування плансупортних головок є особливо ефективним для БВ з позиційними системами програмного керування, де

контурне фрезерування виконати неможливо.

Великі одношпindelьні та більшість багатошпindelьних головок мають значні габарити і масу, потребують жорсткого кріплення на верстаті, тому автоматизація заміни інструментальних головок пов'язана з вирішенням специфічних завдань.

Для базування корпусу головки на шпindelьній бабці верстата використовують прямолінійні напрямні та фіксатори або циліндричні й конічні посадкові поверхні. Для закріплення головки використовують найчастіше сухарі, що входять до Т-подібних пазів корпусу, пов'язаних тягами з гідроциліндрами, або поворотні штирі з головками овальної форми, що входять у такі ж отвори корпусу. За допомогою гідроциліндрів штирі проходять через отвори, розгортаються на 90° і зворотним ходом штоків циліндрів щільно підтискають корпус головки до шпindelьної бабки. Корпус закріплюється в чотирьох точках.

Револьверні головки застосовуються як носії інструментів у верстатах з ЧПК. На відміну від головок, що встановлюються на токарно-револьверних верстатах, револьверні головки призначено для оброблення корпусних заготовок інструментами, які обертаються, служать не тільки для закріплення інструментів і подачі в робочу зону верстата, а й для обертання. Тому в корпусі головки доводиться розміщувати зубчасті колеса, підшипники, муфти й інші деталі, необхідні для передачі обертання шпindelю й інструменту, що знаходиться при виконанні чергового переходу в робочій позиції. Револьверна головка має бути високої жорсткості, що дозволяє виконувати грубі роботи і разом з тим забезпечувати високу точність при чистовій обробці. Виконати ці вимоги при прийнятних габаритах корпусу головки дуже важко. Близько розмістити інструменти в револьверній головці неможливо, працюючому інструменту заважатимуть сусідні. Зазвичай головка має п'ять-шість інструментальних гнізд і рідко більше восьми. Тому револьверні головки знайшли широке застосування тільки в БВ токарної групи.

Конструкції револьверних головок для токарних БВ досить різноманітні, але можна виділити два принципово різних типи: для інструментів, що не обертаються (різців, розточувальних пластин, блоків, свердел та інших інструментів для оброблення отворів), і інструментів, що обертаються.

Головки другого типу призначені для установлення свердел та інших інструментів при обробленні отворів, які не збігаються з віссю обертання заготовки (паралельних, перпендикулярних осей обертання), а також для виконання фрезерних та інших робіт. Примусове обертання (від спеціального електро- або гідродвигуна) отримує тільки той інструмент,

який у даний момент знаходиться в робочій позиції револьверної головки (навпроти заготовки). По одній-дві револьверні головки розміщують безпосередньо на супортах токарного БВ або в поворотному корпусі. Всього на токарному БВ можуть бути встановлені дві-три револьверні головки, часто в поєднанні з інструментальним ланцюговим магазином. У БВ для оброблення корпусних заготовок привідні револьверні головки застосовують тільки в комбінації з магазинами. Одна з позицій головки – робоча, призначена для обертання працюючого інструменту, а інша, діаметрально протилежна – для заміни відпрацьованого. Передача інструментів (як завжди, закріплених у стандартних оправках) з магазину у гніздо головки і назад виконується автооператором під час роботи верстата. Тому зупинка шпинделя потрібна тільки під час повороту револьверної головки на 90° .

Розглянемо приклади компонувань привідних револьверних головок з магазинами і автооператорами. На шпindelній бабці ШБ (рис. 7.18, а) верстата встановлено револьверну головку РГ, шпиндель РШ якої, розташований горизонтально, отримує обертання від двигуна головного руху. Другий шпиндель СШ знаходиться в цей час у положенні заміни інструментів і не обертається.

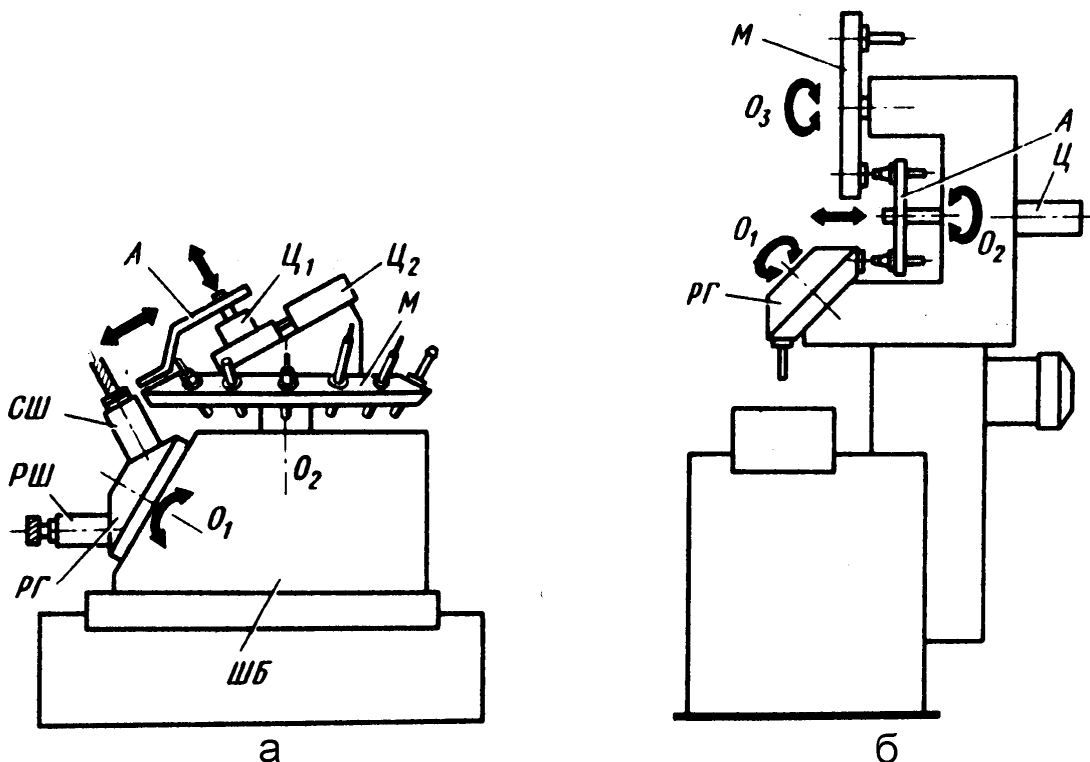


Рис. 7.18. Пристрій АЗІ за допомогою револьверних головок на верстатах різних типів: а – горизонтального; б – вертикального

Запас інструментів (30 шт.) створюється в дисковому магазині М, установленому вгорі шпindelної бабки. Для передачі інструментів з

магазину в револьверну головку і назад служить автооператор А. У положенні, показаному на схемі, автооператор почав рух уперед до шпинделя СШ. Переміщує його по похилих напрямних шток гідроциліндра Ц₂. Перед цим здійснено пошук гнізда магазину для відпрацьованого інструменту. Магазин повернувся відносно осі О₂ у положення, коли вільне гніздо виявилось перед шпинделем СШ. Наприкінці ходу вперед захоплювач автооператора затискає оправку інструменту, що знаходиться в револьверній головці. Подається команда на підйом автооператора штоком гідроциліндра Ц₁. Інструментальна оправка витягується зі шпинделя головки. Вмикається хід вправо штока гідроциліндра Ц₂, оправка переноситься до свого гнізда магазину, а потім за допомогою гідроциліндра Ц₁ вставляється в нього. Автооператор відводиться в нейтральне положення, щоб не заважати пошуку наступного інструменту. Відбувається поворот магазину на потрібний кут, і інструмент, підготовлений до заміни, виявляється навпроти звільненого шпинделя СШ. Автооператор переносить інструмент у посадочний отвір шпинделя.

Усі ці дії виконуються при працюючому шпинделі РШ. Після закінчення робочого переходу револьверна головка повертається навколо осі О₁ на 180°, і новий інструмент починає роботу. Відпрацьований інструмент потрапляє в позицію заміни.

Істотним недоліком такого пристрою АЗІ є трудність досягнення високої жорсткості вузла револьверна головка – шпиндель. Тому його застосування є доцільним у дрібних БВ, де сили різання невеликі (рис. 7.18, б). З дискового магазину М місткістю 12 інструментів захоплювач автооператора А витягує оправку з інструментом і після повороту відносно горизонтальної осі вставляє в гніздо револьверної головки РГ, звідки перед цим другим захоплювачем автооператора було витягнуто відпрацьований інструмент (цей інструмент подається у звільнене гніздо магазину). Гідроциліндр Ц переміщує автооператор уздовж осі О₂. Приводи повороту магазину відносно осі О₃ і револьверної головки відносно осі О₁ на рисунку не показано.

Пристрої для автоматичної заміни інструментальних головок. Існує кілька способів створення запасу багатошпиндельних головок і пристроїв для їх автоматичної заміни: 1) з магазину, спільного для одиночних інструментів і багатошпиндельних головок; 2) з двох- або багатопозиційного магазину, розміщеного окремо від верстата. Використання загального магазину для всіх інструментів і багатошпиндельних головок є доцільним з точки зору універсальності магазину, пристрою АЗІ і гнучкості заміни. Цей спосіб застосовується в дискових магазинах, установлених зверху на шпиндельну бабку верстата, і

в магазинах великої місткості, розташованих вертикально біля стояка верстата.

Компонування пристрою першого типу показано на рис. 7.19. Дісковий магазин М установлено на шпindelній бабці верстата і має вертикальну вісь повороту. Оправки з закріпленими в них різальними інструментами вставлені в радіальні пази – гнізда магазину. Частина гнізд (7 – 10) зайнята оправками з одиночним інструментом, а в гнізді 8 знаходиться оправка з багатошпindelною свердлильною головкою.

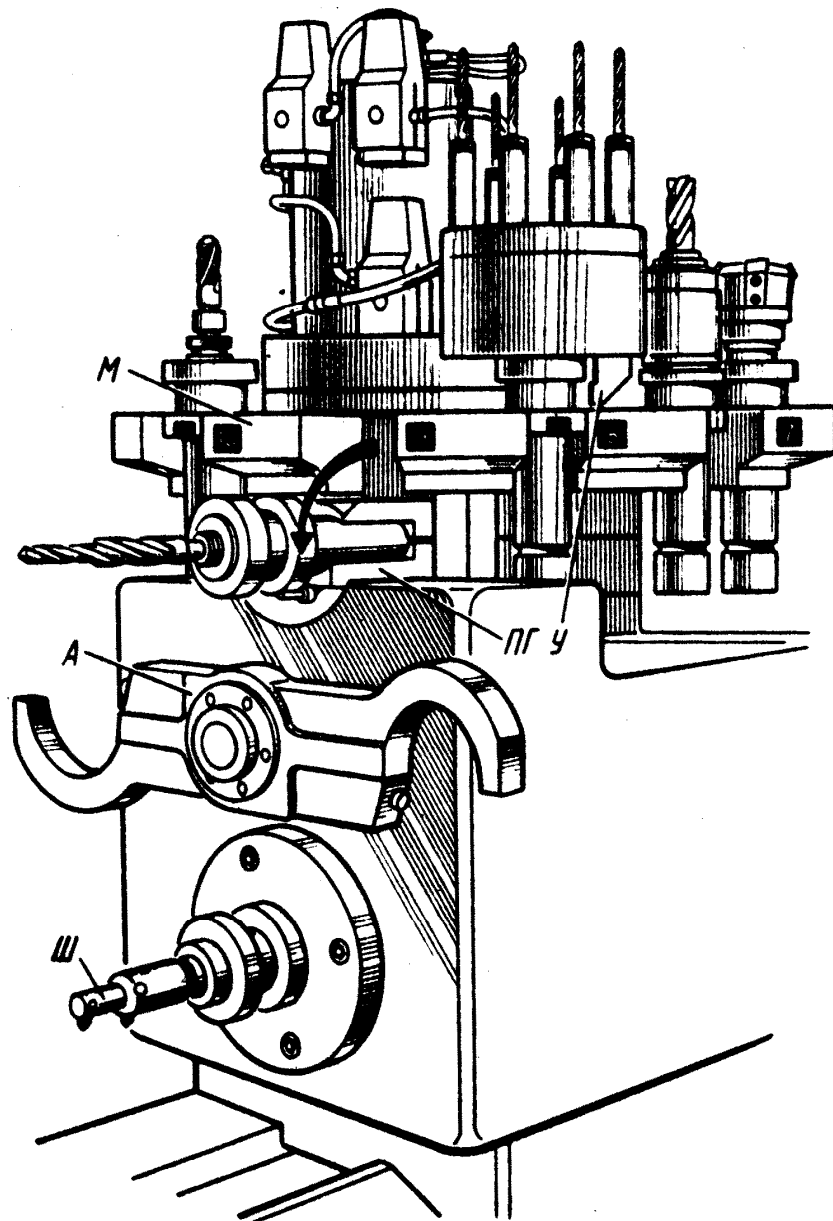


Рис. 7.19. Інструментальний магазин для окремих інструментів і багатошпindelних головок з пристроєм АЗІ

Перенесення кожної оправки в шпindel Ш виконується автооператором А. Перед цим оправка затискається в розрізному поворотному гнізді ПГ, яке знаходиться в позиції заміни інструменту, і

перекидається в горизонтальне положення (за стрілкою). Оправка з багатошпindelною головкою подається в шпindel аналогічним чином, з тією різницею, що корпус оправки, певним чином орієнтований у кутовому положенні, фіксується в цьому положенні відносно шпindelної бабки з допомогою наявного на корпусі спеціального упору У. Тому при обертанні ведучого вала головки разом з оправкою і шпindelем корпус залишається нерухомим.

У пристрої другого типу багатошпindelна інструментальна головка своєю оправкою вставляється в гніздо ланцюгового магазина. Передача головки в шпindel здійснюється тими ж механізмами, що й для одноінструментальної оправки. Цей спосіб зберігання і заміни багатошпindelних головок має суттєві недоліки: консольне розміщення головки в гнізді ланцюга магазина створює несприятливий розподіл навантажень, що спричиняють викривлення ланцюга; при переміщеннях ланцюга виникають значні змінні за величиною і напрямком навантаження на привід магазина.

Враховуючи, що багатошпindelні головки потрібні тільки для декількох груп отворів, а більшість поверхонь заготовок обробляються одиночними інструментами, доцільніше розміщувати багатошпindelні головки нерухомо і окремо від основного магазина. І тільки в той момент, коли буде потрібна відповідна головка, передавати її на верстат. Таке принципове рішення є нині переважаючим. Один з порівняно простих способів зберігання і заміни розточувальних і багатошпindelних головок є установа поруч зі стійкою горизонтального БВ двомісного двохпозиційного магазина (рис. 7.20). Корпус магазина М виконується у вигляді жорсткої металоконструкції з двома рядами напрямних H_1 і H_2 , розміщених одна над одною. Корпус інструментальної головки може переміщуватися по напрямних за допомогою гідроциліндра. Для подачі головки на верстат шпindelна бабка ШБ переміщується по стояку верстата вгору або вниз до суміщення напрямних H_3 з напрямними магазина.

Головка пересувається вправо до суміщення осей оправки з віссю шпинделя Ш₃. Відбуваються фіксація головки і її закріплення (наприклад, за допомогою головок Г, що входять в Т-подібні пази корпусу головки). Для з'єднання оправки головки зі шпindelем він подається вперед ходом уздовж своєї осі. Друга розточувальна або багатошпindelна головка встановлюється в іншу позицію магазина. Після закінчення роботи першої головки шпindelна бабка переміщується до рівня вільних напрямних магазина, і головка повертається в магазин. Щоб використовувати другу інструментальну головку, переміщують шпindelну бабку до наступної

позиції магазина. Головка подається гідроциліндром у робочу позицію. Для обертання змінних головок зручно використовувати окремий шпindel ь і привід підвищеної потужності. Тому на багатьох БВ розміщують по два шпindelі: Ш₁ – для одиночного інструменту, взятого з ланцюгового магазина; Ш₂ – для приводу змінних головок.

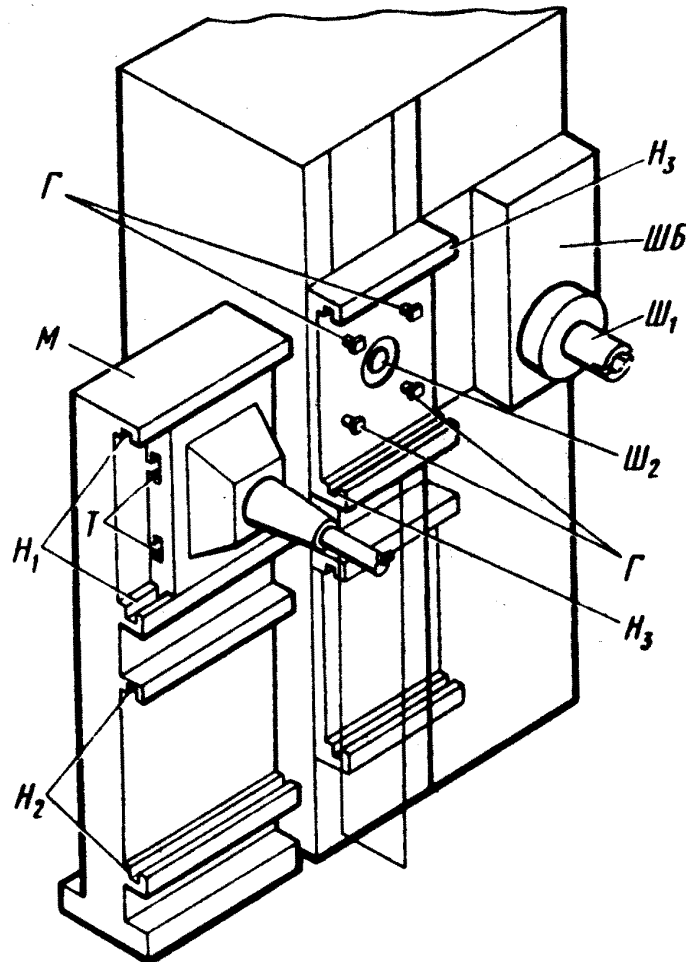


Рис. 7.20. Двомісний магазин для інструментальних головок

У деяких БВ використовують багатопозиційні дворядні магазини інструментальних головок. З одного ряду головки послідовно передаються до шпindelя верстата, а після використання повертаються в другий ряд магазина. У зв'язку з тим, що основна частина переходів оброблення великих заготовок виконується поодинокими інструментами, розміщеними в ланцюговому магазині, можна використовувати спрощені однорядні компонування магазинів інструментальних головок, хоча це і пов'язано з деяким збільшенням часу для їх автоматичної заміни.

Таким чином, багатоопераційні верстати дозволяють істотно скоротити допоміжний час шляхом автоматичної заміни інструменту протягом 4 – 12 с, а також використання одночасного оброблення поверхні заготовки декількома інструментами.

8. ІНТЕГРАЦІЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ МОДУЛІВ У ГВС

8.1. Організація потоку деталей

Як уже зазначалося, ГВМ потенційно орієнтовано на інтеграцію і в цьому зв'язку має у своєму розпорядженні своєрідний «механічний інтерфейс» для підключення до зовнішнього матеріального потоку заготовок і оброблених деталей. Функції подібного інтерфейсу в модулях виконують приймально-передавальні пристрої.

У разі оброблення деталей типу тіл обертання як приймально-передавальні механізми найчастіше використовують роботи. Досить специфічний характер має верстатне транспортно-накопичувальне обладнання, яке зберігає і переносить деталі на супутниках, у касетах, ящиках та іншій спеціальній тарі (рис. 8.1).

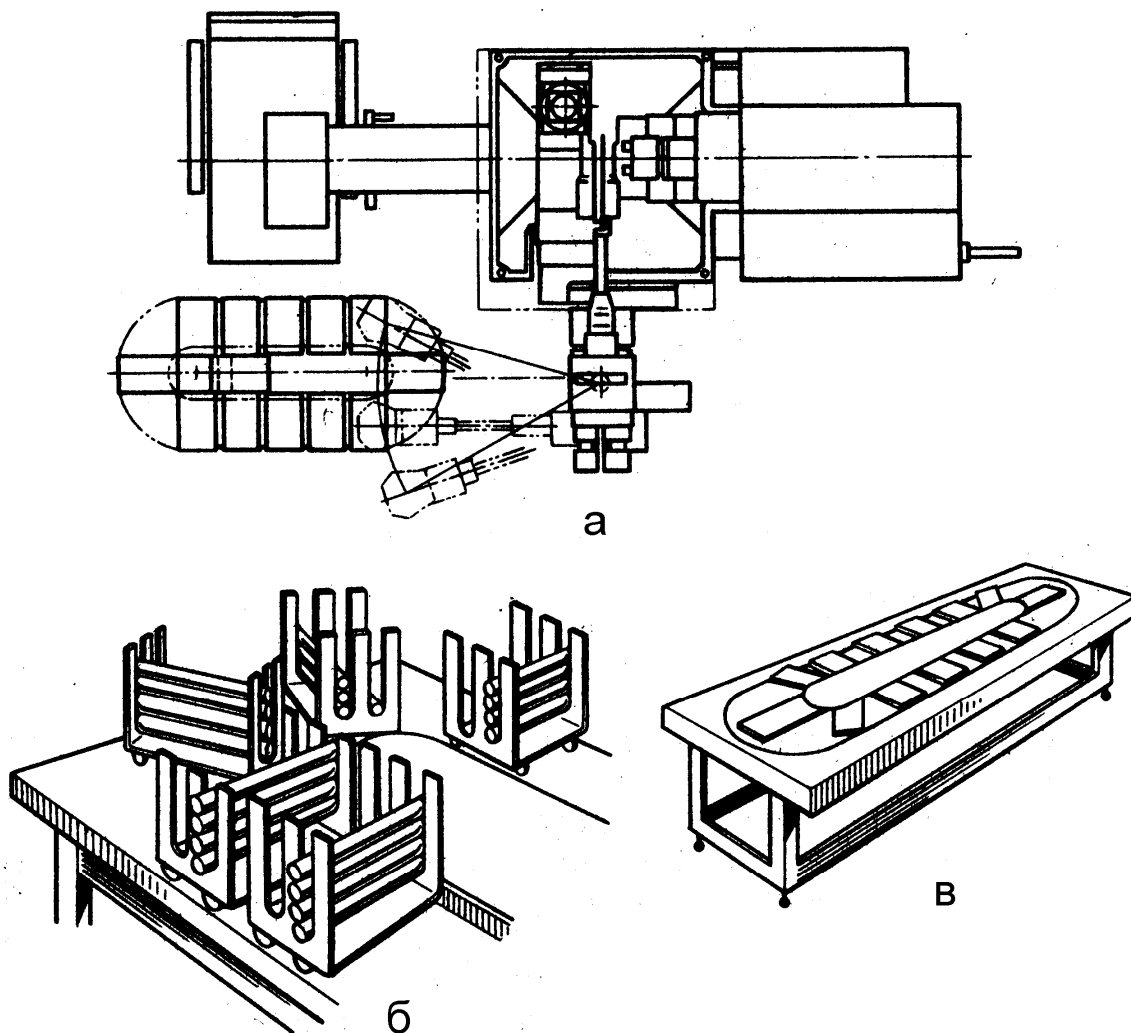


Рис. 8.1. Транспортно-накопичувальне обладнання в токарному ГВМ (ГРТК):
а – загальне планування роботизованого ГВМ (ГРТК);
б – транспортно-накопичувальне обладнання для заготовок типу валів;
в – транспортно-накопичувальна система з супутниками для укладання дисків

Крім автооператорів верстати токарного типу можуть обслуговуватися промисловими роботами підлогового (рис. 8.2) або порталного типу (рис. 8.3). Взаємодія верстата, робота і накопичувача може бути організована у вигляді верстатного модуля за однією з принципів схем, поданих на рис. 8.4. Питання про можливість і доцільність обслуговування промисловим роботом групи однотипних верстатів вирішується виходячи з максимального використання верстатного обладнання.

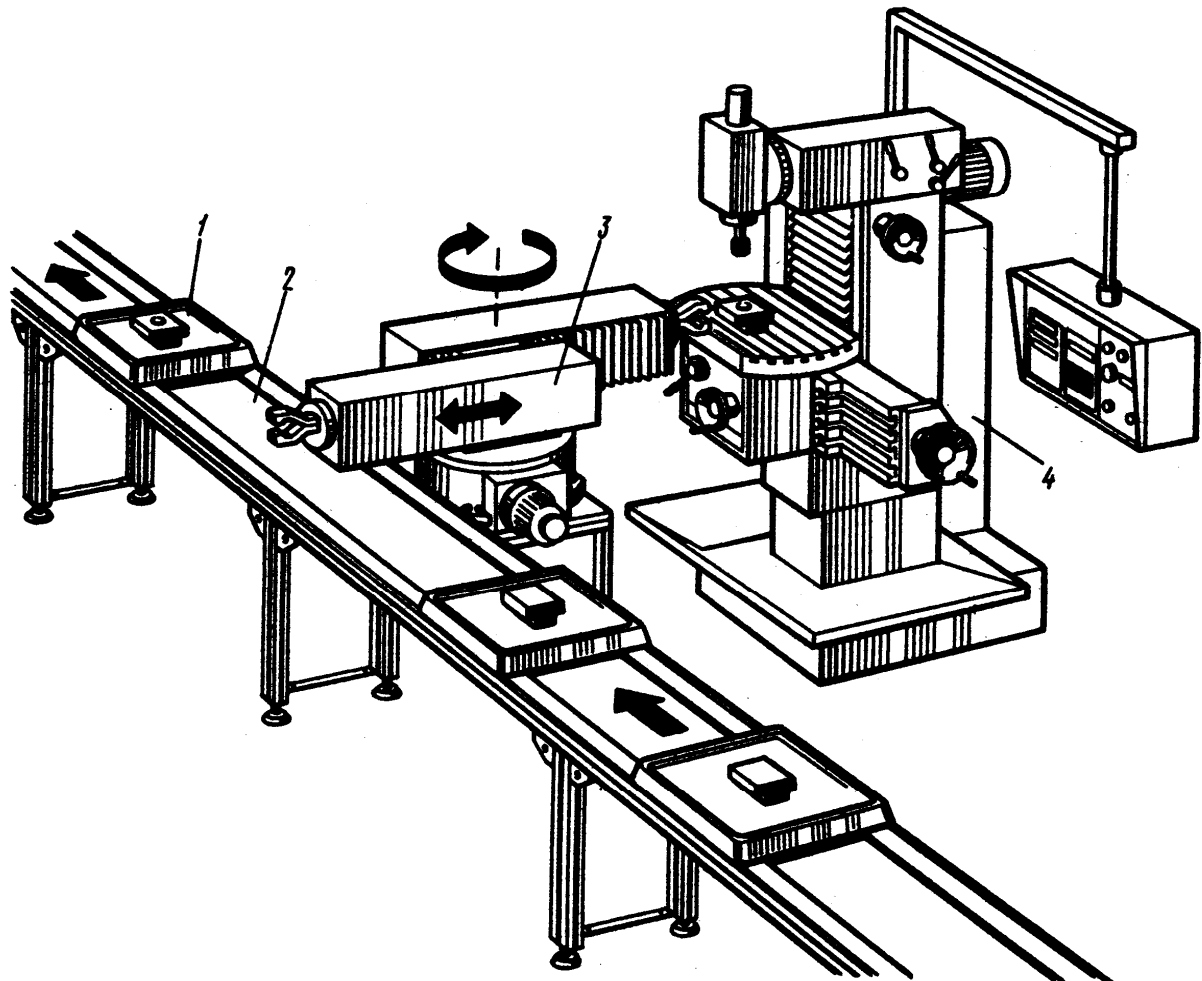


Рис. 8.2. Підлоговий робот:

1 – палета із заготовкою; 2 – конвеєр; 3 – робот; 4 – верстат

Розглянемо цикл завантаження-розвантаження деталей типу дисків стосовно до накопичувача з супутниками (див. рис. 8.1, в). Диски на кожному супутнику покладено у штабель. Робот бере чергову заготовку зі штабеля зверху і встановлює її в патрон. При цьому робот отримує оброблену деталь і укладає її на сусідньому супутнику.

Як тільки оброблення заготовок на одному супутнику закінчується і супутник порожніє, накопичувач просувається вперед у чергову позицію. Спорожнілий у попередньому циклі супутник є тепер позицією укладання оброблених заготовок.

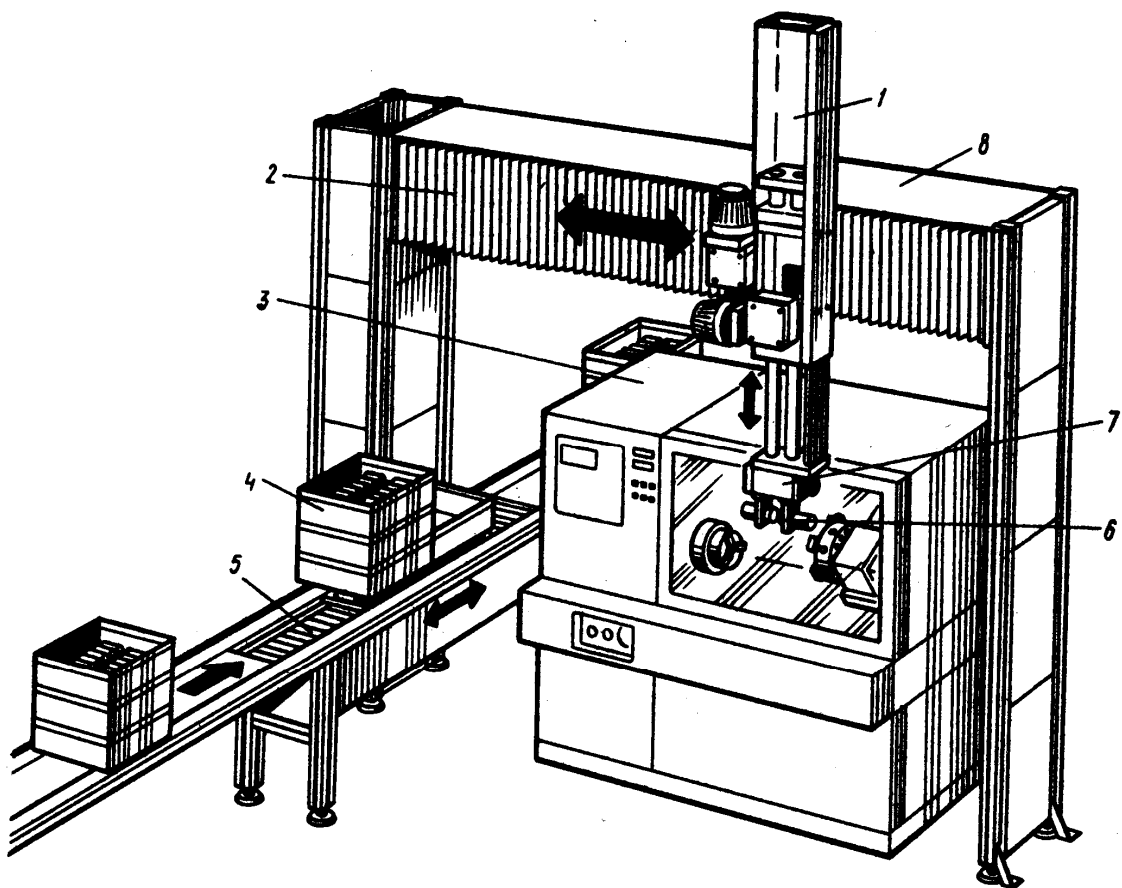


Рис. 8.3. Обслуговування токарного верстата роботом порталного типу:
 1 – робот; 2 – портал; 3 – верстат; 4 – штабель піддонів із заготовками;
 5 – конвеєр; 6 – захоплювач; 7 – блок захвату; 8 – уніфікована каретка

Багатопозиційний РТК мод. АСВР-01 (рис. 8.5) призначено для токарної обробки валів (діаметром 50...140 мм, довжиною до 1400 мм, масою до 160 кг) в умовах серійного виробництва. Річна продуктивність РТК становить до 50000 деталей на рік, сумарна потужність, яка споживається устаткуванням РТК, – 125 кВт; габаритні розміри РТК (висота×ширина×довжина) – 38000×18000×8000 мм. Способи установлення оброблюваних деталей: у самоцентрівному патроні; у самоцентрівному патроні та задньому центрі; у центрах.

Застосування РТК забезпечує: збільшення продуктивності обладнання на 20...25 % у результаті високої концентрації операцій на верстатах з ЧПК і скорочення допоміжного часу; скорочення простоїв обладнання завдяки гнучкій системі транспортування і паралельній роботі обладнання; скорочення витрат на засоби автоматизації, оскільки один ПР обслуговує декілька верстатів.

РТК мод. АСВР-01 дозволяє: ліквідувати важку некваліфіковану працю операторів шляхом автоматизації завантаження-розвантаження деталей масою до 160 кг в умовах часті заміни оброблюваних виробів; швидко і

легко переналагоджувати обладнання при заміні об'єктів виробництва; вивільнити чотирьох основних робітників. До складу РТК входять фрезерно-центрувальний верстат 1 мод. МР-179, два токарних верстати 3 мод. 1Б732Ф3, ПР 2 мод. УМ160Ф281.01, допоміжне обладнання та система забезпечення безпеки роботи. Верстати розташовані між опорними колонами монорейки, по якій переміщується ПР 2. Перед верстатами розміщено проміжні позиції 5. Магазини-накопичувачі 4 змонтовано на зварних підставках. РТК оснащено захисним пристроєм 6. Фрезерно-центрувальний верстат мод. МР-179 призначено для оброблення заготовок діаметром 63...200 мм і довжиною 500...1400 мм.

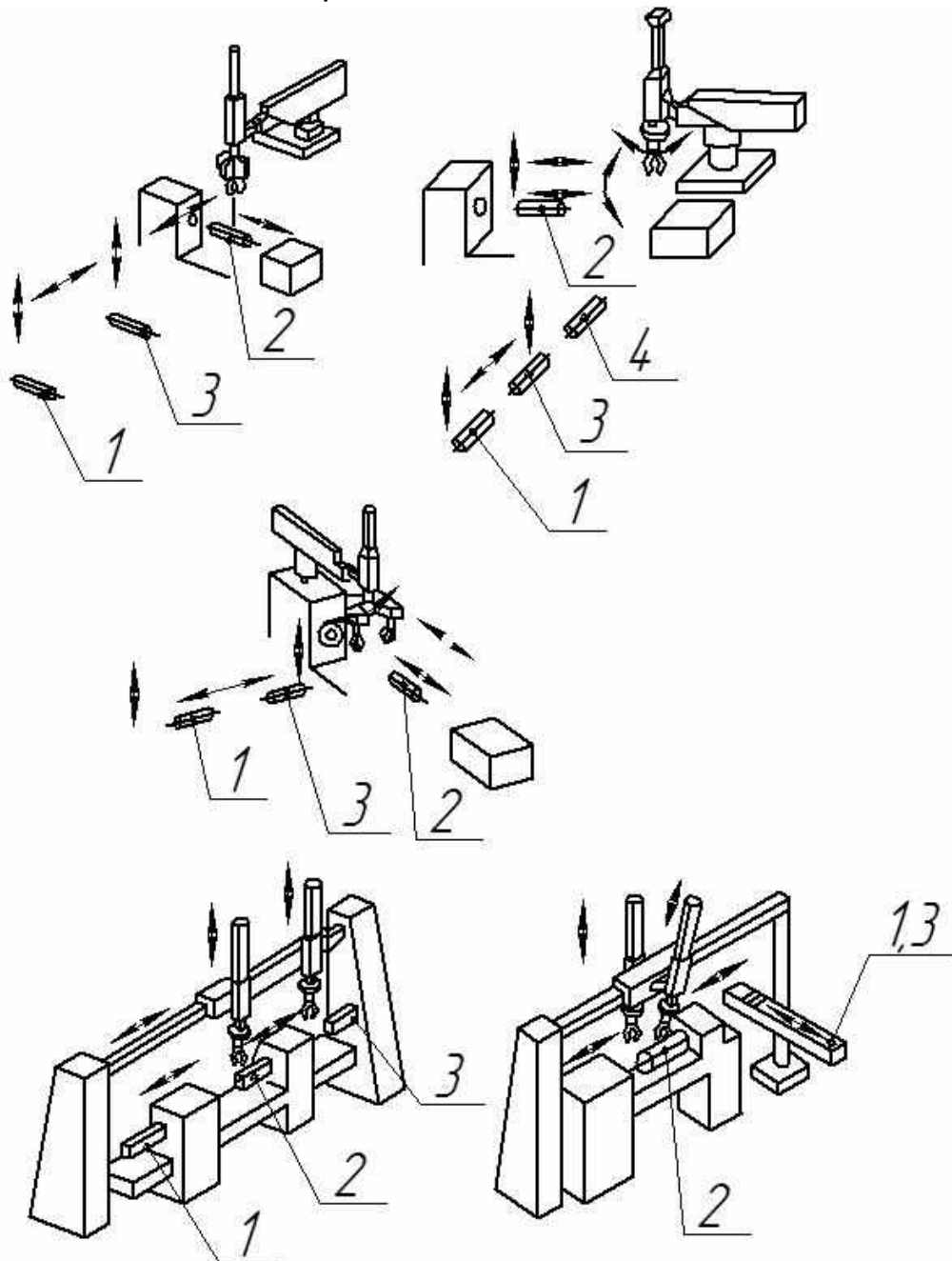


Рис. 8.4. Схеми компонування робота і токарного верстата

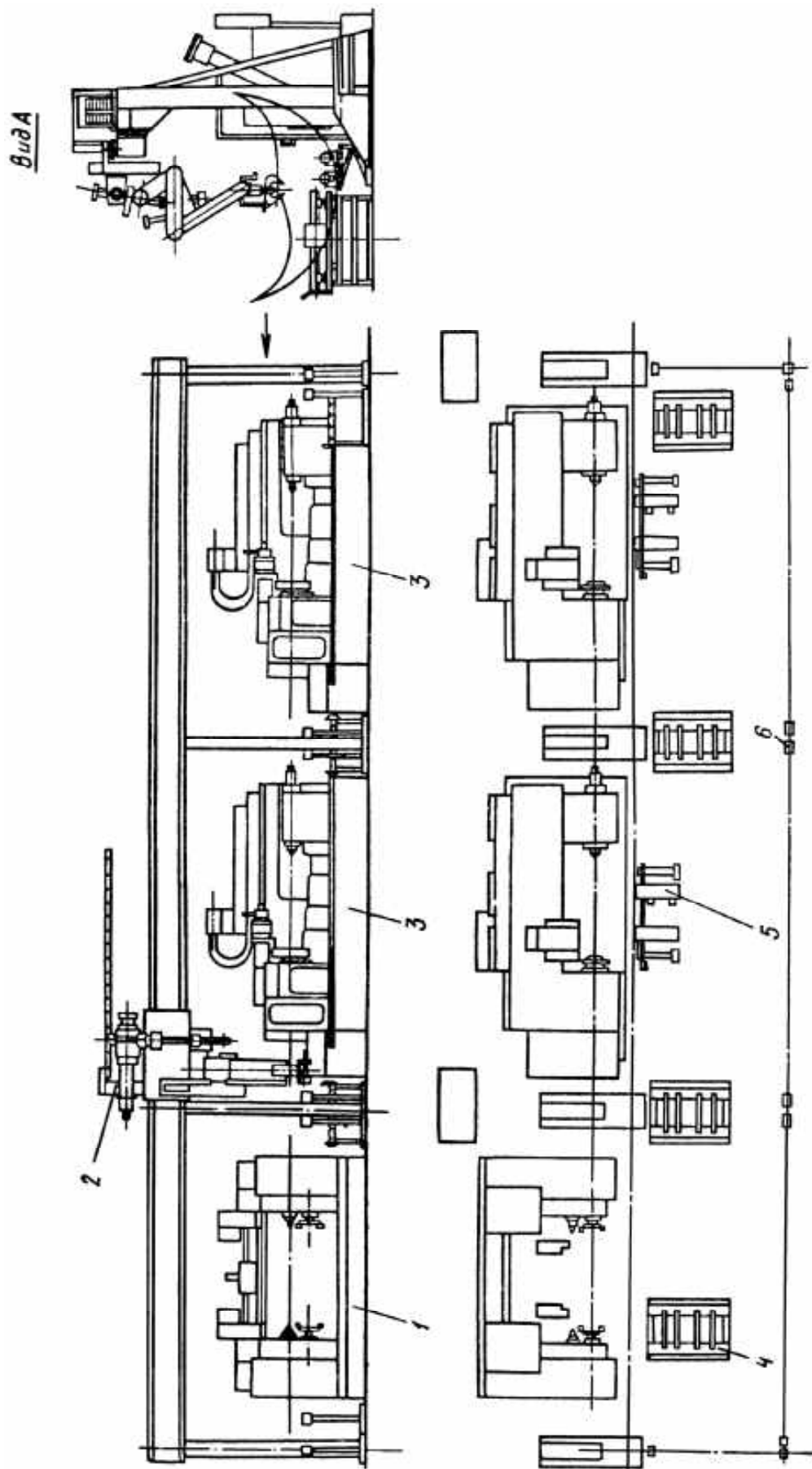


Рис. 8.5. Багатопозиційний РТК мод. АСВР-01

Фрезерування торців заготовки і оброблення центрувальних отворів здійснюються з двох боків за один робочий цикл. Частота обертання фрезерного шпинделя становить 90...500 об/хв, свердлильного – 180...1000 об/хв, подача при фрезеруванні – 20...400 об/хв, при свердлінні – 20...300 мм/хв.

Токарний верстат мод. 1Б732Ф3 призначено для оброблення циліндричних, конічних, сферичних поверхонь, прорізання канавок і нарізування різей. Найбільші розміри (діаметр × довжина) оброблюваних заготовок складають 400×1400 мм, частота обертання шпинделя – 25...1250 об/хв, подача супорта – 2,5...480 мм/хв, потужність електродвигуна головного приводу – 40 кВт.

Промисловий робот мод. УМ160Ф2.81-01 здійснює завантаження-розвантаження деталей між верстатами, а також ряд допоміжних операцій (вимірювання, контроль тощо).

ПР комплектується широкодіапазонними швидкозмінними захоплювальними пристроями, оснащеними вбудованими датчиками, що контролюють правильність базування деталі на верстаті, а також датчиком, який контролює положення деталі на позиціях транспортної системи. У електросхемі ПР передбачено пристрій світлозахисту, що забезпечує безпеку експлуатації обладнання. ПЧПК ПР забезпечує індивідуальне обслуговування верстатів за викликами. При одночасному надходженні викликів з двох і більше верстатів у першу чергу обслуговується верстат з найбільш тривалим циклом оброблення. ПР, оснащений датчиками зовнішньої інформації, забезпечує пошук деталей у накопичувачі; вимір діаметра і довжини заготовки; відбраковування заготовок, що мають неприпустимі відхилення розмірів; завантаження-розвантаження верстатів; транспортування деталей між верстатами; перебезування, проміжне складування і укладання деталей у накопичувачі, розташовані на виході з РТК.

Верстати, що входять до складу РТК, оснащені пристроєм автоматичного підведення-відведення огорожі та пінолі; пристроєм автоматичного затиску-звільнення патрона; датчиками, що фіксують наявність деталі у верстаті і контролюють стан патрона; ПЧПК і електроавтоматики, що забезпечують взаємодію верстата і ПР, а також виконання інших функцій. Керування електроавтоматикою верстатів і електроавтоматикою допоміжних пристроїв (накопичувачів, ложементів тощо) здійснюється від ПЧПК ПР, яке координує роботу РТК при груповому обслуговуванні верстатів. Допоміжні операції з керування ПЧПК верстатів виконуються автоматично за командами від ПЧПК ПР.

РТК оснащено допоміжним обладнанням, до складу якого входять

магазини-накопичувачі, проміжні позиції, датчики положення. Магазин-накопичувач (рис. 8.6, а), призначений для установлення та зберігання деталей біля верстатів, виконано у вигляді напрямних щік, до яких кріпляться обмежувальні планки з рядами призматичних пазів. Кількість щік і планок визначається довжиною заготовок. Крок пазів вибирають з урахуванням діаметра заготовок і зазорів, необхідних для проходу губок захоплювального пристрою ПР. Місткість магазину залежить від діаметра і довжини заготовок. Магазин установлюють на зварній конструкції. Схему вилучення і укладання виробів показано на рис. 8.6, б.

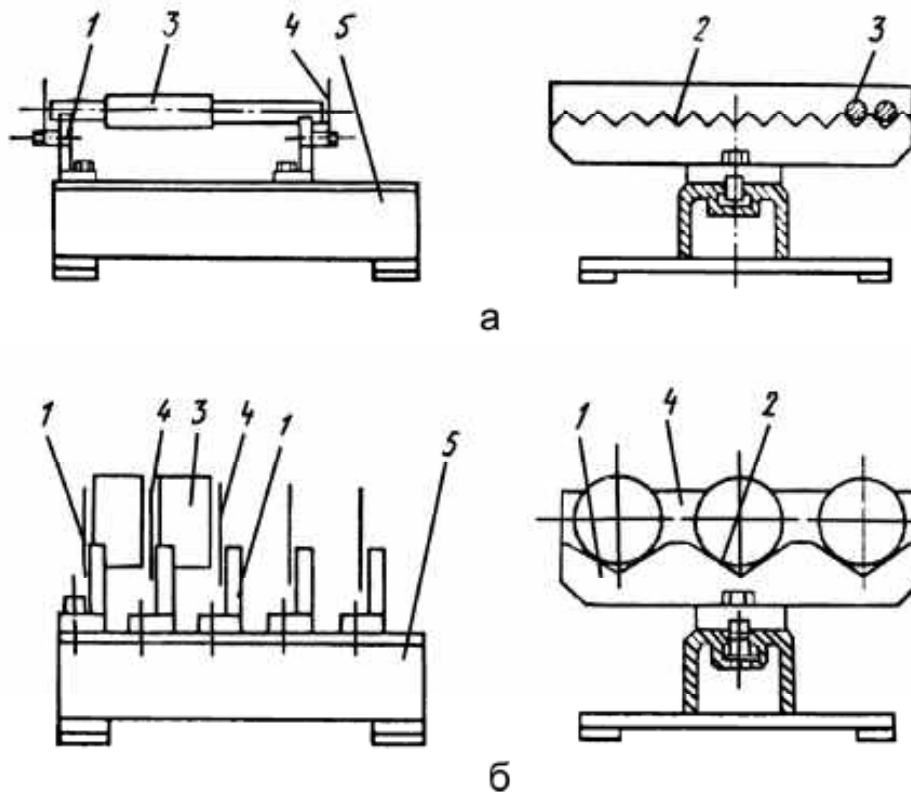


Рис. 8.6. Схема магазинів для деталей типу тіл обертання:
 а – магазини-накопичувачі; б – схема вилучення і укладання виробу; 1 – щока;
 2 – призматична виїмка; 3 – деталь, 4 – обмежувальна планка;
 5 – підставка

Знаходження чергових заготовок або порожніх позицій магазину здійснюється за сигналами датчика (рис. 8.7), установленного на захоплювачі ПР. Датчик являє собою коромисло 1, розташоване на планці 2, яка може переміщуватися у вертикальному напрямку. На коромислі є упор 3, який при горизонтальному положенні коромисла контактує з подорожнім вимикачем 4.

Рука ПР переміщується над виїмкою магазину-накопичувача 5 на рівні, що забезпечує контакт коромисла з деталлю 6, що лежить у виїмці. При збігу осей деталі й датчика останній подає сигнал у ПЧПК ПР.

Відстань між осями захоплювального пристрою 7 ПР і коромисла 1 встановлюється таким, що дорівнює кроку виїмок. Якщо потрібно укласти деталь у попередню виїмку, то за сигналом датчика переривається поздовжнє переміщення ПР і починається укладання виробу (рис. 8.7, а). Якщо потрібно взяти чергову заготовку, то за сигналом датчика ПР переміщується на величину, яка дорівнює кроку виїмок, і потім захоплює виріб (рис. 8.7, б).

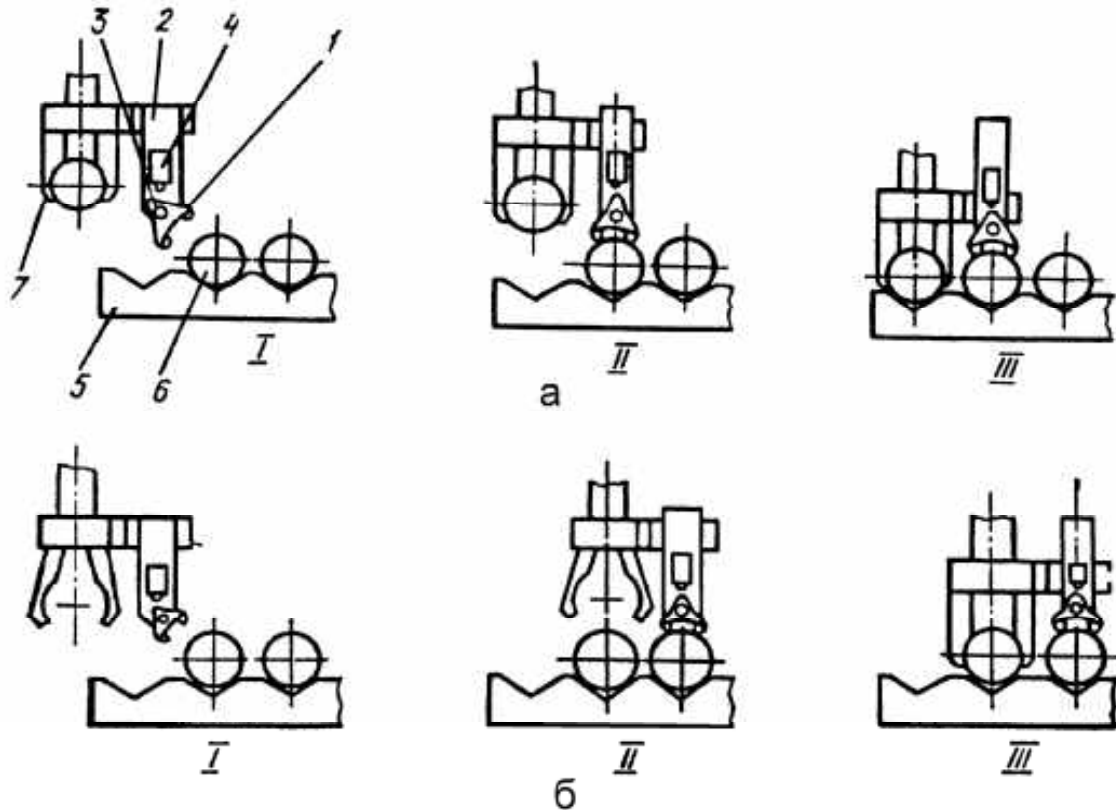


Рис. 8.7. Схема роботи датчика

Проміжна позиція дозволяє зменшити час завантаження верстатів, тобто скоротити простій обладнання.

Датчик положення контролює наявність деталі в ложементі магазину-накопичувача. Як датчик застосовують кінцевий вимикач типу М111А5У, корпус якого закріплено на зварному стояку. За наявності деталі в магазині спеціальний механізм важеля контактує з нею і одночасно натискає на кінцевий вимикач.

ПР мод. УМ160Ф280.01 являє собою механізм підвищеної небезпеки. Для безпеки обслуговуючого персоналу ПР оснащено пристроєм світлозахисту, що забезпечує аварійну зупинку ПР при його зіткненні із зовнішніми об'єктами. ПР оснащено розвиненою інформаційною системою та відповідними каналами зв'язку з ПЧПК, що дозволяють виключити можливість одночасного перебування людини і ПР в одній (певним чином заданої) зоні робочого простору. Зазначена система формує командний

сигнал на аварійну зупинку ПР у небезпечній для людини зоні робочого простору, для чого необхідна реєстрація просторового положення ПР і місцезнаходження обслуговуючого персоналу в робочій зоні ПР. Положення ПР реєструється дванадцятьма безконтактними вимикачами типу БВК-201-24, розташованими на монорейці.

До складу пристрою світлозахисту (рис. 8.8) входять світловипромінювач 1 і світлоприймач 4, які змонтовані на стояках і застосовуються попарно, а також блок логічних перетворювачів.

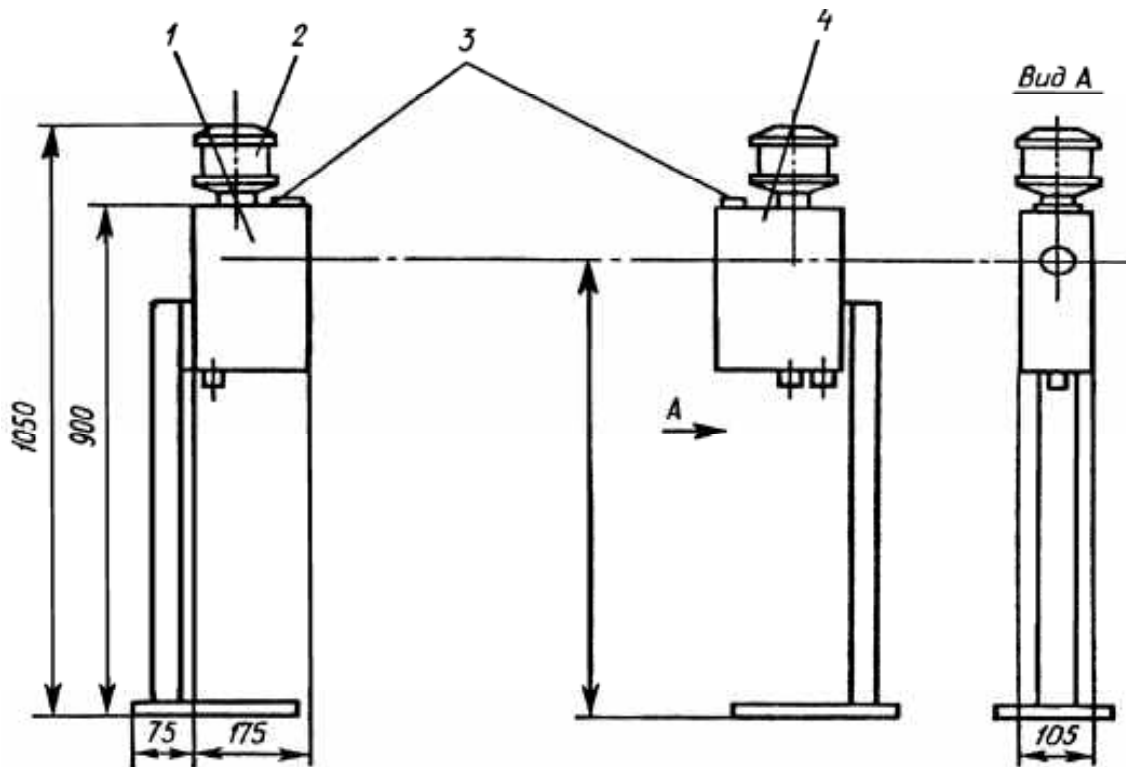


Рис. 8.8. Пристрій світлозахисту

Випромінювач і світлоприймач реєструють момент появи людини у відповідній зоні робочого простору ПР, у результаті чого загоряються світлофори 2. Світлофор вимикається при натисканні оператором на кнопку 3.

Блок логічних перетворювачів (БЛП) перетворює сигнали світлоприймачів і сигнали, що характеризують місцезнаходження ПР, відповідно до конкретної схеми РТК і виробляє відповідний командний сигнал на аварійну зупинку ПР, а також на запам'ятовування цієї команди. Інформація про місцезнаходження ПР надходить на БЛП від безконтактних мікрОВимикачів.

БЛП містить рознімання для вмикання світловипромінювачів і світлоприймачів, безконтактні мікрОВимикачі, вхідні рознімання живлення, що надходить з шафи електроавтоматики, вихідні командні рознімання, що зв'язують БЛП з ПЧПК ПР. Пристрій світлозахисту працює таким чином.

При вході людини в яку-небудь зону робочого простору відбувається перетинання світлового променя і вмикаються всі світлофори стояків, що обмежують цю зону. Якщо ПР знаходиться в робочій зоні або входить до неї (що реєструється відповідними безконтактними вимикачами), то формується команда на аварійну зупинку ПР, яка надходить з БЛП в ПЧПК, припиняючи рух ПР.

Роботи, які використовуються як приймально-передавальне обладнання, можуть бути спеціальними або універсальними. Спеціальні роботи є, як правило, невід'ємними компонентами конструкції верстата (рис. 8.9).

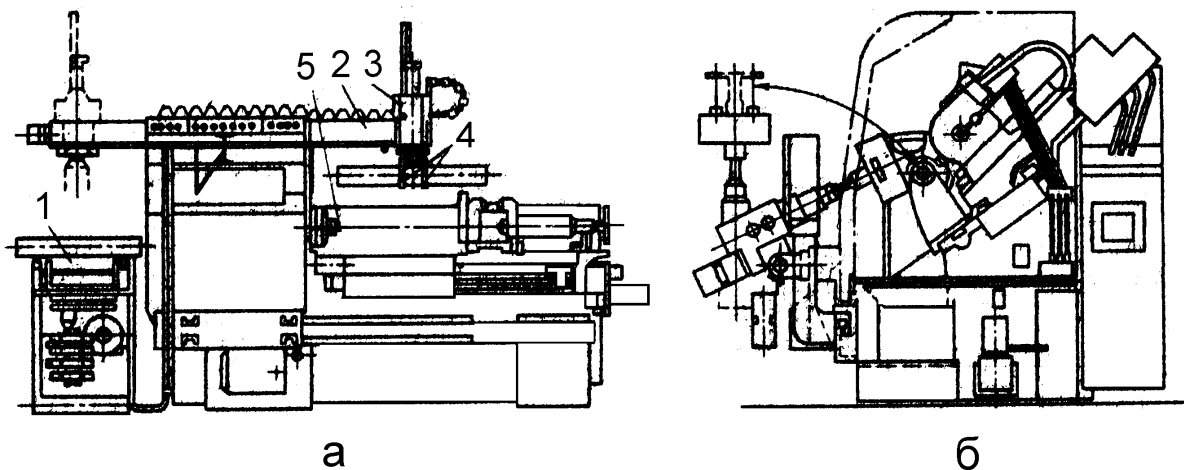


Рис. 8.9. Спеціальні роботи як приймально-передавальне обладнання в токарних ГРТК: а – портална конструкція робота; 1 – накопичувач; 2 – траверса; 3 – поворотна каретка; 4 – змінні захватувальні пристрої; 5 – повідковий пристрій; б – фронтальна конструкція робота

Зазвичай окремі вузли робота вибирають з числа стандартних модулів. Широкий набір таких модулів дозволяє скомпонувати агрегат, який найкращою мірою відповідає конкретним умовам. Особливо вдалим є спеціальні порталні роботи (див. рис. 8.9, а), оскільки вони не потребують додаткової виробничої площі і не перешкоджають доступу оператора в робочу зону верстата при налагодженні. При фронтальному розміщенні роботів доступ оператора до робочої зони є складнішим (див. рис. 8.9, б).

Універсальний робот автономний і є зовнішнім відносно верстата пристроєм (рис. 8.10, а). Для нього характерним є (хоча і необов'язково) підлогове виконання.

Для більш ефективного використання універсальних роботів ГРТК будують нерідко на базі двох верстатів і більше. Прикладом може бути ГРТК з універсальним роботом фірми «Фанук» (Fanuc, Японія), до складу якого входять два токарних верстати (рис. 8.10, б).

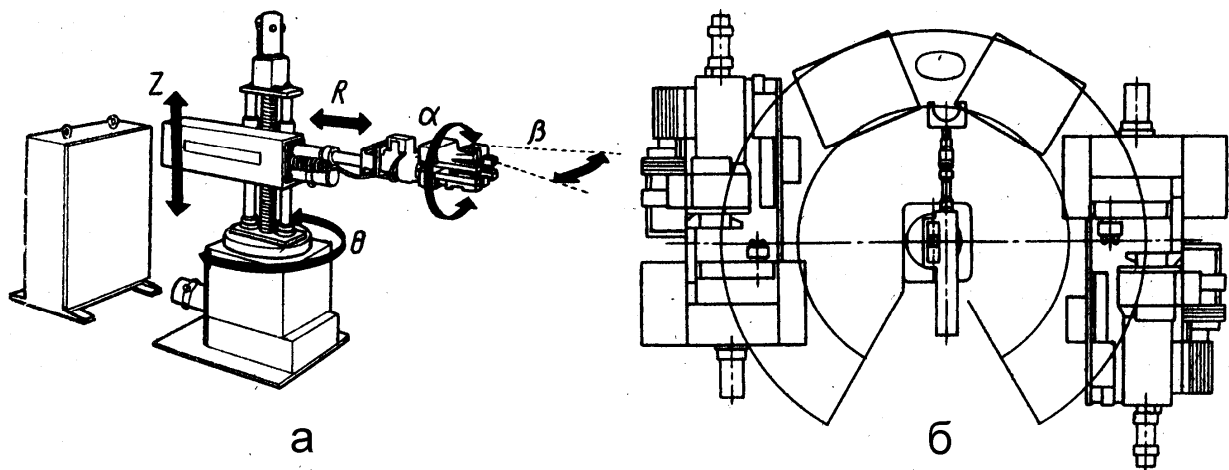


Рис. 8.10. Універсальний робот як приймально-передавальне обладнання в токарному ГРТК: а – підлоговий універсальний робот фірми «Фанук»; б – ГРТК з двома токарними верстатами

Відомі випадки, коли у складних ГРТК застосовують більше одного універсального робота, наприклад окремі роботи для завантаження заготовок і розвантаження оброблених деталей, як у токарному ГРТК фірми «Комау» (Італія). У структурі цього комплексу використано два вертикальних двошпindelьних токарних верстати (рис. 8.11).

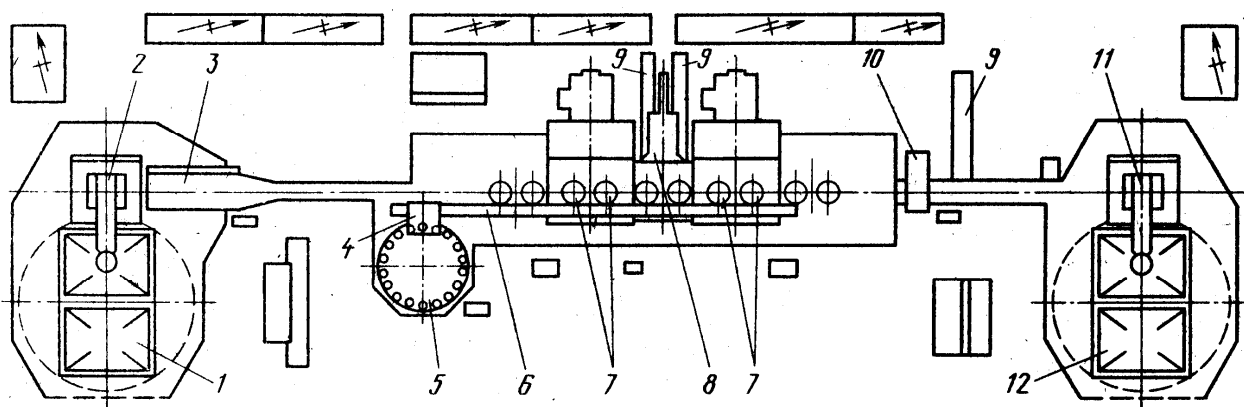


Рис. 8.11. Структура токарного ГРТК з двома універсальними роботами фірми «Комау»: 1 і 12 – ящики із заготовками і обробленими деталями; 2 і 11 – універсальні роботи для завантаження і розвантаження оброблених деталей; 3 – транспортна система; 4 – механізм автоматичної заміни інструменту; 5 – інструментальний магазин; 6 – напрямні механізму автоматичної заміни інструменту; 7 – вертикальні шпindelьні вузли; 8 – система проміжного контролю деталей і кантувач; 9 – механізм видалення бракованих деталей; 10 – система остаточного контролю деталей

Слід зазначити, що універсальні роботи 2 знаходять застосування і як приймально-передавальне обладнання для зміни палет або супутників у комплексах для оброблення дрібних призматичних деталей 3 (рис. 8.12).

Однак таке рішення властиве швидше модернізованім, ніж знову проєктованим ГРТК.

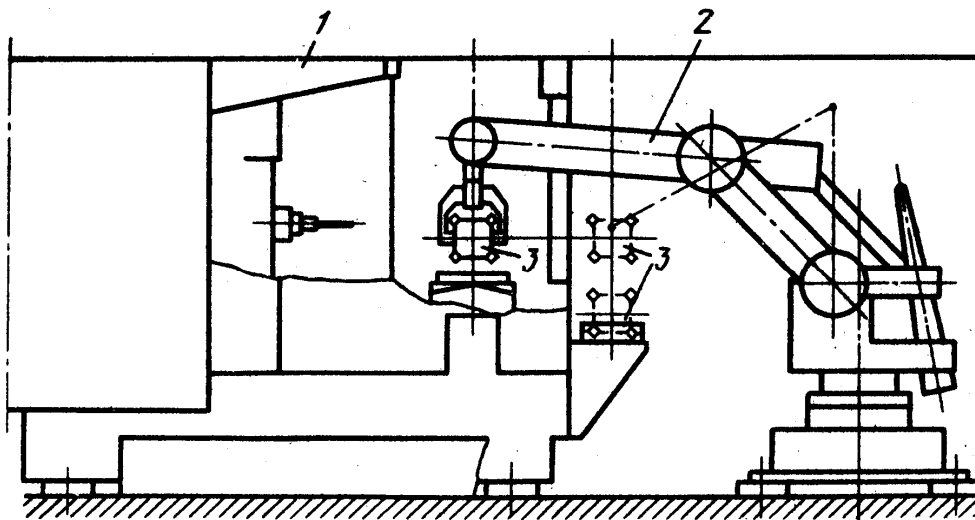


Рис. 8.12. Універсальний робот у ГРТК для оброблення призматичних деталей

РТК з роботом підлогового типу моделі М20П.40.01 (рис. 8.13) містить токарний верстат із ЧПК 1 мод. 16К20Ф3, 16К20РФ3 або 16К20Т1, ПЧПК 2 верстатом, ПЧПК роботом 3, пульт навчання робота 4, захват 5, поворотний блок 6, шток 7 горизонтального переміщення захвата, поворотний пристрій 8 у горизонтальній площині, каретку 9 вертикального переміщення захоплювача, тактовий стіл 10, затискний патрон 11, рухому огорожу робочої зони 12, револьверну головку 13 з різальним інструментом і задню бабку 14. ПР має п'ять програмованих переміщень: вертикальне переміщення Z (вгору і вниз) каретки 9 в межах 500 мм, її поворот у горизонтальній площині до 300° – Θ , горизонтальне переміщення штока 7 – R, кутове положення поворотного блоку 6 – α до 180° .

Крім того, захоплювач має можливість регулювання кутового положення β відносно поворотного блоку в горизонтальній площині.

Слід зазначити, що установлення і зняття оброблюваної деталі в даному РТК здійснюється шляхом повороту робота пристроєм 8, оскільки відстань між віссю повороту ПР і патроном досить велика. Підпружинений захоплювач компенсує похибки поворотного руху (замість поступального руху) деталі, що завантажується в патрон. Оскільки основні рухи ПР програмуються, наладчик може знайти залежно від конкретної ситуації найбільш доцільне рішення. Тактовий стіл (ТС) приводиться в дію асинхронним двигуном через редуктор. Пластини столу встановлено на роликах. Висота тактового столу може змінюватися від 700 до 850 мм, що регулюється гвинтовими механізмами.

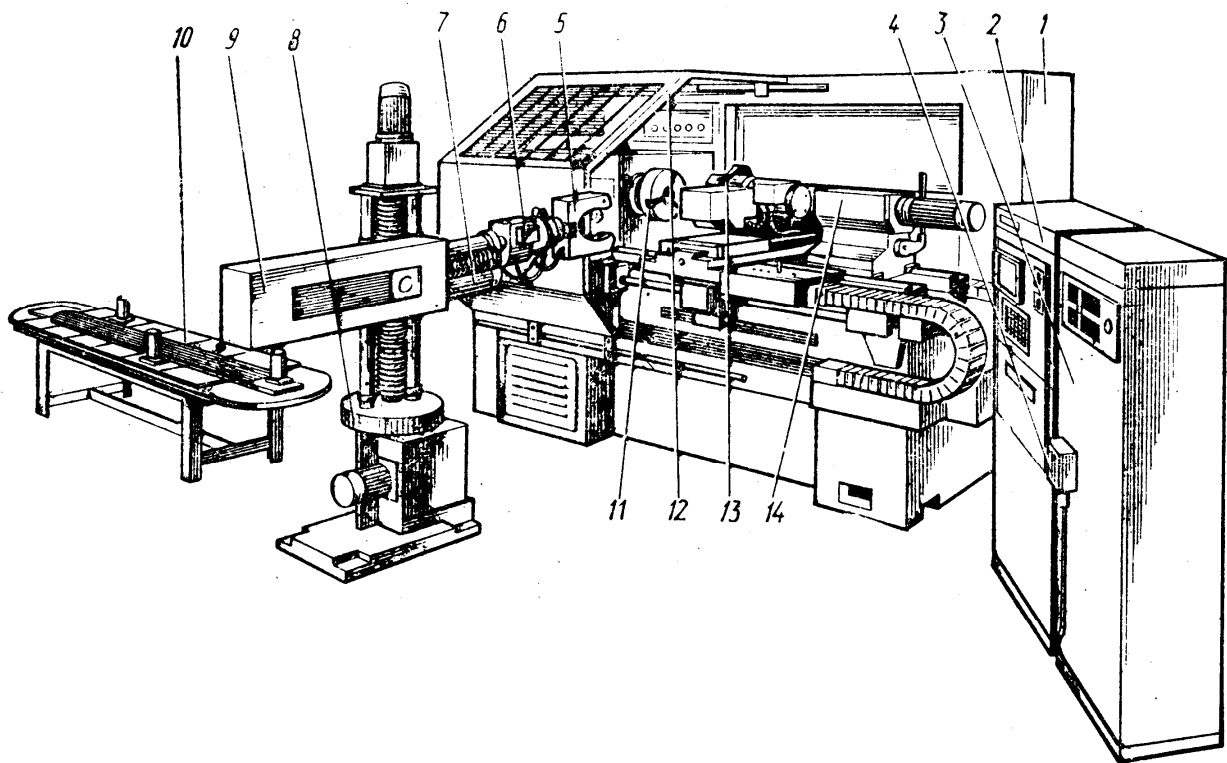


Рис. 8.13. РТК 16К20Ф3Р з роботом М20П.40.01

Рух тактового столу забезпечується схемою керування, наведеною на рис. 8.14.

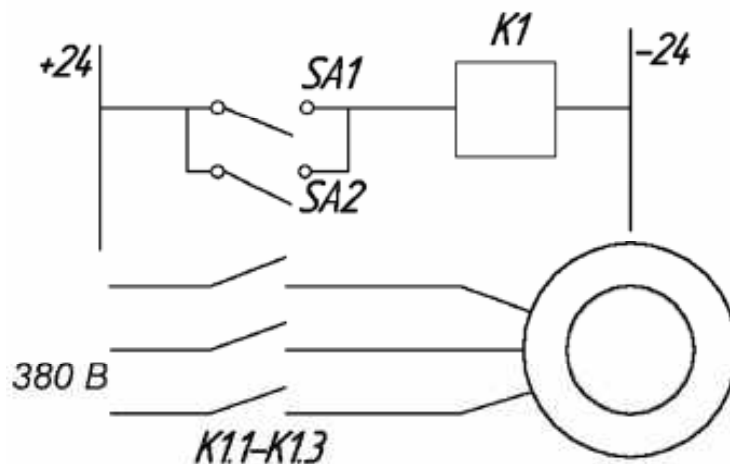


Рис. 8.14. Схема керування електродвигуном тактового столу

Вимикач SA1 має нормально розімкнуті контакти, тобто в опущеному положенні контакти замкнуті. У вихідному положенні пластина тактового столу натискає на кінцеві вимикачі, і контакти розмикаються (SA1). За командою від системи керування замикається SA2, через керуючу обмотку реле K1 проходить струм. Контакти K1.1-K1.3 замикаються, і двигун вмикається. Пластина з'їжджає з кінцевого вимикача, і його контакти замикаються. Система автоматичного керування розмикає свої контакти, але реле не розмикається (SA1 замкнуто). Наступна пластина своїм

кулачком наїжджає на кінцевий вимикач і розмикає контакти SA1. Контакти K1.1-K1.3 розмикаються, і двигун зупиняється. На цьому цикл руху (такт) тактового столу закінчується.

На рис. 8.15 показано РТК мод. РТК 16К20Ф3Р з навісним ПР мод. М10П.62.01. На відміну від попереднього випадку ПР значно наближений до верстата. Цей варіант виконання РТК є більш доцільним при обробленні деталей менших розмірів, ніж у попередньому випадку. У цьому зв'язку вантажопідйомність ПР становить 10 кг замість 20 кг. У цьому виконанні поворотний рух при установленні деталі в патрон замінено на поступальний паралельно осі шпинделя за допомогою каретки 1, а переміщення оброблюваної деталі здійснюється шляхом повороту частини 2 в площинах – перпендикулярній до осі шпинделя і вертикальній. ПР у положенні над столом має можливість повороту, тому за необхідності можна користуватися стаціонарним столом.

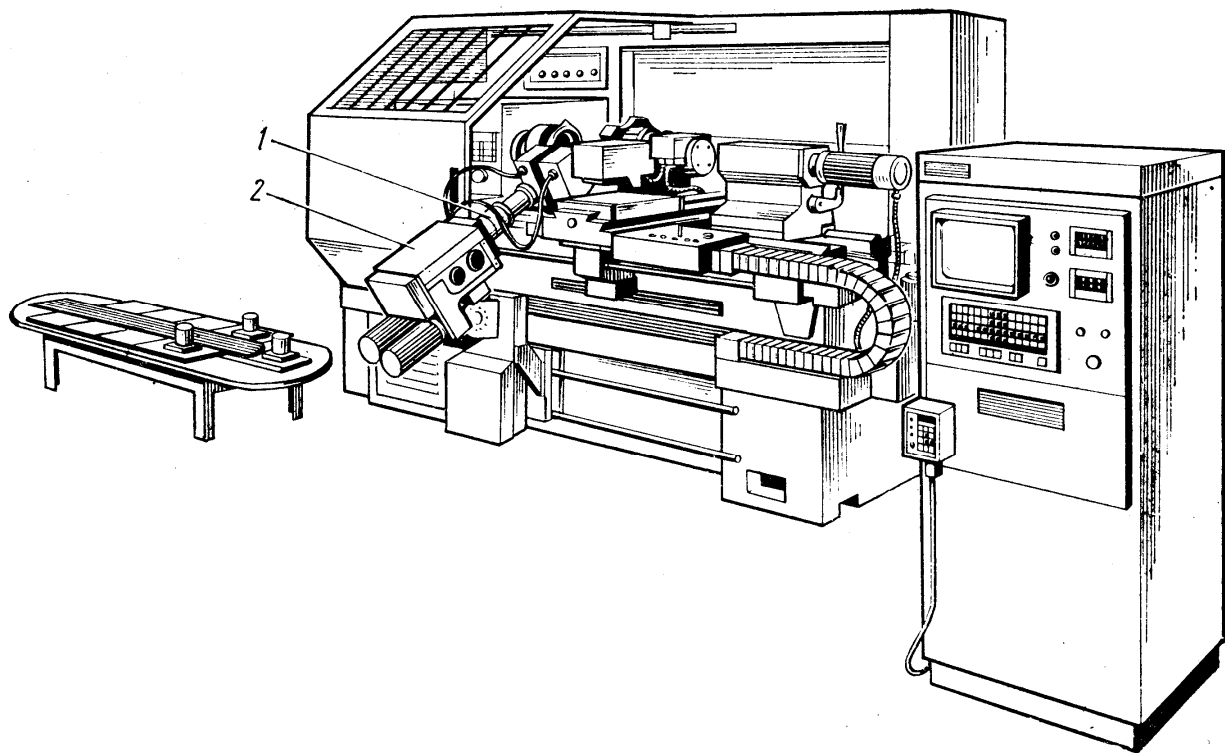


Рис. 8.15. РТК 16К20Ф3Р з роботом М10П.62.01

Поворотні блоки відрізняються величиною кута повороту і кількістю фіксованих точок положення. Залежно від блоку, яким комплектується РТК, деталь можна обробити у двох положеннях без проміжного кантування деталі або з кантуванням деталі між двома положеннями.

Розглянемо властивості приймально-передавальних механізмів модулів, призначених для оброблення корпусних деталей, установлених на палетах.

У простому випадку приймально-передавальний механізм являє

собою одномісний висувний пристрій 1 з телескопічним столом або захватувальним пристроєм (рис. 8.16). Напрямок потоку – завантаження або розвантаження робочої позиції – встановлюється для показаної на рисунку конструкції шляхом повороту пристрою відповідно в бік робочої позиції або зовнішнього транспорту. Недоліком такого рішення є порівняно тривалий цикл заміни палети в робочій позиції.

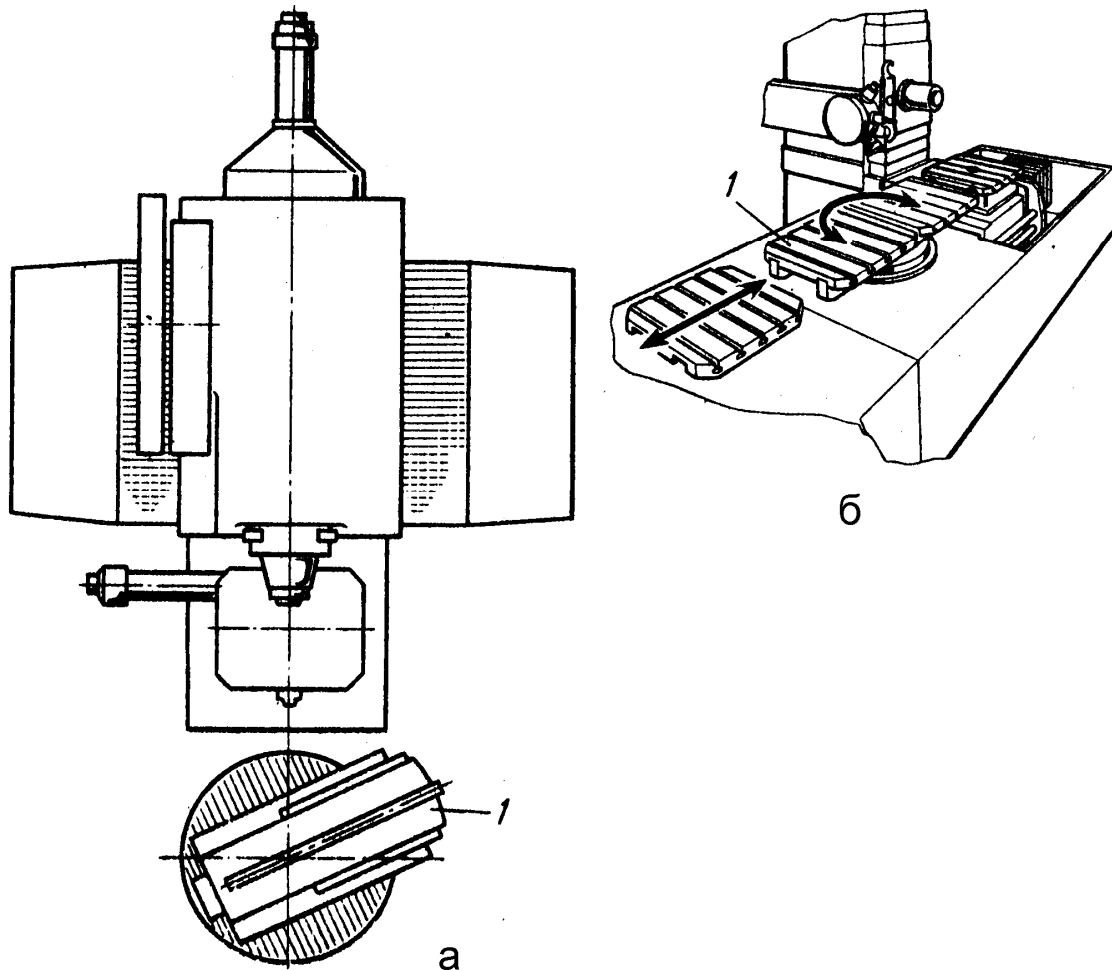


Рис. 8.16. Гнучкі модулі з одномісним приймально-передавальним механізмом:
а – фірми «Хюллер Хіллі»; б – фірми «Декель» (Deckel, Німеччина)

У ГВМ фірми «Хюллер Хіллі» (рис. 8.17) застосовано двомісний (на дві палети) приймально-передавальний механізм 1 типу «зліва чи справа». Така конструкція, що розв'язує потоки завантаження і розвантаження робочої позиції, дозволяє тримати в одній із позицій механізму вже підготовлену палету, що скорочує цикл перевантаження.

Зовнішній матеріальний потік має бути підведений до позицій завантаження і вивантаження роздільно, що накладає деякі обмеження на конструкцію зовнішніх транспортних засобів. Більш гнучкі можливості у сполученні із зовнішніми транспортними засобами мають тримісні приймально-передавальні механізми човникового типу.

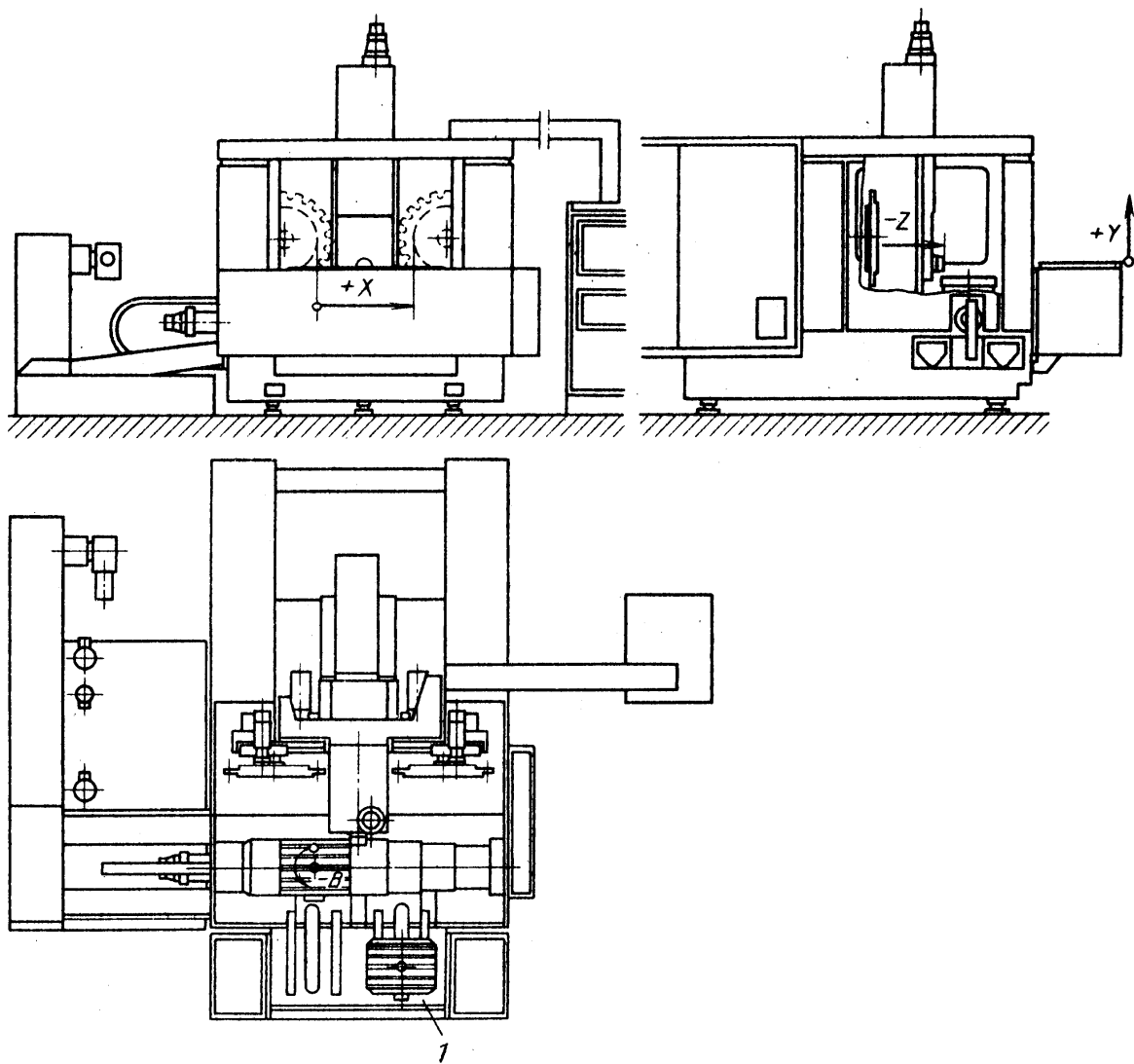


Рис. 8.17. ГВМ фірми «Хюллер Хіллі» з двомісним приймально-передавальним механізмом

Як приклад можна навести конструкцію, використану в ГВМ фірми «Шісс Фроріп» (Schiess Frorip, Німеччина) (рис. 8.18, а). Окремі фази маніпулювання двома різними деталями при їх перевантаженні показано на рис. 8.18, б. Зручність організації перевантажувального циклу отримано в результаті деякого його ускладнення, пов'язаного з проміжним зберіганням деталей, що перевантажуються. Різні варіанти нарощування місткості приймально-передавального механізму показано на рис. 8.18, в.

Узагалі на фрезерних, свердлильних верстатах і центрах для оброблення деталей, що базуються на площину, використовуються такі способи установлення заготовок:

1) заготовка може бути закріплена в універсальному пристрої типу пневматичних лещат, які строго орієнтовані відносно шпинделя верстата і забезпечують таку ж орієнтацію заготовки, наприклад за допомогою упорів;

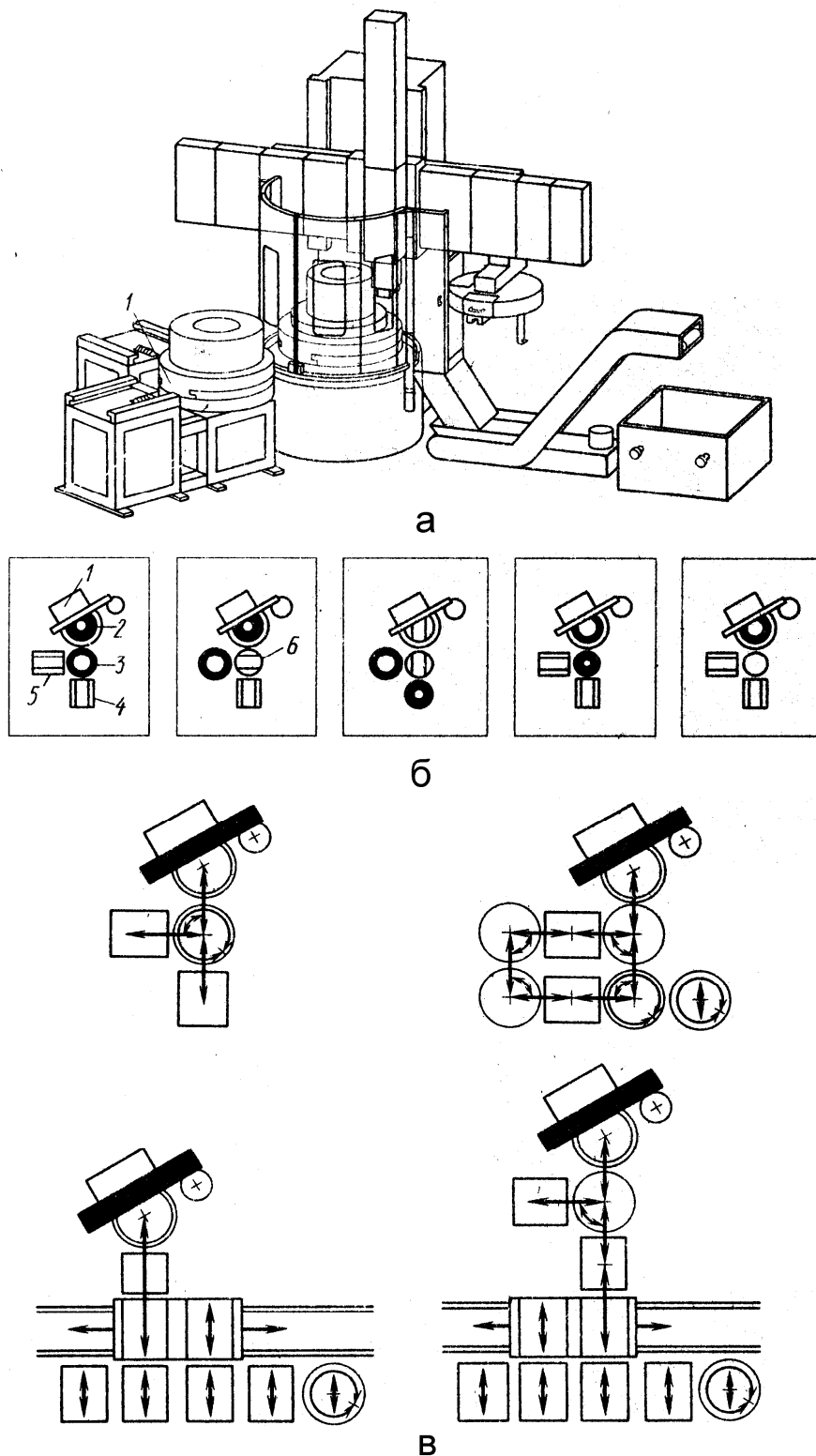


Рис. 8.18. ГВМ фірми «Шісс Фроріп»: а – загальний вигляд ГВМ з тримісним приймально-передавальним пристроєм: 1 – приймально-передавальний механізм; б – фази маніпулювання двома деталями: 1 – верстат; 2 – заготовка; 3 – оброблена деталь ; 4, 5 – друга і третя позиції приймально-передавального механізму; 6 – поворотна позиція приймально-передавального механізму; в – варіанти нарощування місткості приймально-передавального механізму

2) заготовка може бути встановлена в універсально-складальному або спеціальному пристрої, жорстко закріпленому на столі верстата і орієнтованому відносно інструменту;

3) заготовка може бути встановлена на супутнику і разом з ним на столі верстата. Супутники для заготовок, що базуються на площину, виконують у вигляді плоских плит з точно обробленими базовими площинами для кріплення на них заготовок. Для цього передбачають Т-подібні пази або сітки нарізних і фіксуючих отворів;

4) заготовка встановлюється в пристрої, який в свою чергу кріпиться на супутнику і разом з ним подається на стіл верстата.

У третьому і четвертому випадках заготовка разом із супутником може передаватися від верстата до верстата відповідно до технологічного процесу оброблення.

Подальші шляхи руху деталей на палетах (після проходження приймально-передавального механізму) різні:

- 1) за допомогою транспортних роликів пристроїв модульного типу;
- 2) через верстатний накопичувач 1 палет (рис. 8.19, а);
- 3) за допомогою каретки 1 вільної адресації і спільного для декількох верстатів накопичувача 2 (рис. 8.19, б);
- 4) за допомогою робочара 1 і центрального накопичувача 2 (рис. 8.19, в).

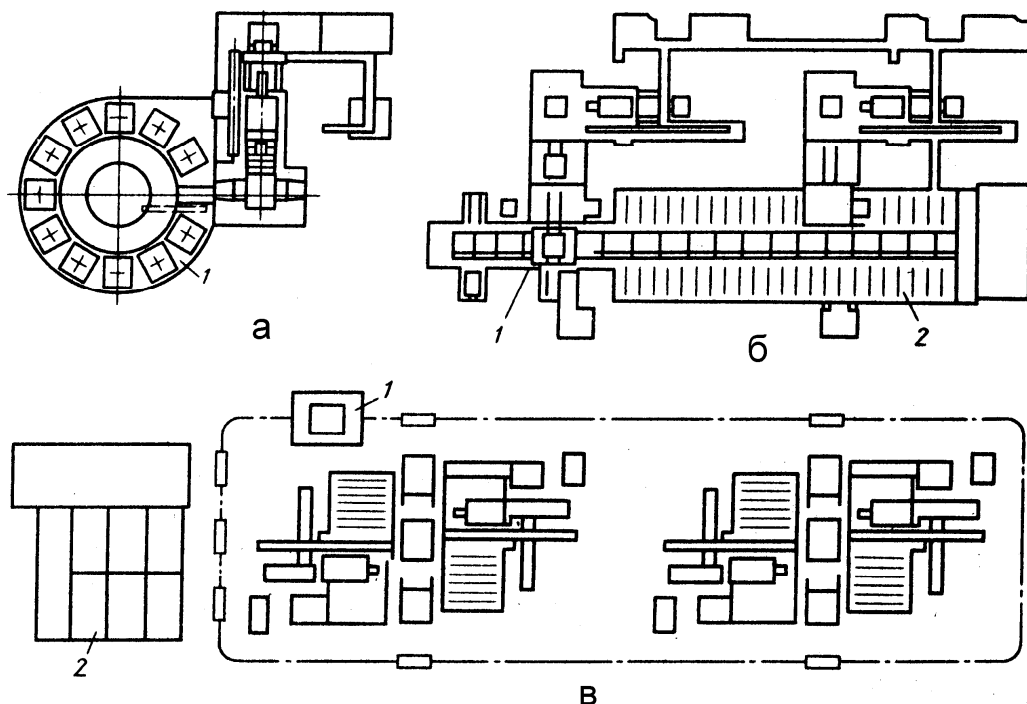


Рис. 8.19. Способи організації потоку деталей на палетах: а – через верстатний накопичувач; б – за допомогою каретки вільної адресації й спільного для декількох верстатів накопичувача; в – за допомогою робочара і центрального складу-накопичувача

Безрейкові самохідні візки (рис. 8.20) знаходять усе більш широке застосування. Зазвичай вони переміщуються уздовж треку тієї або іншої фізичної природи, який покладено у підлозі або на його поверхні. Один з варіантів трасування полягає в тому, що на поверхню підлоги наносять смугу (флюоресцентну, світловідбивальну, білу з чорною окантовкою), а маршрутостеження здійснюється оптоелектронними методами. Недоліком є необхідність стежити за чистотою смуги, що в цехових умовах потребує особливих заходів. Траєкторію маршруту робочар можна задавати кабелем, покладеним у канавці підлоги на невеликій глибині (порядку 20 мм). Після укладання кабелю канавку заливають герметиком. У кабелі пропускається змінний струм частотою 5...32 кГц, завдяки чому виникає можливість індуктивного маршрутостеження. Зазвичай трасу розділяють на шляхові сегменти, а пристрій керування збуджує ті чи інші з них залежно від пункту призначення робочар.

Найбільш поширені робочари з індуктивним маршрутостеженням. Вони мають такі характеристики: вантажопідйомність – 500 кг; швидкість пересування – 70 м/хв; прискорення при розгоні й гальмуванні – відповідно 0,5 і 0,7 м/с²; прискорення при аварійному гальмуванні – 2,5 м/с²; підйом палети – 130 мм; точність зупинки – 30 мм; цикл перевантаження – 3 с; радіус повороту на максимальній швидкості – 0,9 м; робота без підзарядки акумуляторів – 6 годин; час підзарядки батареї акумуляторів – 6 годин; напруга батареї – 24 В; потужність кожного з двох приводних двигунів – 600 Вт; власна маса робочари – 425 кг.

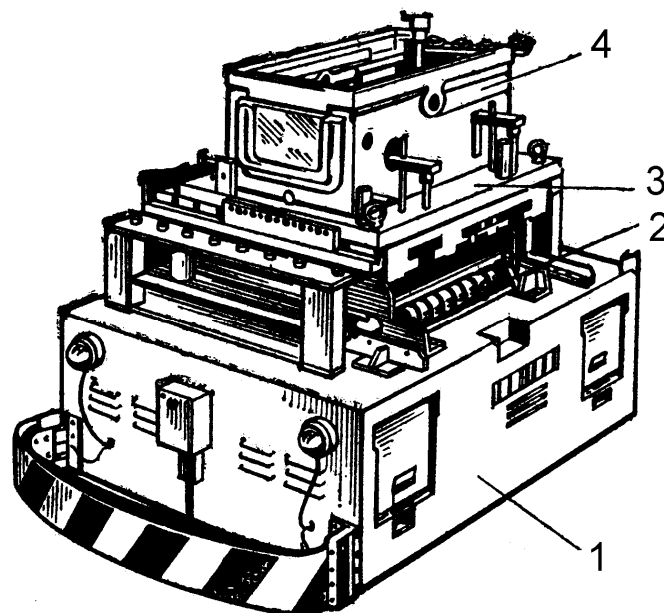


Рис. 8.20. Загальний вигляд самохідного візка: 1 – самохідний візок; 2 – рольганг переміщення супутника з деталлю; 3 – плита-супутник; 4 – оброблювана деталь

У транспортному пристрої модульного типу (рис. 8.21) кожен модуль обслуговує деяку зону і має автономне керування. В одній зоні знаходиться поворотний стіл 1 і до чотирьох хрестоподібно оточуючих його конвеєрів 2. Вільне комбінування зон дозволяє побудувати розвинену транспортну систему досить гнучкої конфігурації. Конвеєри оснащено провідними роликами, на яких встановлено втулки. Зазор між втулками і роликами такий, що втулки ведуть палету або просковзують, якщо палета утримується спеціальної пасткою 3. У районі пасток знаходяться пристрої, що ідентифікують код палети.

Верстатний накопичувач палет (див. рис. 8.19, а) виконує надзвичайно важливу функцію. Під час автономної роботи ГВМ або безлюдної роботи в складі ГВС у нічну зміну необхідно створити запас заготовок, достатній для безперервного функціонування без додаткового підживлення і будь-якого втручання оператора протягом певного часу.

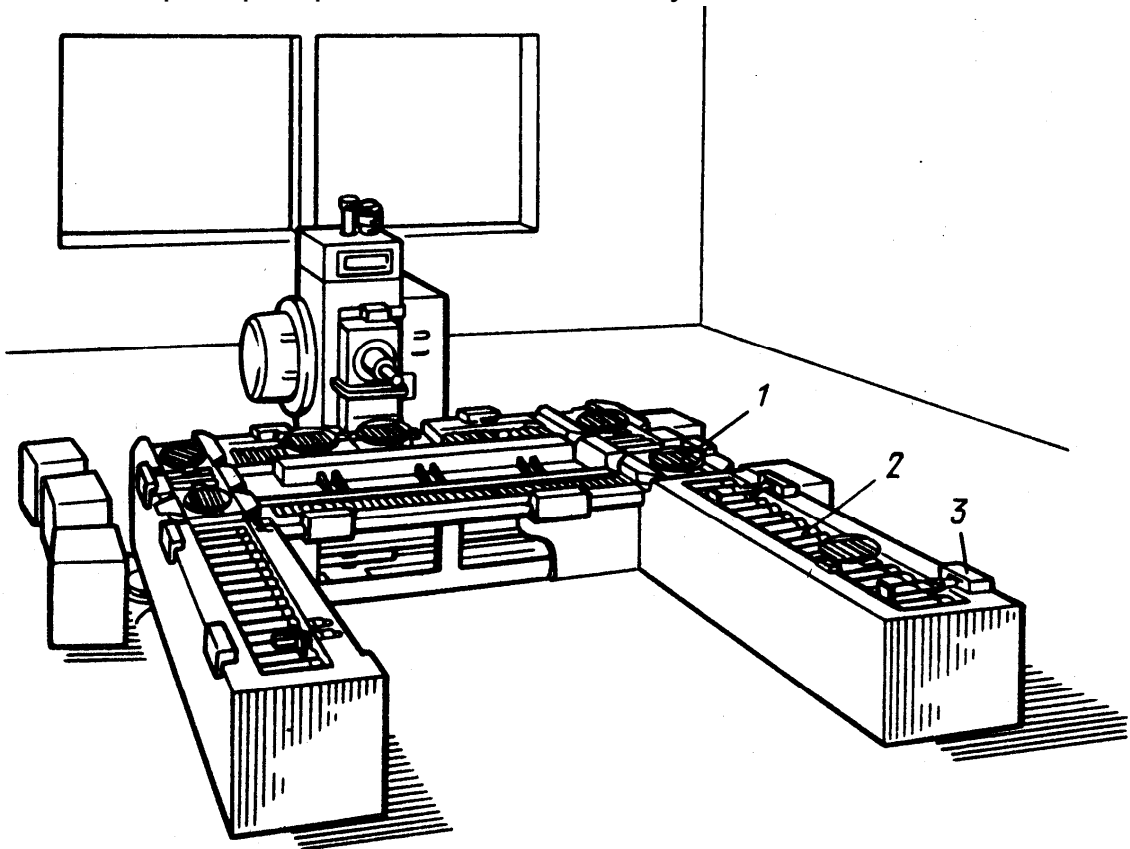


Рис. 8.21. ГВМ із транспортним роликівим пристроєм модульного типу

Для таких умов місткість накопичувача може бути легко встановлено розрахунковим шляхом, виходячи із загальної тривалості технологічного процесу. При роботі ГВМ у складі ГВС у денну зміну матеріальні потоки заготовок і деталей відрізняються складним нестаціонарним характером, зумовленим оперативним плануванням запуску деталей у виробництво. У цих умовах верстатні накопичувачі здійснюють динамічне згладжування

матеріальних потоків, а їх обсяг установлюється зазвичай на основі досвіду або за результатами імітаційного моделювання гнучкої системи в цілому.

Можна впевнено сказати лише одне: місткість накопичувача палет не може бути паспортною характеристикою ГВМ і має призначатися обґрунтовано. У цьому зв'язку виробники ГВМ пропонують споживачам свого обладнання широкий вибір уніфікованих накопичувачів різної місткості, наприклад накопичувачі, що використовуються в ГВМ фірми «Вернер унд Кольб» (Werner und Kolb, Німеччина) (рис. 8.22). В основу цих накопичувачів покладено конструкцію приймально-передавального механізму.

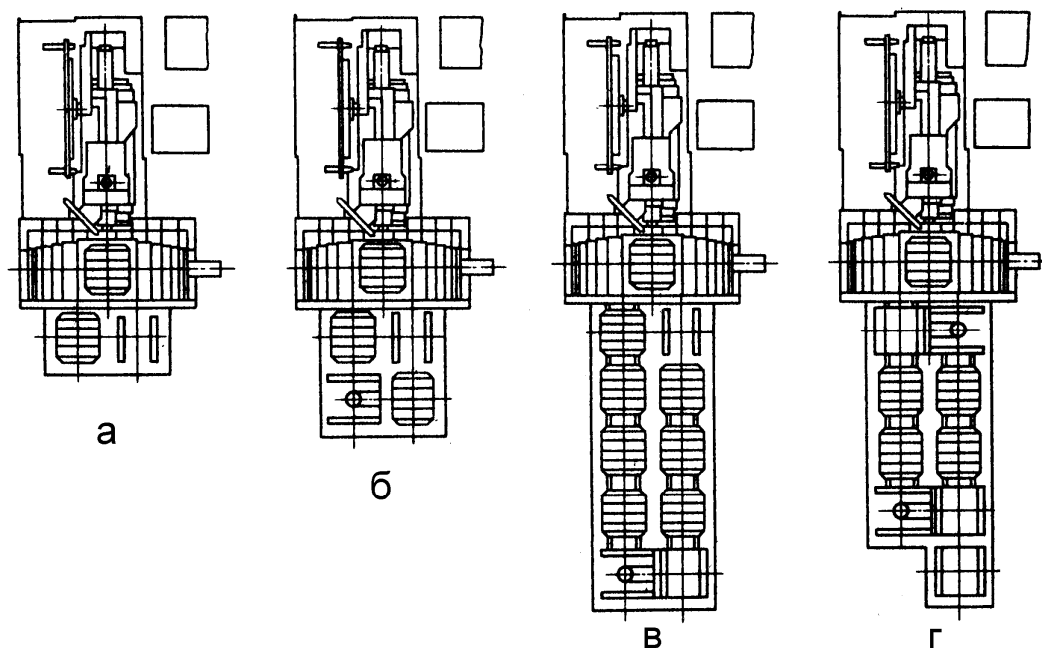


Рис. 8.22. Варіанти накопичувачів палет різної місткості для гнучких модулів фірми «Вернер унд Кольб»: а – варіант з двомісним приймально-передавальним механізмом типу «зліва-праворуч» без накопичувача;

б – накопичувач з місткістю у дві палети; в – накопичувач з жорсткою послідовністю подачі палет; г – накопичувач з вільним зверненням до будь-якої палети і окремою станцією комплектації палети

Приймально-передавальні механізми можуть бути і самостійними вузлами. Кращими є накопичувачі, що забезпечують довільний доступ до будь-якої палети за найкоротшим шляхом. У цьому випадку окремим палетам можна додати різні пріоритети, що запам'ятовуються системою керування, згідно з якими буде організовано послідовне оброблення заготовок, які надійшли. Заготовка, що потрапила в накопичувач ГВМ уперше, набуває особливого статусу, відповідно до якого може бути оброблена тільки під наглядом оператора. У безлюдну зміну заготовки з таким статусом, що опинилися в накопичувачі, просто ігноруються. Мета

такого обмеження є очевидною – необхідно переконатися у працездатності керуючої програми ЧПК, яка вперше використовується на даному верстаті.

Накопичувач з нерухомими палетами (рис. 8.23, а) і накопичувач з кільцевим оберненням палет (рис. 8.23, б) випускає фірма «Хюллер Хіллі», еліптичний накопичувач (рис. 8.23, в) – фірма «Шарманн» (Scharmann, Німеччина) .

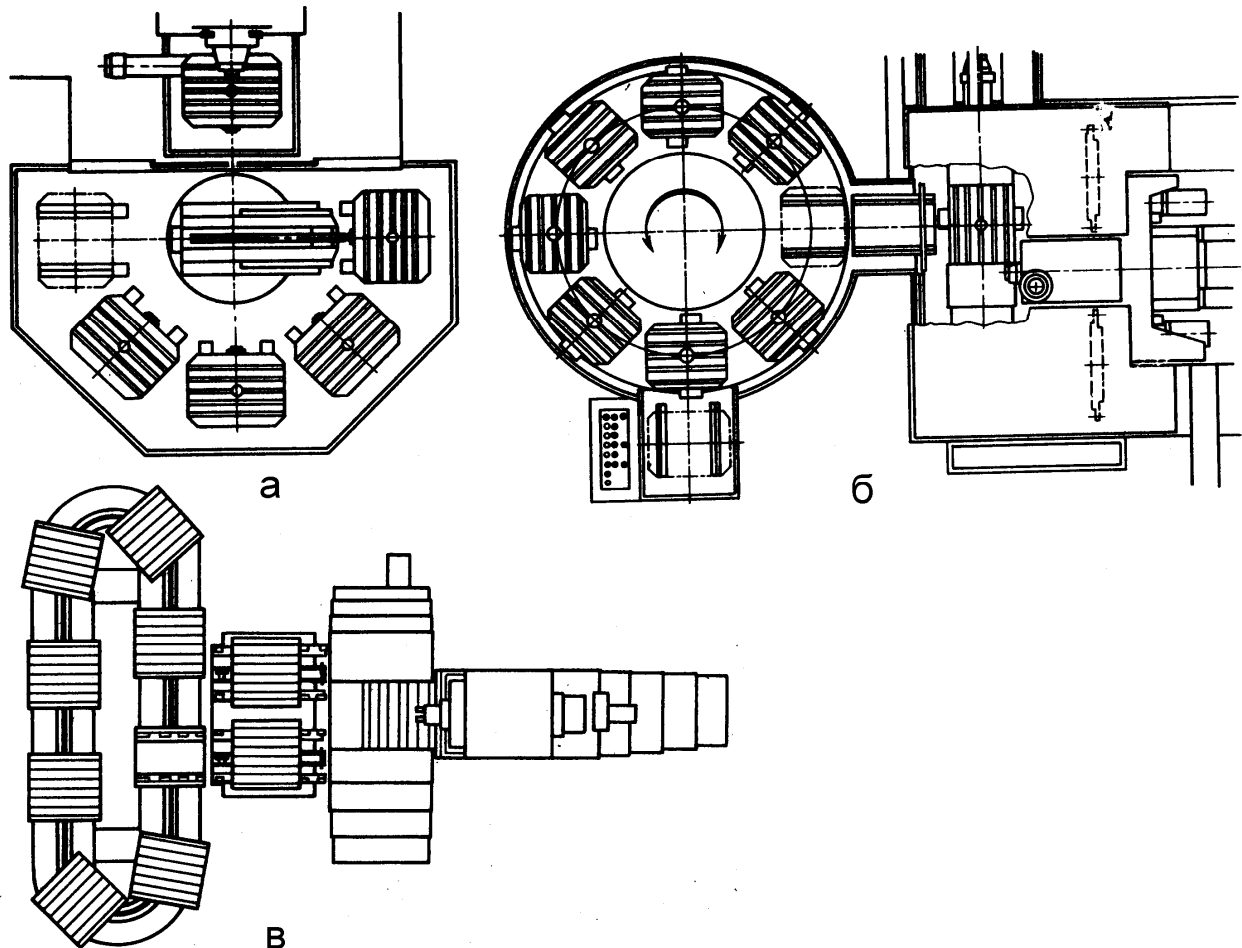
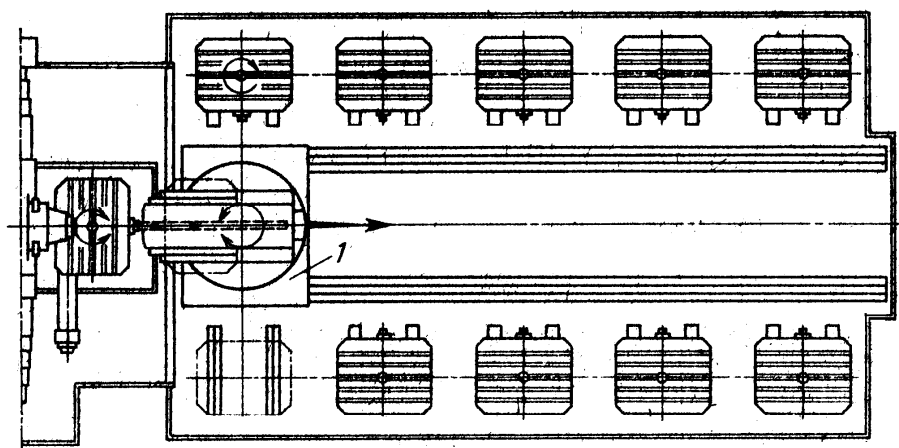


Рис. 8.23. Варіанти конфігурацій накопичувачів:

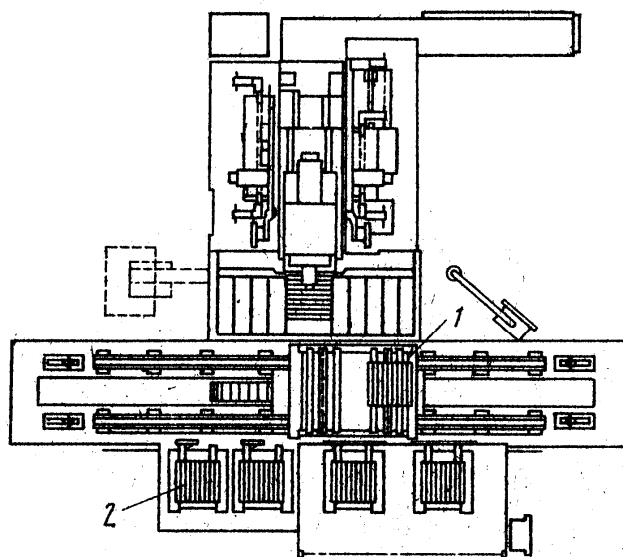
а – накопичувач з нерухомими палетами; б – накопичувач з кільцевим оберненням палет; в – еліптичний накопичувач, що взаємодіє з двомісним приймально-передавальним механізмом

Якщо приймально-передавальний механізм установлено на каретці вільної адресації (рис. 8.24), то таким чином забезпечується дистанційний доступ до лінійно розташованих нерухомих палет.

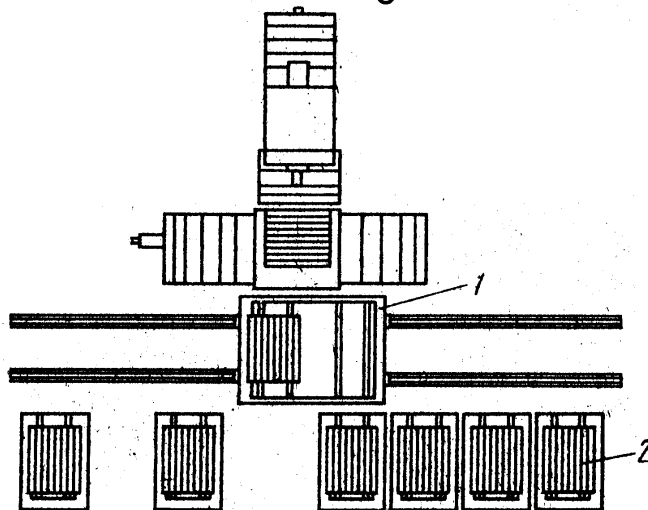
Гнучкість накопичувачів має бути передбачена не тільки щодо їх місткості, а й щодо конфігурацій, щоб найкращим чином використовувати виробничу площу або забезпечити розміщення обладнання відповідно до плану інтегрованої ГПС.



a



б



в

Рис. 8.24. Використання для організації потоку деталей кареток вільної адресації: а – каретка вільної адресації з одномісним приймально-передавальним механізмом; б – каретка вільної адресації з приймально-передавальним механізмом і закритим накопичувачем гнучкого осередка; в – каретка вільної адресації, що взаємодіє з накопичувачем відкритого типу

У ГВМ, призначених в основному для закінченого автономного оброблення невеликих за обсягом і масою деталей, використовують і системи автоматичної заміни палет вертикального компонування. Схему вертикального накопичувача палет ГВМ фірми «Цугамі» (Tsugami, Японія) наведено на рис. 8.25.

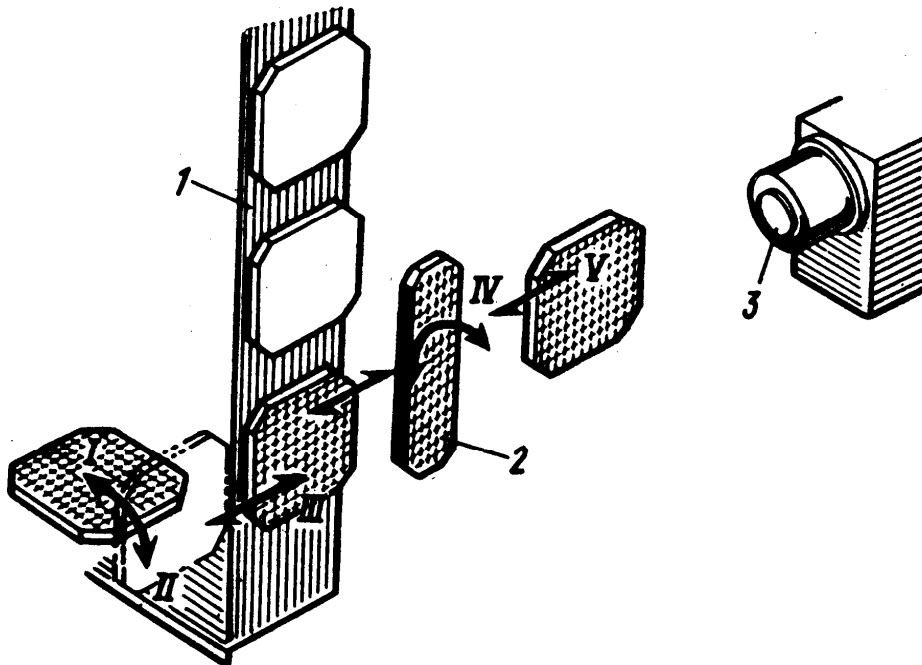


Рис. 8.25. Накопичувач і система автоматичної заміни палет вертикального компонування: 1 – магазин на 10 палет; 2 – механізм заміни палет; 3 – шпindelний вузол; I-V – траєкторія руху палети

Приймально-передавальний механізм каретки 1 може бути одномісним (див. рис. 8.24, а) фірми «Хюллер Хіллі» або двомісним (див. рис. 8.24, б,в) фірми «Шарманн». Конструкція накопичувача 2 може бути закритою (див. рис. 8.24, б); у цьому випадку накопичувач належить до ГВМ. Конструкція накопичувача 2 може бути відкритою (див. рис. 8.24, в), тоді накопичувач є загальним для декількох ГВМ інтегрованої ГПС. В останньому випадку верстатний накопичувач виконує функцію оперативного накопичувача. Тривалість оброблення деталей на верстатах неоднакова, інтервали часу, через які надходять оброблені деталі, можуть бути або більше або менше часу, необхідного для виконання оператором розвантаження з супутників оброблених деталей і завантаження на них заготовок. Якщо інтервали часу надходження оброблених деталей менше часу, необхідного для виконання оператором розвантаження і завантаження супутників, автоматичний візок забирає черговий супутник із заготовкою з оперативного накопичувача і перевозить його до верстата, а оброблену деталь транспортує від верстата і

встановлює на оперативний накопичувач. Відсутність у цьому випадку оперативного накопичувача призвела б до затримки завантаження верстатів і їх простою.

8.2. Організація інструментального потоку

ГВМ мають, подібно своїм попередникам – багатоопераційним верстатам типу обробного центру – інструментальні накопичувачі, виконані у вигляді револьверних головок (місткістю до 12 інструментів), інструментальних барабанів або дисків (з середньою місткістю 12 – 30 інструментів) і у вигляді ланцюгових інструментальних магазинів (зазвичай місткістю понад 50 інструментів). Проте в ГВМ довелося організовувати по-новому все інструментальне господарство, у тому числі і сам інструментальний потік. Розширення номенклатури оброблюваних деталей, підказане вимогою гнучкості, призвело до різкого збільшення місткості накопичувачів, яка в деяких верстатах перевищила 200 інструментів. Для такого збільшення існує розумна межа, обумовлена зростанням габаритних розмірів накопичувача і маси його рухомих частин, включаючи масу самого інструменту. Крім того, виникла необхідність зберігати не тільки основний, але й резервний інструмент на випадок руйнування основного або вичерпання періоду його стійкості в безлюдну зміну. Усе більша кількість позицій накопичувача почали відводити під контроль-вимірювальний інструмент (у деяких випадках до 20 %). Таким чином, наростаючий дефіцит місткості накопичувача інструменту можна ліквідувати тільки шляхом зовнішнього його поповнення. Цією обставиною і визначається прийнята в ГВМ організація інструментального потоку, яка далі розглядається на прикладі ГВМ для оброблення корпусних деталей.

Початковою ланкою в інструментальному потоці є приймально-передавальний механізм перевантаження інструменту з накопичувача в шпindel і назад, зазвичай його називають інструментальним автооператором. Ефективність автооператора залежить від того, наскільки швидко здійснюється цикл перевантаження. У кращих конструкціях тривалість цього циклу становить 4 с і менше.

Як приклад розглянемо схему дії автооператора 5 верстата 2623МФ4 (рис. 8.26). У вихідному положенні захватувальні пристрої 1 і 10 автооператора 5 знаходяться на невеликій відстані відповідно від магазину 14 і шпинделя 9. За командою на заміну інструментів обидва захватувальні пристрої одночасно подаються за допомогою гідроциліндрів 2 і 11 до інструментальних оправок і захоплюють їх (у кожному захватувальному пристрої є важіль-клямка). Слідом за цим важелі з гідроциліндрами захватувальних пристроїв синхронно повертаються

гідроциліндром 13 навколо вертикальних осей 3 і 12, витягуючи оправки з інструментами з магазину 14 і шпинделя 9. Для заміни інструментів корпус 4 автооператора 5 повертається на 180° за допомогою зубчастого колеса 7 і рейок, пов'язаних з гідроциліндрами 6 і 8. Після цього важелі захватувальних пристроїв, повертаючись навколо своїх осей, вводять інструменти в магазин 14 і шпиндель 9. Тривалість циклу заміни інструменту становить 9 с.

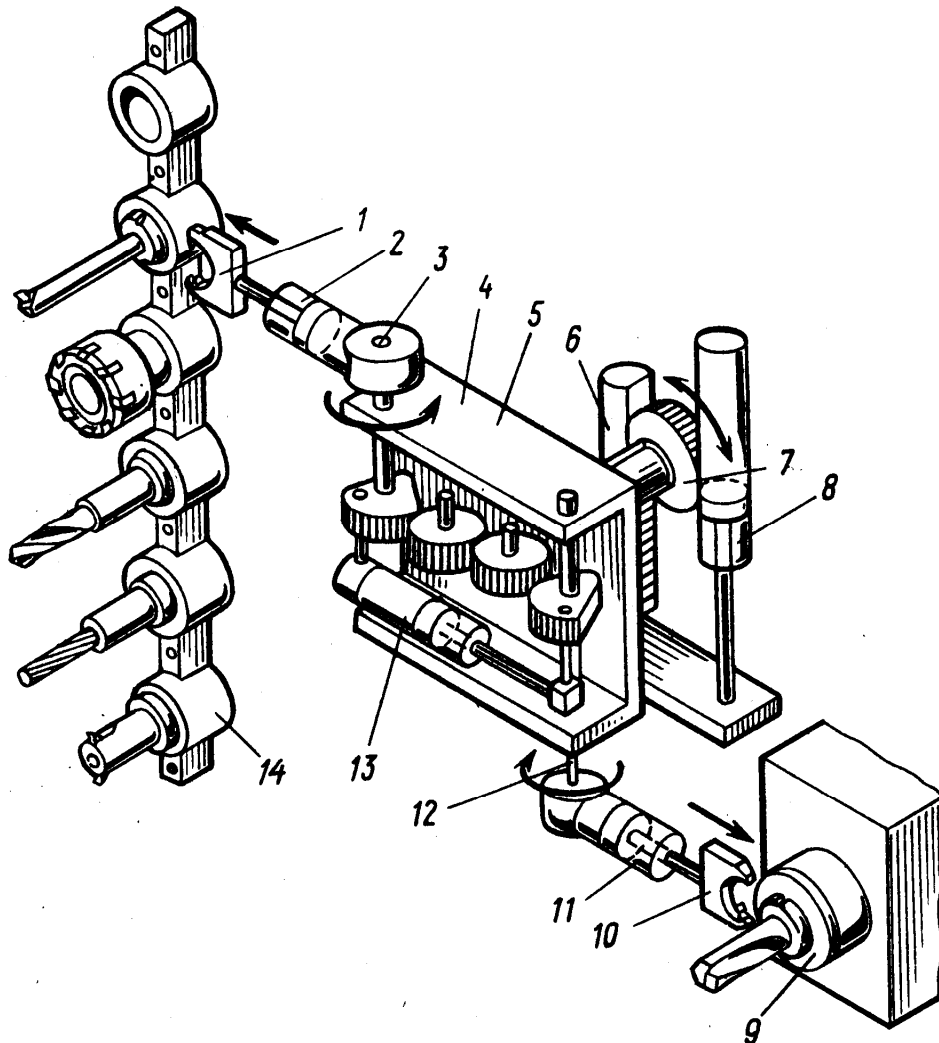


Рис. 8.26. Схема дії автооператора верстата 2623МФ4

Для скорочення циклу перевантаження частину рухів автооператора, пов'язаних з вибором чергового інструменту, намагаються поєднати з обробкою попереднім інструментом у рамках попереднього кадру керуючої програми ЧПК. Автооператор верстата фірми «Цинциннаті» (Cincinnati, США) (рис. 8.27) завершує цикл перевантаження за 4 с.

Ще більш короткого циклу перевантаження (2,5 с) досягла фірма «Урава Машин Тулз» у своїх верстатах портальної конструкції з поздовжнім рухом столу і вертикальним розташуванням шпинделя.

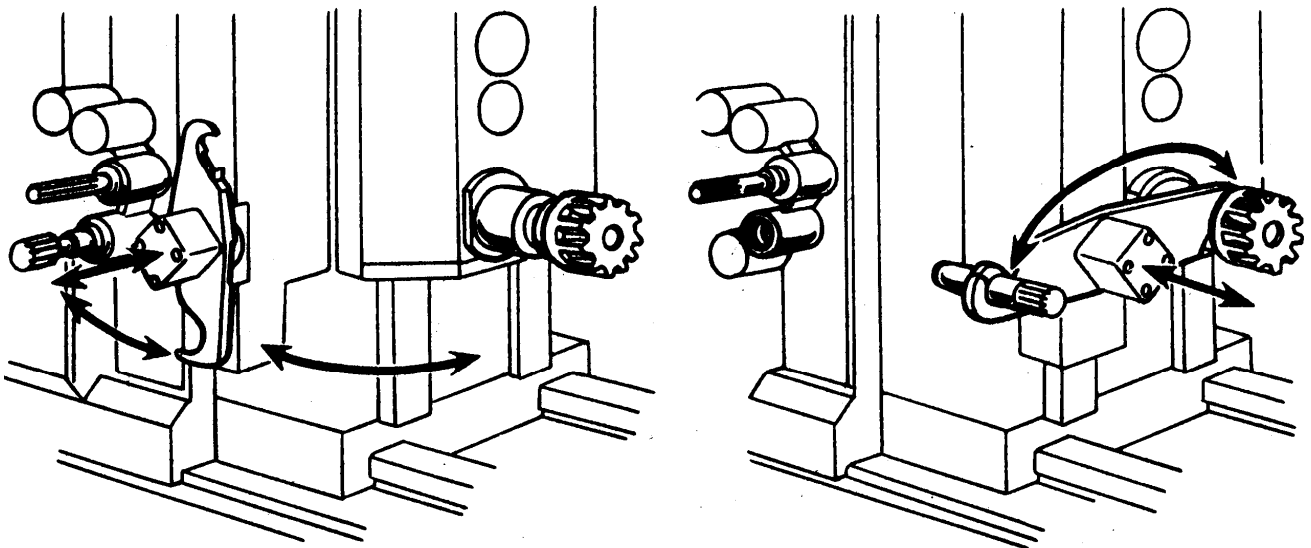


Рис. 8.27. Автооператор верстата фірми «Цинциннаті»

Поворотний інструментальний барабан з вертикальною віссю розташовано на краю столу (що зручно при його зовнішньому поповненні), і при заміні інструменту він підводиться під шпиндель. Автооператор складається з єдиного штовхача, який одним рухом вивантажує замінний інструмент зі шпинделя в барабан, а іншим рухом (після повороту барабана) передає черговий інструмент з барабана у шпиндель (рис. 8.28).

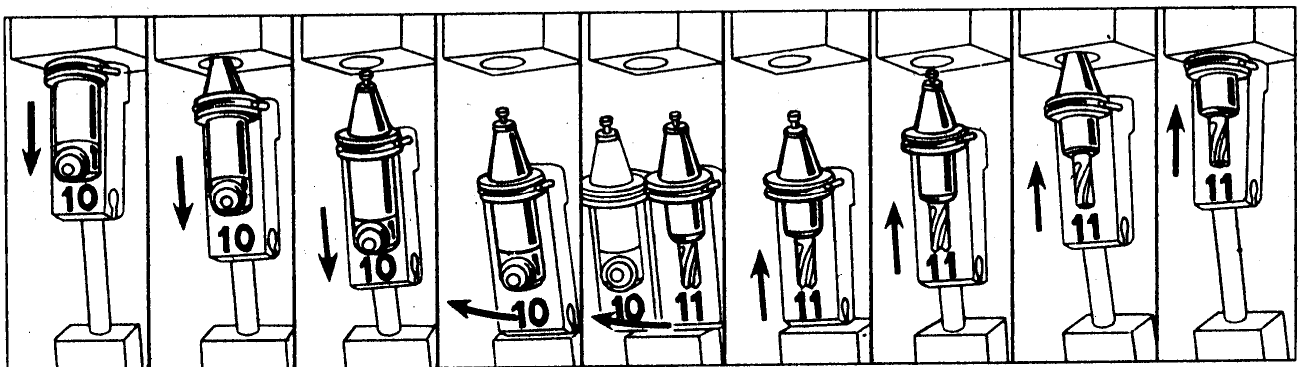


Рис. 8.28. Послідовність автоматичної заміни інструменту у верстатах фірми «Урава» (10, 11 – суміжні інструменти)

Конструкція і цикл роботи автооператора ускладнюються в тих випадках, коли, наприклад, один автооператор по черзі взаємодіє з двома інструментальними накопичувачами, коли один і той же автооператор застосовується для заміни різнорідного інструменту (різців, фрез). Схема роботи автооператора фірми «Пегар» (Pegard, Бельгія) (рис. 8.29) використовується для виконання звичайних дій і, крім того, для завантаження різців у радіальний супорт плансупортної головки.

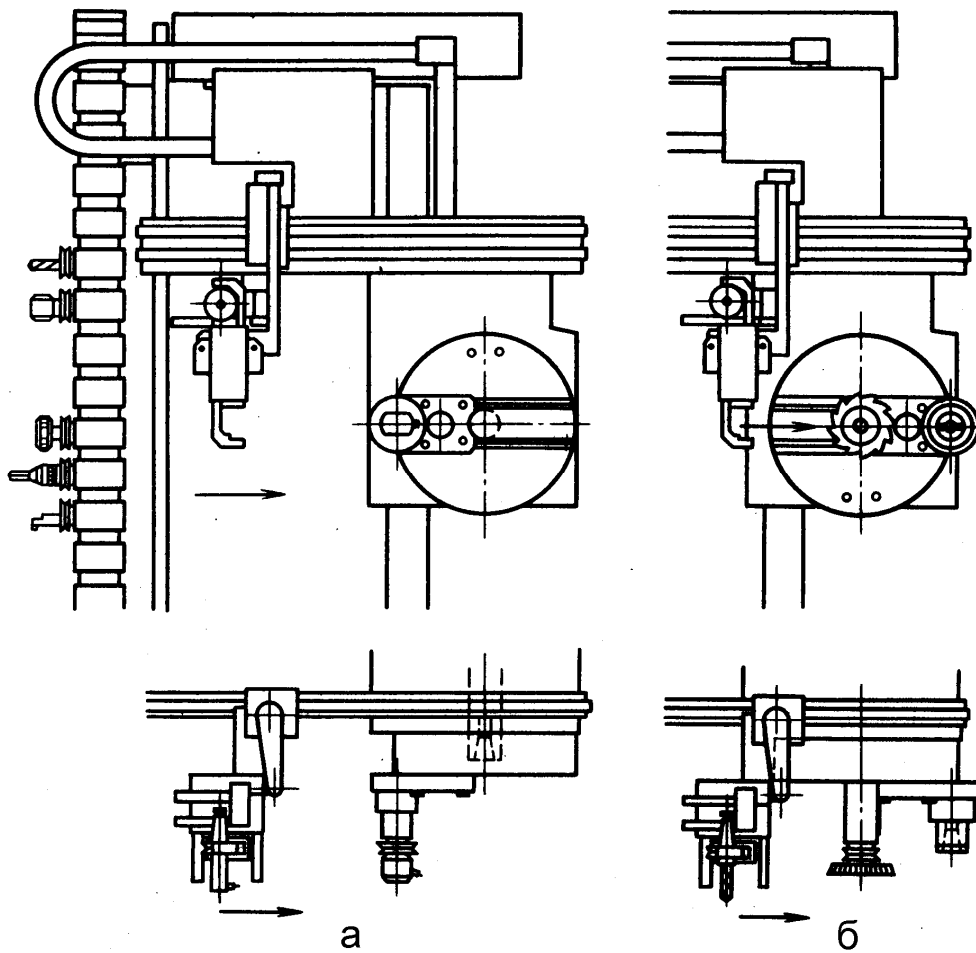


Рис. 8.29. Механізм автоматичної заміни інструменту фірми «Пегар»:
 а – заміна інструменту плансупортної головки; б – заміна інструменту,
 встановленого в шпинделі

Існує тенденція побудови механізмів для автоматичної заміни інструментів, у яких приймально-передавальний механізм пристрою на стику між накопичувачем і шпинделем узагалі відсутній. У цьому випадку цикл перевантаження організують шляхом рухів накопичувачів 1, 3, 5 і шпинделів 2, 4 (рис. 8.30).

Складовою частиною операції зберігання інструменту в накопичувачі є ідентифікація інструменту. Набули поширення три способи ідентифікації. Перший полягає в тому, що інструментальна наладка має адресний пристрій того чи іншого конструктивного виконання, наприклад на конусній частині оправки передбачено лиски з нарізними отворами для набору цифрового коду за допомогою нарізних штирів. Код розпізнається електромеханічною контактною системою, причому не має значення, в яке гніздо магазину завантажують конкретний інструмент. При другому способі кожному гнізду магазину відповідає певний інструмент, і процес пошуку конкретного інструменту полягає в позиціонуванні інструментального накопичувача.

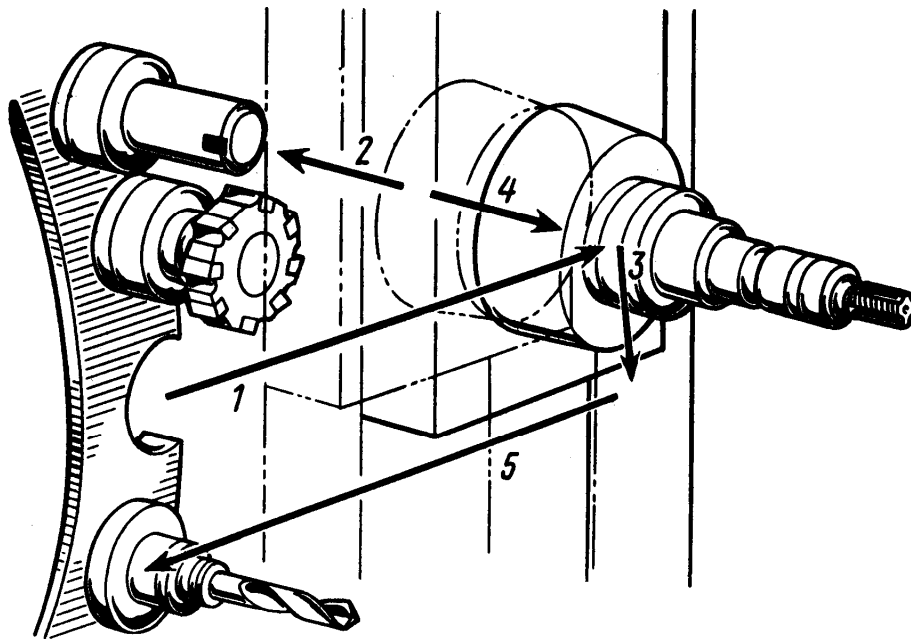


Рис. 8.30. Схема автоматичної заміни інструменту фірми «Хюллер Хіллі»
Інший варіант тієї ж схеми показано на рис. 8.31.

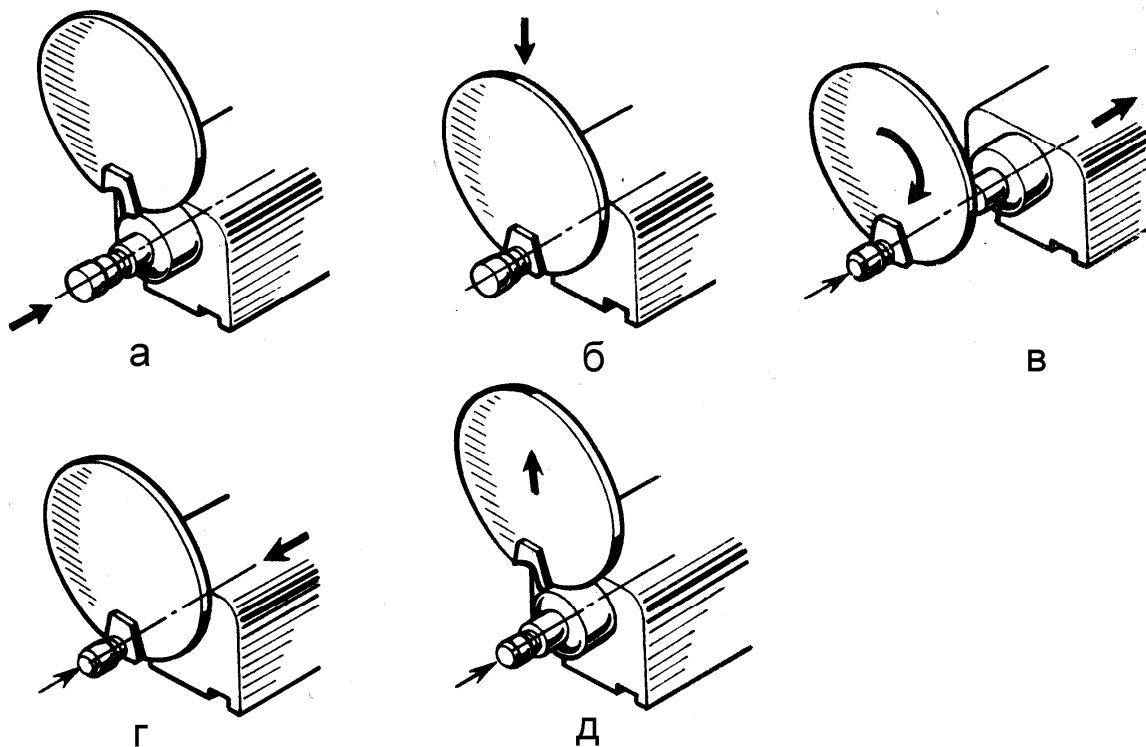


Рис. 8.31. Фази автоматичної заміни інструменту в ГВМ фірми «Фанук»:
а – повернення шпindelної головки в початкове положення і орієнтація шпindelя; б – опускання інструментального барабана, захоплення інструменту, відкріплення інструменту в шпindelі; в – відведення шпindelної головки, поворот інструментального магазину для вибору нового інструменту; г – підведення шпindelної головки і затиск нового інструменту; д – підйом інструментального магазину

Найбільш прогресивним є третій спосіб, який називається змінним кодуванням гнізда під інструмент. Пристрій ЧПК містить динамічну систему таблиць, в яких кожному інструменту присвоєно абсолютний код інструменту, внутрішній код корекції довжини і радіуса інструменту, ознаку активності (знаком плюс позначають активний інструмент, а знаком мінус – інструмент, що вичерпав ресурс стійкості), ознаку «родинних відносин» (в яких відносинах перебувають основний і резервний інструменти одного і того ж призначення), код гнізда, де інструмент знаходиться в даний момент часу. При заміні інструменту попередній інструмент устанавлюється на місце наступного, а в таблиці автоматично вносяться зміни. Подібну систему таблиць містить, наприклад, пристрій ЧПК фірми «Бош» (Bosch, Німеччина).

Традиційні накопичувачі містять одноінструментні наладки. Однак у ГВМ усе більшого застосування набувають багатшпіндельні головки і, відповідно, накопичувачі таких головок. На рис. 8.32 подано агрегатований модуль з пристроєм для автоматичної заміни чотирьох шпіндельних головок.

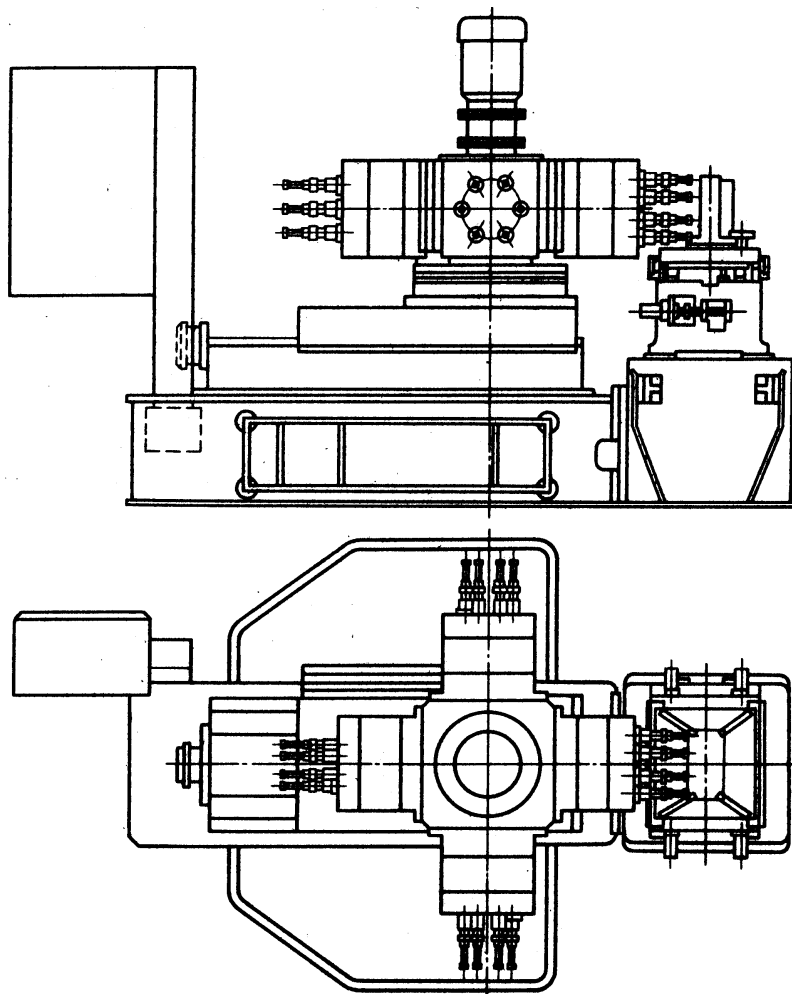


Рис. 8.32. Переналагоджуваний агрегатний верстат з пристроєм для автоматичної заміни чотирьох шпіндельних головок

ГВМ з великим накопичувачем багатошпindelних головок (рис. 8.33) призначено для виконання операцій свердління, зенкування, фрезерування, розгортання. Особливо ефективним є його застосування при обробленні деталей, що мають велику кількість основних і кріпильних отворів, а також ступінчастих поверхонь.

ГВМ складається з верстатної частини, системи заміни оброблюваних деталей (склад 2 заготовок, маніпулятор 3, перевантажувальний пристрій 1, тумба 6 для завантаження-вивантаження), системи заміни інструменту (склад 4 багатошпindelних коробок і візок-оператор 5 із завантажувальним пристроєм) і системи керування. Склад розраховано на розміщення 36 багатошпindelних головок. Таким чином, продуктивність збільшується пропорційно кількості одночасно працюючих інструментів, тобто кількості інструментів у багатошпindelній головці.

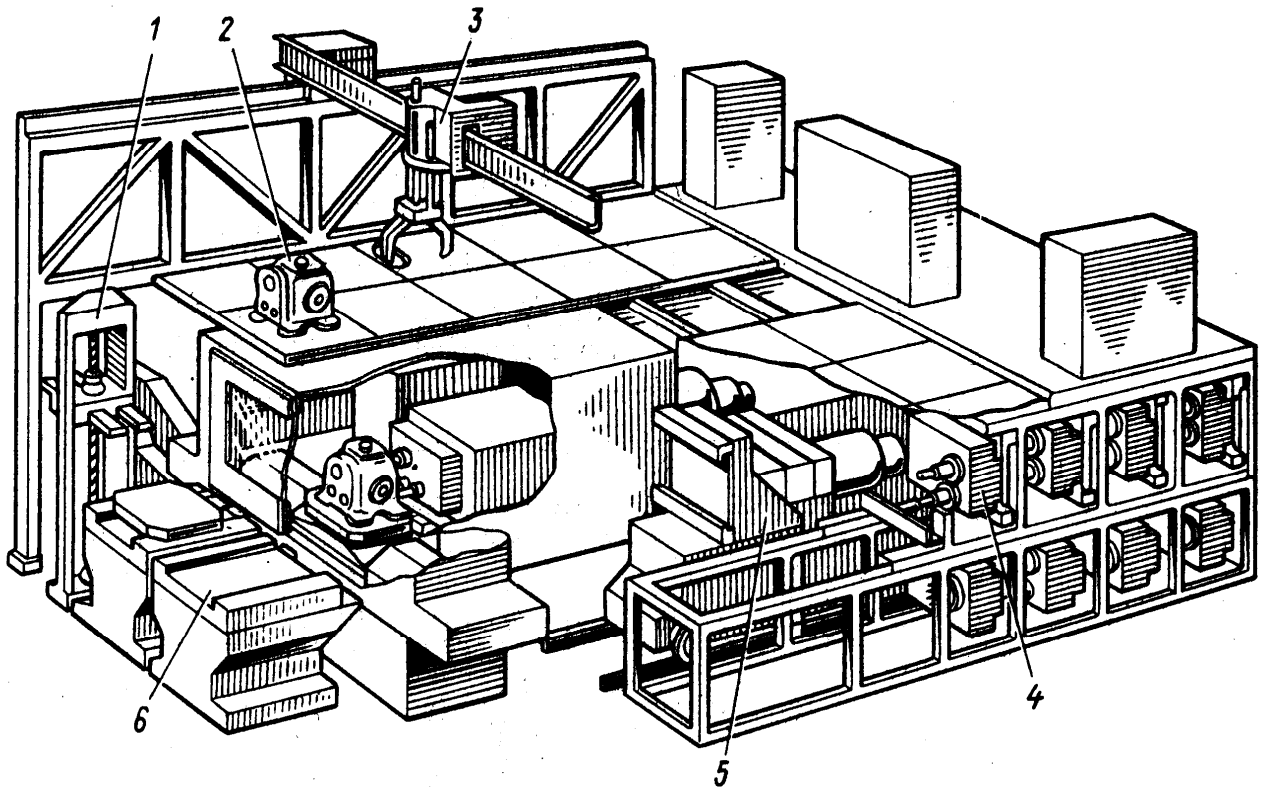


Рис. 8.33. ГВМ з накопичувачем багатошпindelних головок

Проблема забезпечення ГВМ інструментом вирішується одним з чотирьох способів:

- 1) шляхом збільшення місткості власних накопичувачів, головним чином завдяки підвищенню їх кількості;
- 2) шляхом організації заміни інструментальних магазинів;
- 3) за допомогою індивідуального зовнішнього поповнення інструментальних магазинів одиночними інструментами і такого ж індивідуального видалення непотрібних або зношених інструментів;

4) шляхом організації єдиного потоку руху деталей та інструментів.

У ГВМ фірми «Хюллер Хіллі» є один (рис. 3.9, а) або два (рис. 8.34, б) інструментальних диски 4, 5, механізм автоматичної заміни дисків, накопичувач дисків.

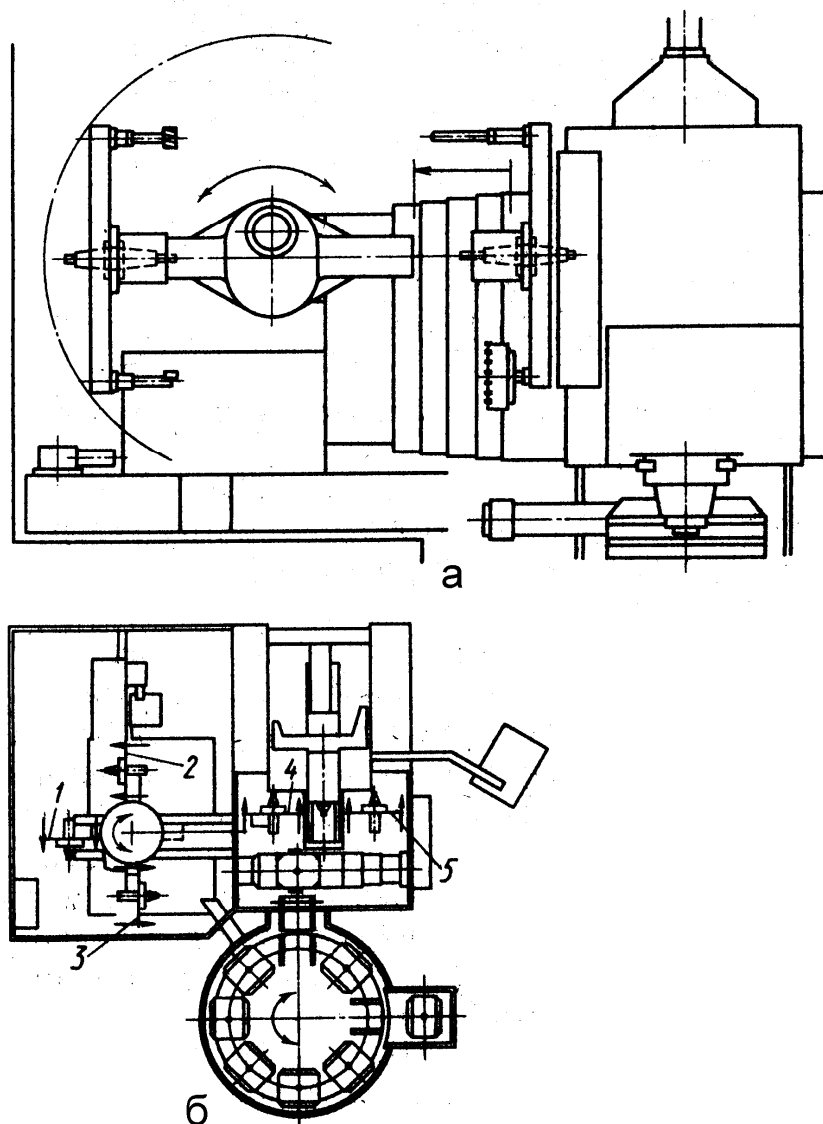


Рис. 8.34. ГВМ фірми «Хюллер Хіллі» з резервними інструментальними магазинами: а – автоматична заміна інструментальних дисків; б – гнучкий осередок з двома робочими і трьома резервними інструментальними дисками

Робочий диск 5 є «жорстким», тобто незмінюваним. У ньому зберігаються ті інструменти, які повторно і багаторазово використовуються в загальному потоці різноманітних заготовок: пальцеві фрези, свердла, мітчики повторюваних різей, вимірювальні головки. Інструменти, прив'язані до конкретної керуючої програмі ЧПК, встановлено у відповідному змінному диску 1 – 3 накопичувача, і під час виклику певної керуючої програми приписаний до неї змінний диск автоматично завантажується в робочу позицію.

Подача укомплектованих інструментальних магазинів до ГВМ здійснюється за допомогою зовнішнього транспорту. Подібний транспорт може входити до складу обладнання інтегрованої ГПС.

Індивідуальне зовнішнє поповнення інструментальних магазинів (рис. 8.35) є зручним, оскільки перевантаження інструментів здійснюється одночасно з робочим процесом.

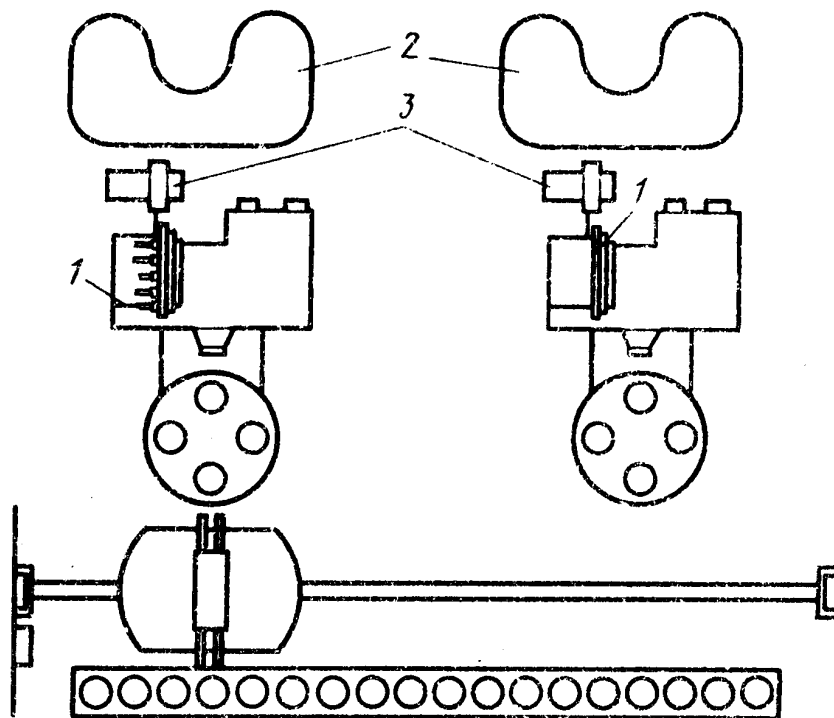


Рис. 8.35. Децентралізована система індивідуального зовнішнього поповнення інструментальних магазинів одиночними інструментами

Таким чином, місткість інструментального магазину може безперервно оновлюватися. Обмін інструментами між інструментальними магазинами 1 верстатів та інструментальними складами 2 виконується за допомогою приймально-передавальних механізмів 3. Кожен із зовнішніх складів являє собою ланцюговий інструментальний магазин великої місткості, побудований на використанні децентралізованого поповнення інструменту.

На відміну від цього центральний склад інструменту, призначеного для індивідуального поповнення верстатних інструментальних накопичувачів, використано в гнучкій системі АЛП-3 (рис. 8.36). Обмін інструментами між верстатним накопичувачем і центральним складом відбувається за такою схемою. Згідно з завданням на наступний день у вигляді переліку деталей, що підлягають обробленню, виявляється номенклатура необхідного інструменту і перевіряється його наявність у накопичувачах верстатів і на центральному складі. Інструмент, якого бракує, заздалегідь підготовляють, а система керування виявляє вільні

інструментальні гнізда. Якщо вільних місць не вистачає, то складають перелік інструментів, що підлягають заміні. Комплект непотрібного інструменту міняють на новий, який за допомогою касет-візків подається на склад. Прийом на склад виконується через контрольну позицію, в якій зчитуються коди інструментальних наладок.

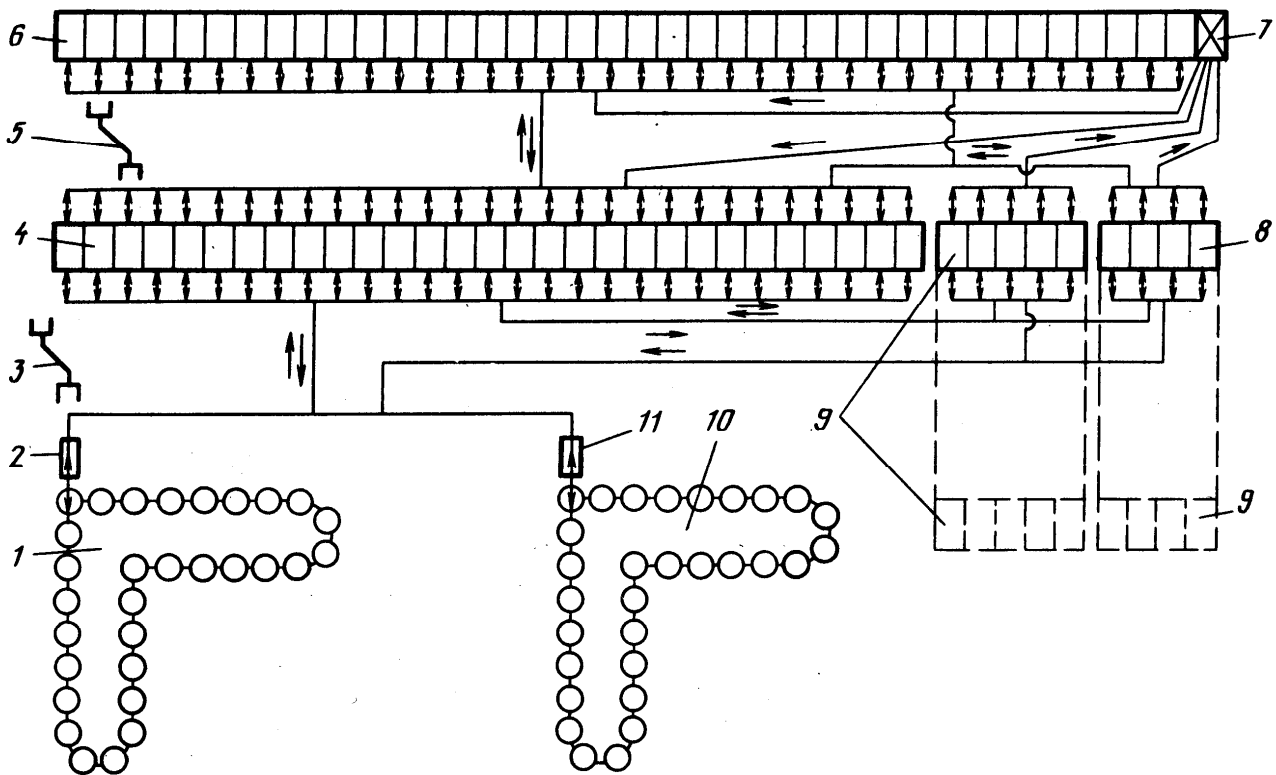


Рис. 8.36. Організація інструментального потоку в ГВС АЛП-3:

- 1, 10 – верстатні інструментальні накопичувачі; 2, 11 – приймальні позиції у верстатів; 3, 5 – автооператори; 4, 6 – зовнішні інструментальні склади; 7 – контрольна позиція з датчиком зчитування коду інструментальної наладки; 8, 9 – касети групової подачі інструментальних наладок на склад і групового приймання зі складу

При завантаженні на верстат чергової деталі здійснюється автоматичне опитування наявності у верстатному накопичувачі всіх інструментів, потрібних для її оброблення. Якщо два перших інструменти (по ходу майбутнього циклу) є, робочий цикл можна почати. Бракуючий інструмент перевантажується в накопичувач зі складу автооператором. Автооператори призначено для пошуку, транспортування і заміни інструментальних наладок на складі, перевантаження інструменту з одного магазину складу в інший, доставки зламаного і зношеного інструменту від верстатів у рухомі касети, заміни інструментальних наладок у приймальних позиціях верстатів.

Існує багато способів подачі інструментальних наладок до

верстатного накопичувача ГВМ, наприклад, такий, коли інструмент доставляється за допомогою рейкового транспортного візка (рис. 8.37), а перевантажується в інструментальний накопичувач роботом, установленим на візку.

Ілюстрацією до організації єдиного потоку руху деталей та інструментів може бути таке технічне рішення. Інструментальний комплект доставляється на палеті тими ж транспортними засобами, які використовуються і для подачі деталей у ГВМ. Палета з інструментальною касетою (рис. 8.38) встановлюється в робочу позицію верстата. Далі починається цикл перевантаження інструменту з проміжним захопленням його шпинделем і подальшою передачею в інструментальний магазин звичайними засобами автоматичної заміни інструменту. Видалення інструменту з магазину здійснюється у зворотному порядку.

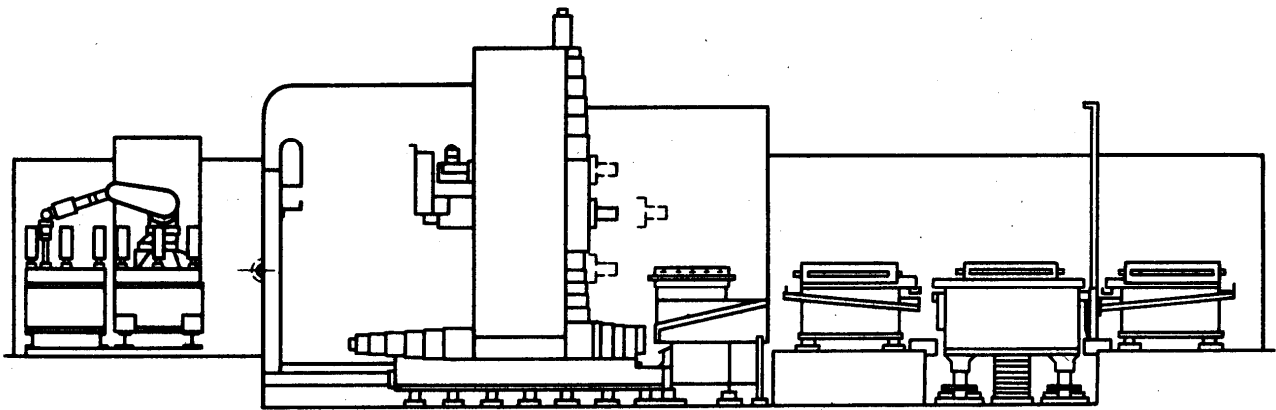


Рис. 8.37. Доставка інструментальних наладок у ГВМ на рейковому транспортному візку

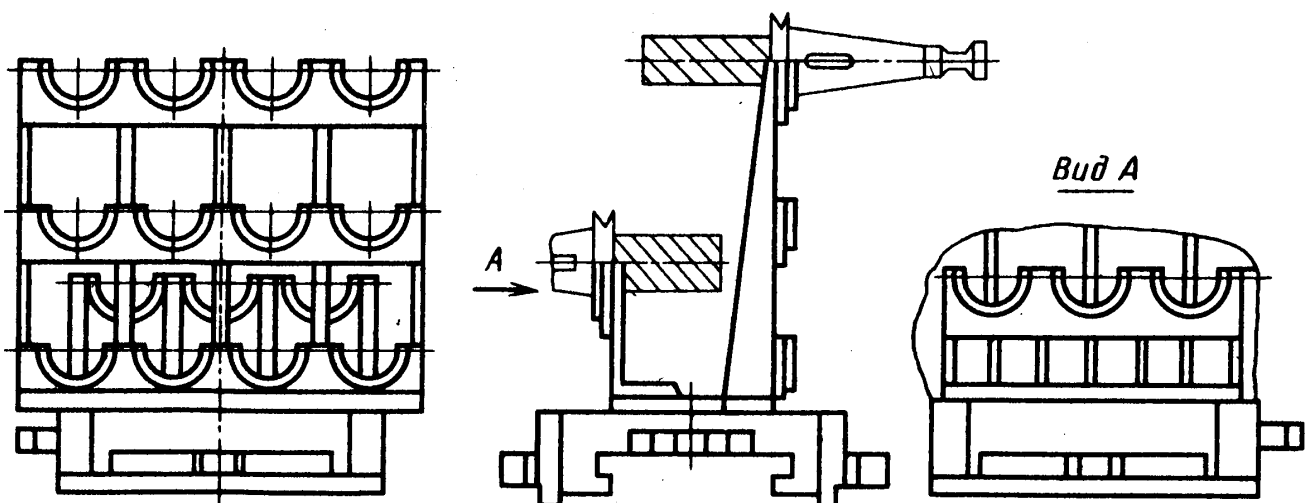


Рис. 8.38. Інструментальна касета, встановлена на палеті, для доставки інструментів в єдиному потоці з рухом деталей

8.3. Контрольно-вимірвальна система ГВМ

Контрольно-вимірвальну систему застосовують для контролю деталі, інструменту, основного робочого процесу й окремих підсистем ГВМ.

Істотне підвищення точності металообробки і якості виготовлених деталей досягається в результаті впровадження та застосування приладів, датчиків, перетворювачів для діагностики та контролю технологічних процесів механообробки. Такі технічні засоби мають забезпечувати контроль стану різального інструменту і параметрів технологічного процесу (режимів обробки з раціональним використанням обладнання), а також якості деталі, що виготовляється, під час її оброблення. Слід зазначити, що нині переважну кількість верстатів з ЧПК оснащено вбудованими системами контролю і діагностики ряду параметрів технологічного процесу і систем самого металорізального обладнання. Однак, як показує практика, при розробленні ГВС кількість штатних пристроїв найчастіше є недостатньою. Тому виникає необхідність додаткового оснащення ГВМ необхідними пристроями контролю та діагностики. Основним критерієм заходів з модернізації контрольно-вимірвальної системи ГВМ є забезпечення режиму безперебійної роботи протягом однієї-двох змін.

Основне призначення контрольно-вимірвальної системи – забезпечення безперебійності робочого процесу, запобігання аварій і пошкоджень, контроль за якістю, поточне діагностування і накопичення статистичної інформації. Для досягнення зазначених цілей контрольно-вимірвальні функції виконуються перед обробленням, під час оброблення, між окремими операціями робочого процесу і після завершення оброблення. Під час контролю деталей перед обробленням мають бути ідентифіковані палета та заготовка, проконтрольовано просторове розташування заготовки, введено відповідні коригування та встановлено зв'язок систем координат верстата і деталі, виміряно припуск і твердість для визначення числа проходів; під час оброблення та між операціями мають бути забезпечені контроль якості (перевірено розміри, допуски, відхилення форми) і розрахунок необхідних коригувань; після завершення оброблення має бути виконано остаточний контроль якості та враховано всі дані, що використовуються при накопиченні статистичної інформації та встановленні трендів.

При контролі інструменту перед обробленням мають бути перевірені правильність вибору інструменту, ступінь зношення і стан робочої кромки, визначено необхідні корекції на довжину і діаметр інструменту; під час

оброблення мають здійснюватися контроль непередбаченого зношування інструменту і спостереження за ресурсом стійкості, контроль контакту з деталлю, контроль поломки інструменту (з оцінюванням браку, як виправного, так і невиправного), контроль режимів, неприпустимих вібрацій, зливної стружки; між операціями і після завершення оброблення необхідно встановлювати непередбачене зношування і поломку інструменту, фіксувати режими, що супроводжуються формуванням зливної стружки.

При контролі основного робочого процесу перед обробленням має бути забезпечено контроль наявності заготовки, інструменту, керуючої програми, моделі робочого процесу; під час оброблення та між операціями слід здійснювати збирання і накопичення інформації про проходження робочого процесу (діагностичні дані, відмови, корекції, зупинки); після завершення оброблення мають бути проаналізовані причини появи будь-яких негативних факторів, ураховані всі необхідні дані, які беруть участь у накопиченні статистики та визначенні трендів.

Для окремих підсистем ГВМ постійно або періодично мають бути забезпечені збір, накопичення й аналіз діагностичної інформації, формування моделей функціонування, локалізація аварій і збоїв, пророкування відмов, своєчасне залучення резервів.

З приводу перелічених функцій контрольно-виміральної системи можна сказати таке. По-перше, наведений неповний перелік ні в одному відомому ГВМ у всьому обсязі не реалізовано. По-друге, скільки-небудь помітна тенденція до централізації контрольно-виміральних функцій у рамках єдиної підсистеми не виявляється. Навпаки, значна частина зазначених функцій виконується засобами системи ЧПК і засобами системи керування електроавтоматики ГВМ.

Інша частина контрольно-виміральних функцій виконується спеціальними засобами: системою ідентифікації, що вирішує завдання з класу розпізнавання образів; моніторинговою системою контролю інструменту; системою адаптивного керування процесом різання; контрольно-виміральним автоматом.

Таким чином, контрольно-виміральні функції в ГВМ явно є децентралізованими. Переважна частина контрольно-виміральних функцій в існуючих ГВМ пов'язана з обробленням геометричної і розмірної інформації й інформації про силові параметри процесу різання.

Розглянемо деякі типові завдання, в яких використовується геометрична і розмірна інформація. Велике коло завдань з вимірювання деталей та інструментів може бути вирішено за допомогою нульових вимірально-виміральних головок, або головок дотику. Прикладом такої головки є

вимірювальний пристрій фірми «Ренішо Електрикал» (Renishaw Electrical Ltd, Великобританія). Головка не має будь-яких шкал, а вимірювальний сигнал формується в певному (нульовому) положенні щупа при миттєвому перемиканні «механічного тригера» (рис. 8.39).

Інформація про перемикання передається в різних модифікаціях головки одним з трьох способів: дистанційно за допомогою індуктивного зв'язку; дистанційно за допомогою оптичного зв'язку в інфрачервоному діапазоні частот (у цьому випадку головка має вбудовану батарею живлення); за допомогою дротового зв'язку.

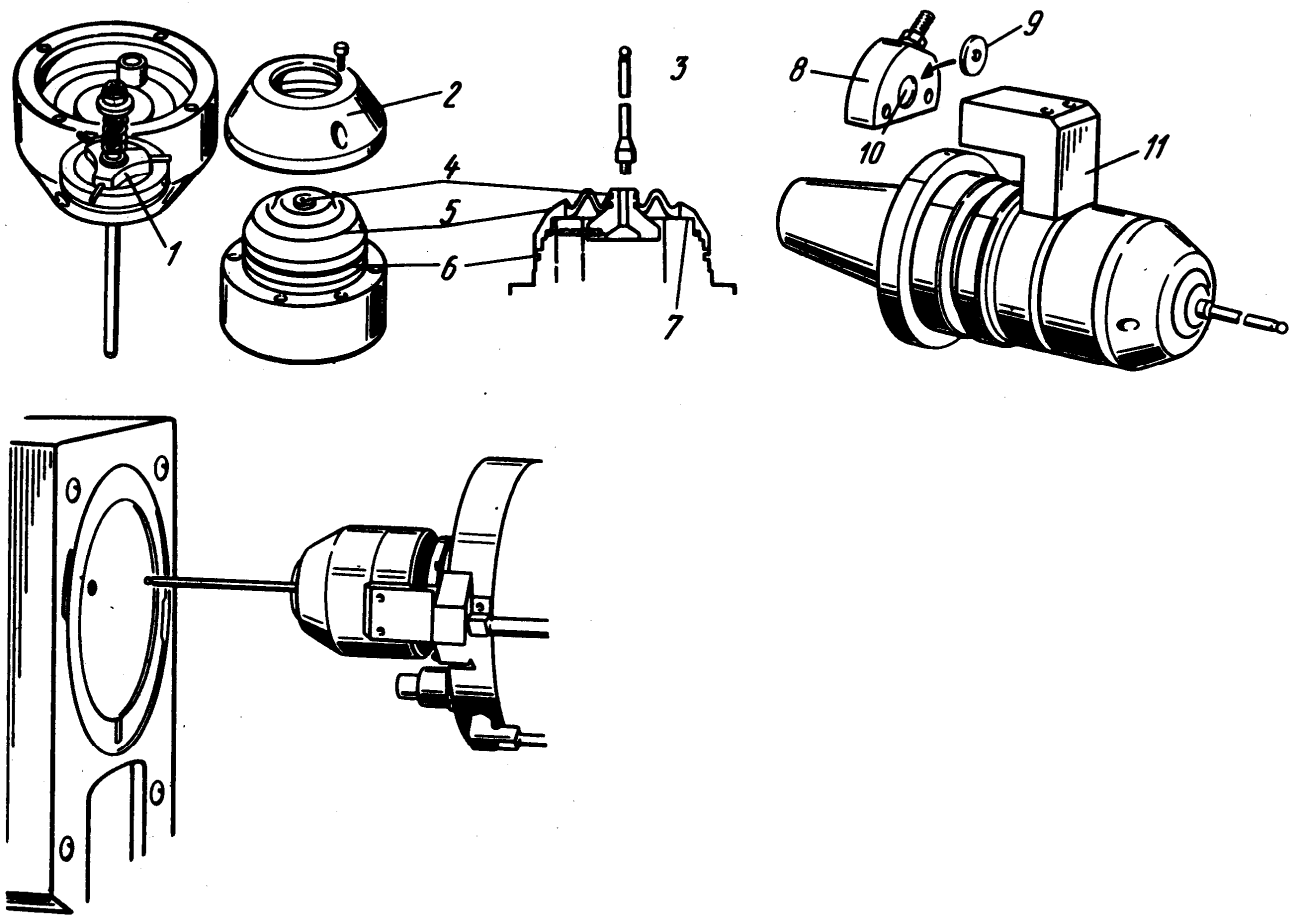


Рис. 8.39. Конструкція вимірювальної головки з індуктивним зв'язком:
 1 – механічний тригер; 2 – верхня захисна кришка; 3 – щуп; 4,6 – пружинні кільця; 5,7 – зовнішня і внутрішня діафрагми; 8 – модуль приймання вимірювального сигналу (установлено на верстаті); 9 – шайба для юстування; 10 – котушка індуктивності; 11 – модуль передачі вимірювального сигналу

Вимірювальні головки перших двох модифікацій зберігаються в інструментальному магазині. У вимірювальному циклі контролю деталей головки автоматично перевантажуються в шпиндель так само, як це робиться з інструментом (конічний хвостовик головки виконано за тим же стандартом, що й хвостовик інструментальної наладки). Третя

модифікація призначена для встановлення на станині, столі або коробці верстата; її використовують для вимірювання інструменту, закріпленого в шпинделі або різцетримачі. Контрольно-вимірювальні функції виконуються голівкою спільно зі слідкуючим приводом подачі та пристроєм ЧПК (рис. 8.40).

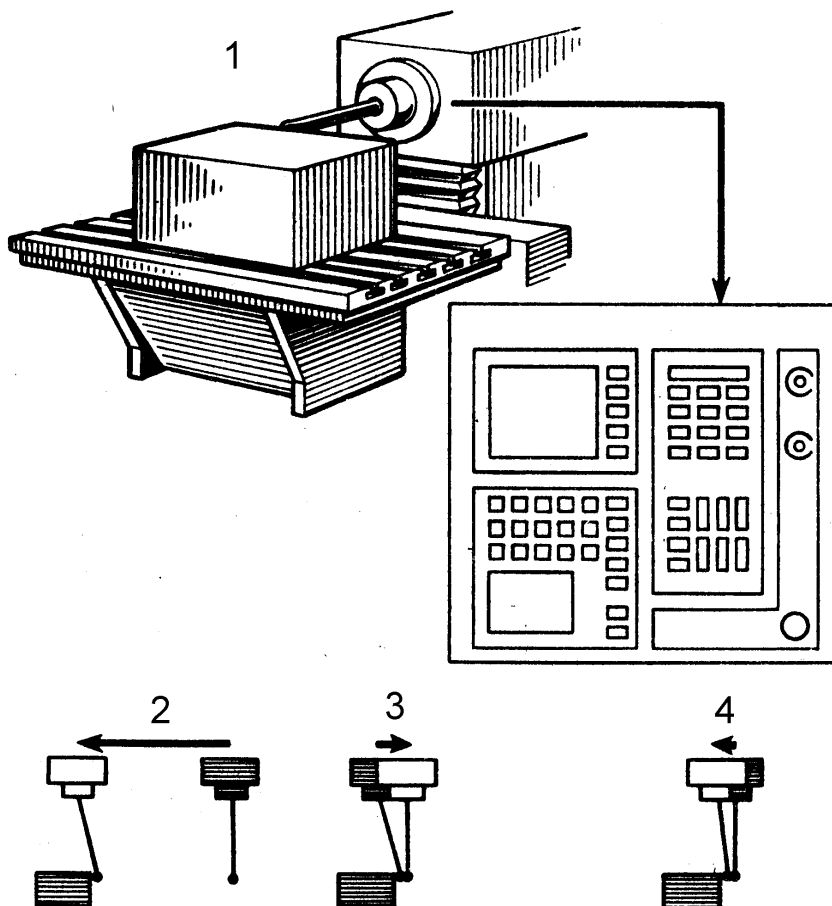


Рис. 8.40. Реалізація вимірювальною голівкою контрольно-вимірювальних функцій: 1 – вимірювальна голівка в робочій позиції; 2 – підведення до контуру з прискореною подачею і зупинка руху за сигналом нульового переходу; 3 – відведення голівки зі зменшеною подачею до звільнення щупа, зупинка подачі; 4 – повторне підведення з низькою подачею і остаточна зупинка за сигналом нульового переходу

Слідкуючий привід під керуванням пристрою ЧПК організує відносний рух голівки у напрямку до контрольованої поверхні; вимірювальна голівка генерує сигнал нульового переходу; пристрій ЧПК зупиняє слідкуючий привід і знімає показання зі шкали перетворювача зворотного зв'язку слідкуючого приводу подачі. Зняті показання автоматично приймаються пристроєм ЧПК і після оброблення зберігаються в його пам'яті як корекції, зміщення або дані, які використовуються в умовних переходах. Вимірювальні цикли можуть бути стандартними або розроблятися як підпрограми.

До типових завдань, що вирішуються за допомогою вимірювальних головок, належать: ідентифікація заготовок; виявлення зсуву положення заготовок або пристроїв; корекція положення або перетворення координатної системи; вимірювання попередньо оброблених або готових деталей для внесення необхідної корекції в керуючу програму ЧПК.

Найпростіший прийом ідентифікації полягає у виявленні явних ознак розпізнавання на палеті або заготовці шляхом дотику. Можна також виконувати обстеження певних характерних поверхонь за наперед розробленими підпрограмами. Для контролю фіксації палети і розпізнавання її положення необхідні торкання щупом у декількох певних точках (рис. 8.41). Коригування положення виконується автоматично пристроєм ЧПУ, причому воно зводиться до паралельних переносів і кутових поворотів координатної системи.

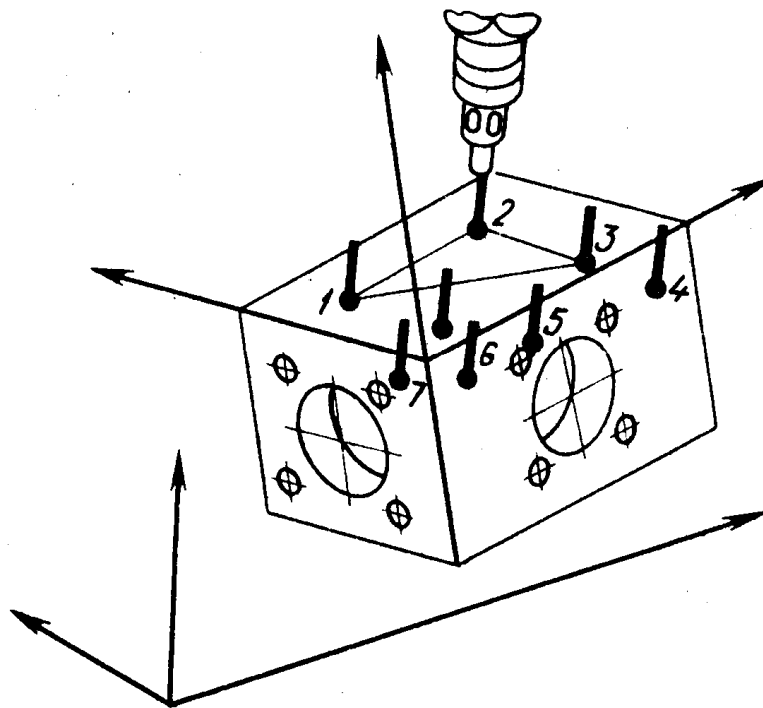


Рис. 8.41. Розпізнавання положення деталі у просторі

Для контролю попередньо оброблених або готових деталей розробляють різноманітні вимірювальні цикли, до складу яких включено елементи керування рухами і розрахункові процедури, зазвичай складні (рис. 8.42).

Координатно-вимірювальна машина (КВМ) (рис. 8.43) може вбудовуватися до складу ГВС і являє собою агрегат, куди входять механічна частина та системи дотику, вимірювання, приводів і керування переміщенням механічної частини, а також оброблення результатів вимірювання.

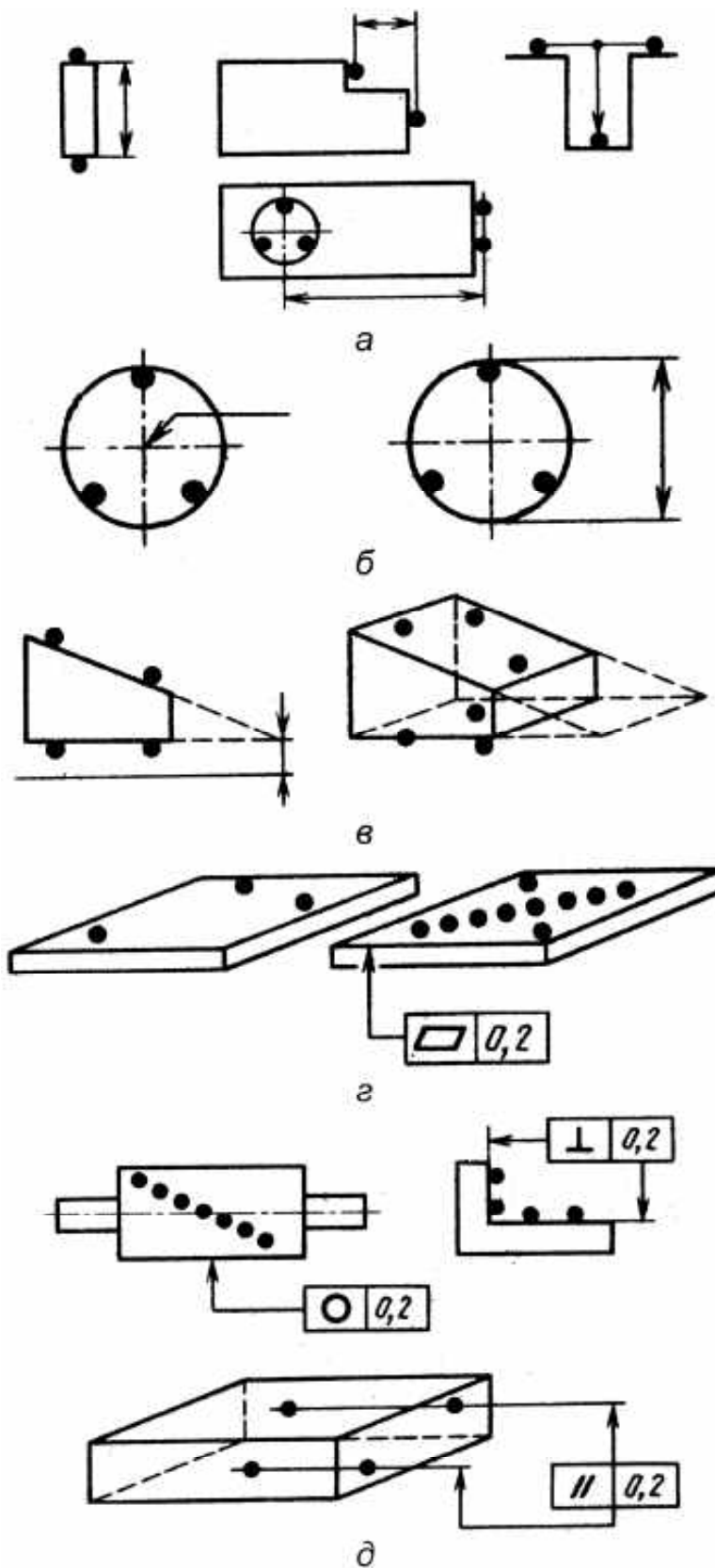


Рис. 8.42 . Типові вимірювальні цикли проміжного або остаточного контролю деталей: а – контроль лінійного розміру; б – визначення центра кола, діаметра кола; в – визначення точки перетину, лінії перетину; г – визначення площини, відхилення від площини; д – визначення відхилення від круглості, паралельності, перпендикулярності

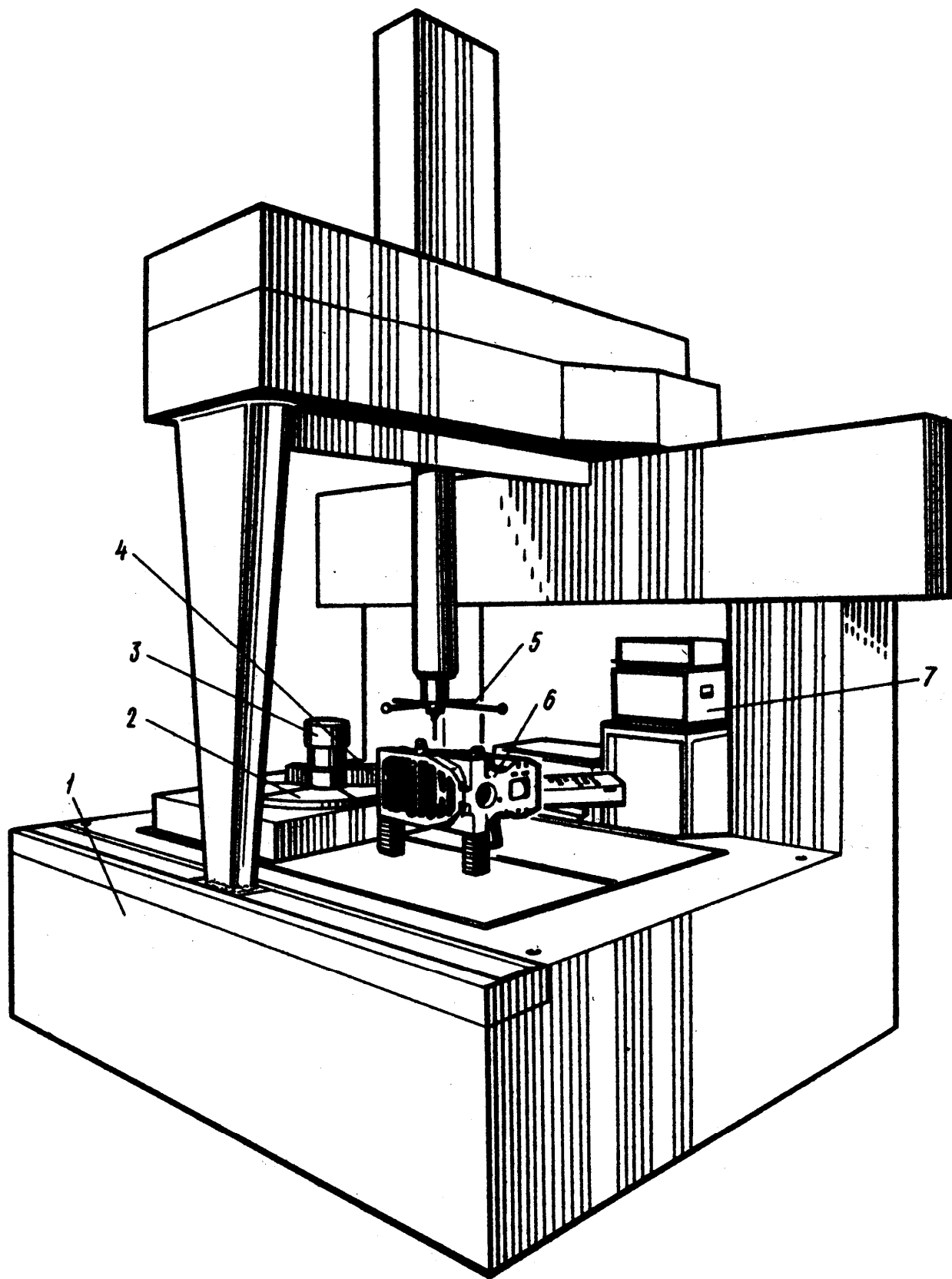


Рис. 8.43. Загальний вигляд КІМ портального типу: 1 – корпус; 2 – поворотний стіл; 3 – притискний пристрій; 4 – деталь, яка очікує черги обслуговування; 5 – вимірювальні щупи; 6 – вимірювана деталь; 7 – система керування

Підготовчі операції контролю та вимірювання виконуються за допомогою системи приводів і керування переміщенням механічної частини. Система дотику здійснює контакт вимірювального органу із заданими точками об'єкта, що перевіряється. Процес вимірювання КВМ зводиться до визначення величини переміщення по всіх координатах елементів вимірювальної системи.

Координатно-вимірювальні машини виготовляють порталного і консольного типів. Різні типи конструкції КВМ обумовлені габаритами вимірюваних деталей, необхідним ступенем точності вимірювань, економічною ефективністю контролю.

Для контролю високоточних деталей середніх габаритів, що випускаються порівняно невеликими партіями, застосовують КВМ порталного типу, що має високу стійкість і жорсткість конструкції.

КВМ консольного типу відрізняється невеликою масою, маневреністю, хорошою оглядовістю. При менш точних вимірах деталей великих габаритів, незважаючи на відносно велику похибку позиціонування, машини цього типу є економічно вигідними.

До складу ГВС зазвичай включають автоматичні КВМ для контролю деталей складних форм, виготовлених на верстатах з ЧПК. За допомогою КВМ визначають форму деталі, її розміри, встановлюють відповідність параметрів виготовленої деталі еталонним. Виконавчим органом КІМ є щупові вимірювальні головки високої чутливості, які можуть бути механічними, оптичними, електронними точковими і електронними безперервними.

За допомогою вимірювальних головок виконується контроль інструменту. При цьому вирішують завдання трьох класів. Завдання першого класу полягає у встановленні початкового положення різальної кромки інструменту в конкретній інструментальній наладці та передачі відповідних даних у таблицю корекцій, що зберігається в пам'яті пристрою ЧПК.

При цьому відпадає необхідність у тонкому попередньому налаштуванні інструменту на спеціальних високоточних приладах поза верстатом (рис. 8.44). Завдання другого класу пов'язані з епізодичним оцінюванням інструменту і внесенням змін у таблицю корекцій. Завдання третього класу полягають у перевірці цілісності інструменту за допомогою датчиків, установлених на столі верстата. В автоматичному режимі роботи КВМ за допомогою відповідної програми визначає просторову орієнтацію заготовок і якість оброблення деталі. Відомо, що будь-яку поверхню можна отримати, вимірявши її не менш ніж у трьох точках.

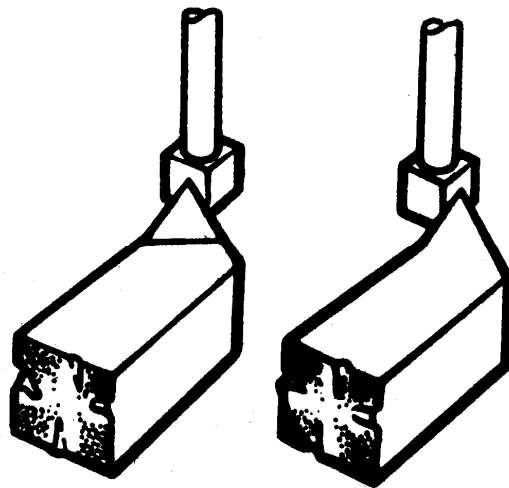


Рис. 8.44. Використання вимірювальної головки для налагодження різців

На рис. 8.45 відображено необхідну і достатню кількість і місце розташування точок контакту щупа з вимірюваною поверхнею для отримання геометричних параметрів і конфігурацій поверхонь різних типів.

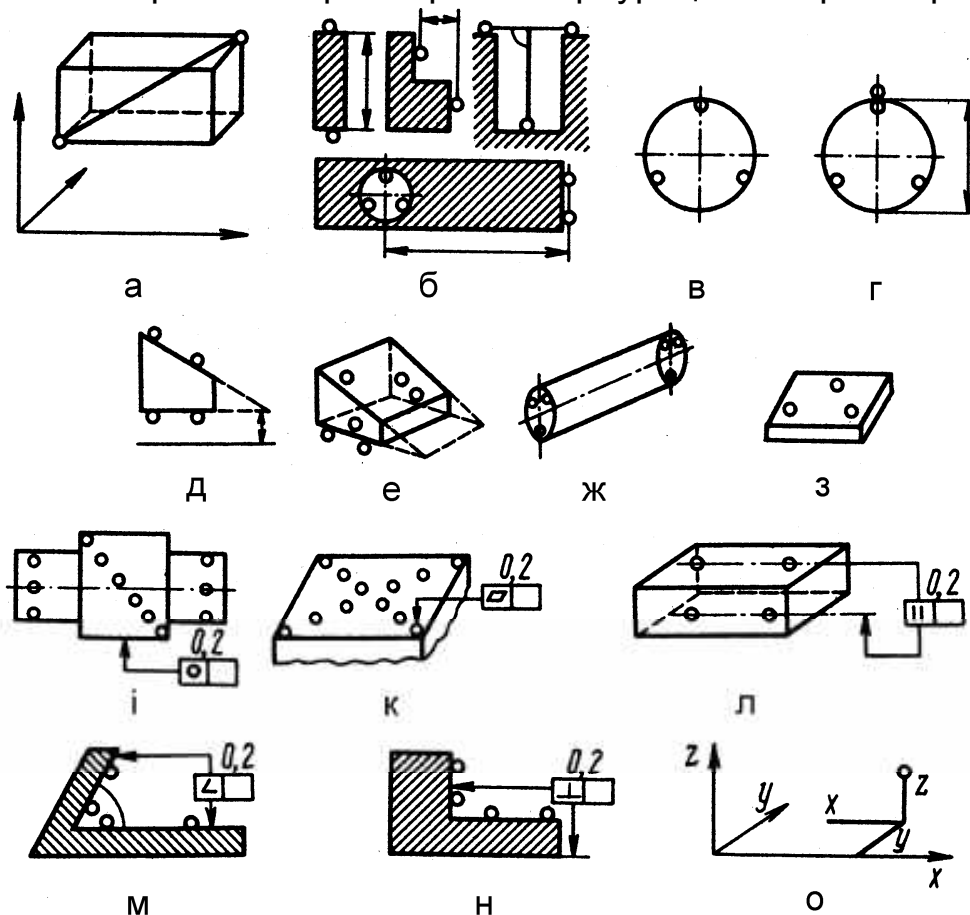


Рис. 8.45. Визначення місця розташування і кількості точок контакту щупа з вимірюваною поверхнею: а – у координатному напрямку; б – довжини; в – центра кола ; г – діаметра кола; д – точки перетину; е – прямої перетину; ж – прямої; з – площини; і – круглості; к – площинності; л – паралельності; м – кута; н – перпендикулярності; о – точки простору

Датчики контролю цілісності інструменту є зазвичай безконтактними: інструмент наближають у циклі контролю до датчика без торкання. Робота датчика може бути основана на різних фізичних ефектах, що забезпечують достатню чутливість. Наприклад, поломку зубів фрези виявляють так: фрезу повільно обертають перед датчиком, число сигнальних «сплесків» за один оборот має дорівнювати числу зубів, а рівень сигналів має бути однаковим.

8.4. Видалення відходів виробництва

В умовах автоматичного режиму оброблення видалення стружки із зони різання є однією з важливих умов надійного, якісного та високопродуктивного оброблення виробів на металорізальному обладнанні ГВС. Наявність стружки може призвести до появи дефектів на оброблюваній поверхні, спричинити передчасне зношування різального інструменту, його затуплення і поломку.

Для видалення стружки використовують системи, що складаються з таких основних елементів: промислових пилососів, що здійснюють видалення пилу і стружки із зони різання; пристроїв транспортування стружки за межі верстата або дільниці; циклонів і фільтрів, що забезпечують відділення стружки від повітря і МОР; системи магістрального транспортування стружки до пристроїв перероблення; системи перероблення стружки, що здійснює знежирення, дроблення і брикетування стружки.

Для надійної роботи системи видалення і перероблення стружки має бути забезпечена необхідна однорідна фракція стружки (зазвичай довжиною 1 – 2 см). Різноманіття різальних інструментів, форм і матеріалів, оброблюваних заготовок призводить до утворення стружки різних форм і розмірів (зливна, спіральнотрубчаста, напівкільцева, пластинчаста, призматична, конічноспіральна, крупоподібна, пластівцеподібна тощо), що залежать від виду, режимів оброблення та фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу. У зв'язку з цим одним з важливих завдань, пов'язаних з видаленням стружки, є її формування.

Найбільшу перешкоду в режимі автоматичної роботи обладнання при токарній обробці створюють різні види зливної і спіральної стружки.

Складність проблеми дроблення стружки зумовлена одночасною дією великої кількості технологічних факторів, які створюють специфічні умови утворення і дроблення стружки. Тому важко запропонувати універсальний спосіб дроблення, що забезпечує однакову надійність за різних умов.

Найбільш правильним слід вважати індивідуальне вирішення

проблеми стружкодроблення залежно від виду оброблюваного матеріалу, виконуваної операції, режимів різання і цілого ряду інших технологічних факторів.

Існуючі способи стружкоутворення умовно можна розділити на природний, коли процес дроблення відбувається в результаті підбору геометричних параметрів інструменту і залежить від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, і штучний, коли процес дроблення виконується за допомогою різного роду пристроїв.

При природному дробленні стружки незмінний розподіл знятого матеріалу забезпечується правильним вибором головного кута в плані різців, рясним охолодженням зони різання, що підвищує крихкість стружки, відповідним підбором вильоту різця і співвідношенням між глибиною різання і подачею.

Найбільшого поширення в промисловості отримало штучне дроблення стружки. Існуючі способи штучного дроблення стружки виконуються за допомогою різців зі штучними лунками на передній поверхні (рис. 8.46, а), різців з уступами і поріжками різної форми (рис. 8.46, б), припаяних або приварених стружколамів (рис. 8.46, в), накладних стружколамів (рис. 8.46, г), динамічних стружколамів (рис. 8.46, д), екранних стружколамів (рис. 8.46, е).

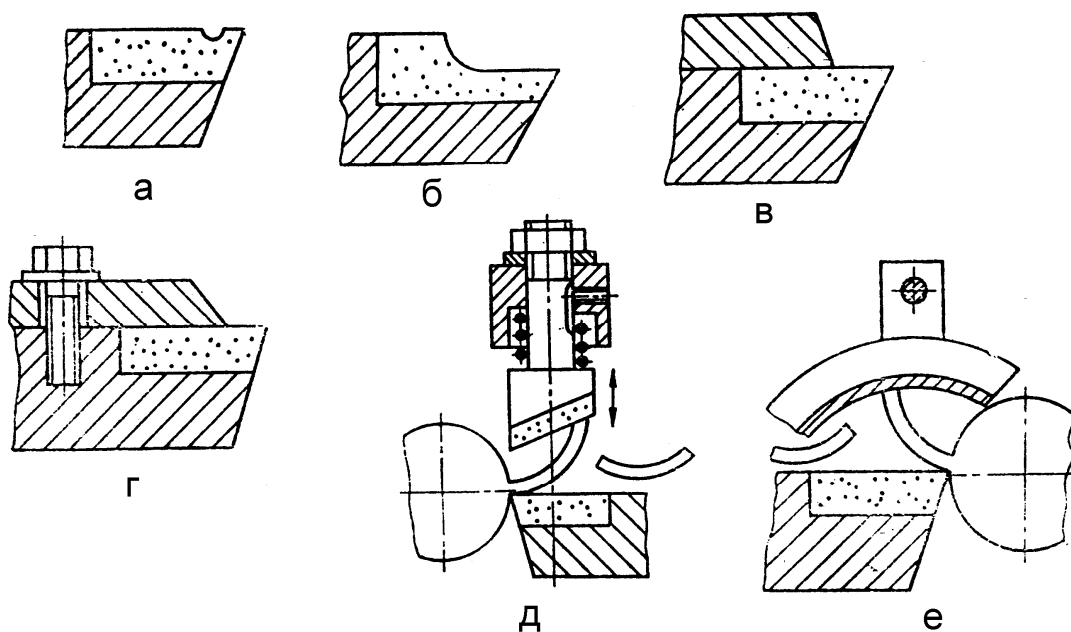


Рис. 8.46. Пристрої для дроблення стружки

Крім того, широко застосовуються метод переривчастого точіння, так званий кінематичний метод дроблення, дроблення стружки за допомогою вібросупортів, програмне переривання подачі та цілий ряд інших. Лунка на передній поверхні різця (рис. 8.46, а) забезпечує завивання стружки

навколо осі, паралельної основній площині різця. Розміри лунки вибираються залежно від глибини різання, подачі, швидкості різання і механічних властивостей оброблюваного матеріалу. До переваг різців із штучними лунками слід віднести зменшення потужності при точінні порівняно з різцями, що мають від'ємний передній кут. Але наявність лунки на передній поверхні послаблює різальну кромку, при цьому збільшується товщина шару твердого сплаву, що підлягає видаленню у зв'язку з переточуваннями; крім того, дроблення забезпечується у порівняно вузькому діапазоні режимів різання. Уступи, що виконуються на передній поверхні різця (рис. 8.46, б), перешкоджають вільному видаленню стружки і змушують її завиватися, що сприяє дробленню. Геометричні параметри заточування уступу необхідно змінювати при порівняно невеликій зміні режимів різання, особливо подачі та швидкості різання. Тому застосування уступів виправдано тільки при виготовленні деталей великими партіями.

На деяких підприємствах застосовують стружколами (рис. 8.46, в) у вигляді сталевих пластинок, припаяних або приварених до різця уздовж його передньої поверхні на певній відстані від різальної кромки. Ці стружколами задовільно працюють у діапазоні швидкостей різання 60...150 м/хв. Однак стружколами швидко зношуються, геометрія їх заточування і установлення порушуються, дроблення стає нестійким.

Ці недоліки усуваються шляхом застосування накладних стружколамів (рис. 8.46, г), які забезпечують регулювання порога на необхідній відстані від різальної кромки. Існує велика різноманітність накладних стружколамів з жорсткими і пружними елементами, що сприяють незмінному дробленню стружки у досить широкому діапазоні режимів різання. Основним недоліком накладних стружколамів є необхідність витрат часу на регулювання при змінні умов оброблення. Застосування динамічних стружколамів (рис. 8.46, д) забезпечує більш широкий діапазон режимів оброблення і оброблюваних матеріалів, де спостерігається стійке дроблення. Рух робочому елементу динамічного стружколама повідомляє або сама стружка, або спеціальний привід, за допомогою якого можна легко регулювати частоту діяння на стружку.

Дію екранних стружколамів (рис. 8.46, е) оснований на принципі зворотного стружколамання, який полягає в тому, що стружка легше ламається при додаванні зусилля з боку, протилежного напрямку завивання. Стружка, що сходить з передньої поверхні різця, контактує з дуговим екраном і ламається на викривлені шматки. Кут нахилу екрана до різця регулюється для забезпечення незмінного стружколамання.

Метод кінематичного дроблення стружки має кілька різновидів. При осцилюючому точінні різцю одночасно з подачею надається додатковий

коливальний рух у тому ж напрямку. Стружка утворюється у вигляді окремих елементів. Осцилююче точіння забезпечує стійке дроблення в широкому діапазоні режимів різання, однак при цьому погіршується шорсткість і точність обробленої поверхні, крім того, конструкція пристрою занадто громіздка.

Стружку дроблять також вібраційним способом. При цьому внаслідок періодичного виходу різця із зони різання при постійній подачі супорта верстата раніше деформовані шари металу знімаються при малій товщині зрізу, знижуються середній контактний тиск на кромку різця, зусилля і температура в зоні різання.

Для дроблення стружки використовують автоколивання, що виникають у процесі різання, а також коливання, створені спеціальними вібросупортами. Застосування вібросупортів стримується зниженням жорсткості системи «верстат–пристрій–інструмент–деталь» (ВПІД), зменшенням продуктивності обробки і універсальності обладнання. Застосування програмно-керованого обладнання дозволяє полегшити процес кінематичного дроблення, але не усуває недоліків цього методу. При впровадженні ГВС багато дослідників доходять висновку, що найбільш просто можна забезпечити дроблення шляхом створення різальних пластин механічного кріплення зі спеціальною геометрією, що забезпечує стружкодроблення.

Вирішити проблему ефективного дроблення стружки можна при оптимальному поєднанні різних способів.

Рекомендації щодо відведення стружки на токарних верстатах з ЧПК, що входять до складу модулів обробки, визначають такі технологічні методи формування (дроблення) стружки:

1) вибір геометрії різальної частини інструменту, при якому використовуються стружколами у вигляді лунок, уступів або канавок, які виконуються на гранях різальної кромки різця. Застосовуються також накладні стружколами, закріплені на верхній грані різальних пластинок;

2) вибір режимів різання, тобто знаходження такого співвідношення глибини різання і подачі, при якому має місце ефект стружколамання;

3) вибір схем переміщення інструменту короткими ходами, наприклад при обробленні канавок або чорновому розточуванні;

4) переривання подачі;

5) формування спіральних канавок, яке здійснюється для чистових проходів. Прорізання канавок виконується на глибину (0,05 – 0,06 мм), що менше припуску на чистову обробку, з кроком, кут піднімання якого менше 6°;

6) додаткові відносні переміщення інструменту (переривання,

прискорене врізання, місцеве врізання, відведення інструменту тощо).

Рекомендовані області застосування кожного з перелічених методів залежать від видів обробки та оброблюваних матеріалів. Реалізація методів 3, 4, 5, 6 може бути виконана шляхом програмування або включення спеціальних модулів, що забезпечують формування стружки за будь-якою схемою незалежно від заданої програми переміщення супорта.

Застосовність методів формування (дроблення) стружки:

1) свердління, розсвердлювання – переривання подачі;

2) точіння чорнове – вибір режимів різання (для конструкційних і високовуглецевих сталей) і переривання подачі або додаткові відносні переміщення інструменту (для нержавіючих і жароміцних сталей);

3) розточування чорнове – вибір режимів різання (для конструкційних сталей), вибір режимів різання або схем переміщення інструменту (для високовуглецевих сталей), переривання подачі або додаткові відносні переміщення інструменту (для нержавіючих і жароміцних сталей);

4) точіння канавок, виточок – вибір геометрії різальної частини або схем переміщення інструменту (для конструкційних і високовуглецевих сталей), вибір схем переміщення інструменту або переривання подачі (для нержавіючих сталей), вибір геометрії різальної частини інструменту або переривання подачі (для жароміцних сталей);

5) точіння чистове – вибір геометрії різальної частини інструменту або формування спіральних канавок (для конструкційних і високовуглецевих сталей), формування спіральних канавок (для нержавіючих і жароміцних сталей);

6) розточування чистове – вибір геометрії різальної частини інструменту або формування спіральних канавок (для конструкційних і високовуглецевих сталей), формування спіральних канавок (для нержавіючих і жароміцних сталей).

Розглянуті методи формування стружки можуть бути застосовані і для верстатів свердлильно-фрезерно-розточної групи при виконанні переходів свердління, розсвердлювання, розточування, деяких переходів при фрезеруванні пазів, уступів, криволінійного контуру тощо.

При фрезеруванні кінцевими циліндричними і фасонними фрезами дроблення стружки може бути здійснено застосуванням інструменту з так званими кукурудзяними зубами, сегментованими за різальними кромками.

Видалення стружки за межі верстатів досягається шляхом відповідного його компоновання – вертикального або похилого розташування напрямних станин, а також герметизації зони різання, застосування шнекових, скребкових та інших транспортерів для виведення стружки в ємність, що знаходиться поза верстатом.

Несвоєчасне видалення стружки із зони оброблення може перешкоджати автоматичному завантаженню та розвантаженню заготовок, роботі засобів автоматичного контролю параметрів технологічного процесу, знижувати точність установлення заготовок у пристрої.

Процес видалення стружки в ГВС – це ряд заходів, що забезпечують автоматичне видалення стружки із зони оброблення, з верстата, а також подальше її транспортування до місця збирання і перероблення без змішування по групах оброблюваних матеріалів. При цьому час перебудовування системи для видалення стружки для приймання стружки з іншого матеріалу не повинен перевищувати час перебудовування інших елементів ГВС.

Механічні пристрої у вигляді скребкових, шнекових та інших типів транспортерів у поєднанні з перевантажувальними механізмами широко використовуються при проектуванні ГВС.

На рис. 8.47 показано схему розташованого усередині станини верстата скребкового транспортера, що забезпечує виведення стружки з бічної сторони. Скребковий транспортер 3 з приводом від електродвигуна 2 та спеціального редуктора розміщується в кориті 4. Кут установлення корита з транспортером відносно основи верстата становить близько 20° . Із зони різання стружка змивається МОР і переміщується по жолобу 5. Рухомі скребки транспортера забирають її і передають нагору, звідки вона потрапляє в жолоб конвеєра 1. При переміщенні стружка звільняється від МОР, яка через отвори у дні корита стікає в резервуар 6.

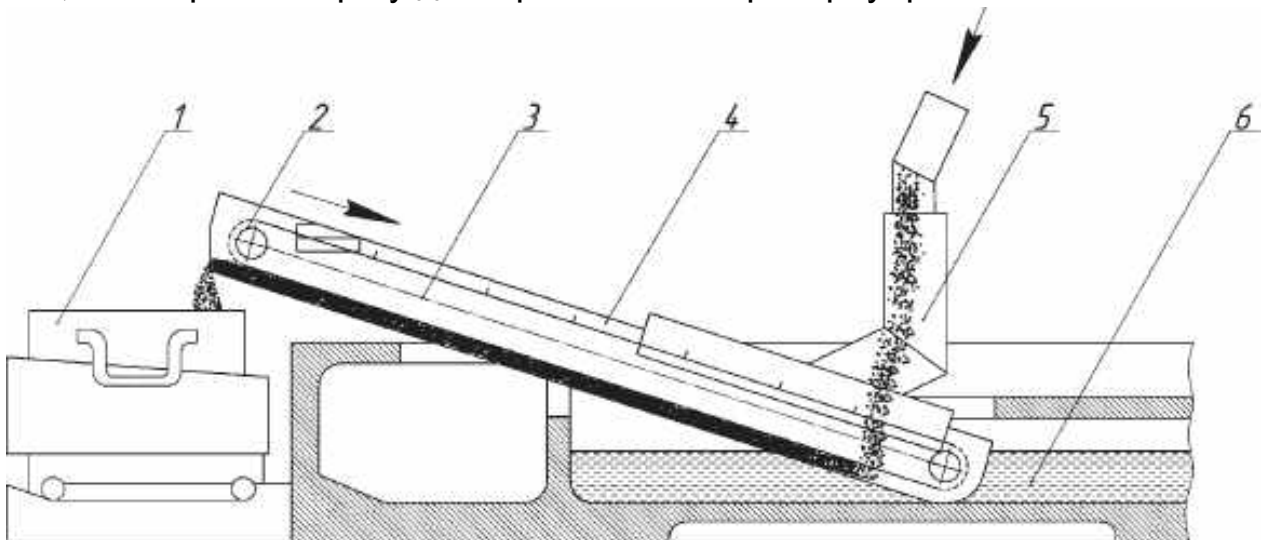


Рис. 8.47. Схема вбудованого скребкового транспортера

Найбільш ефективними є комбіновані пристрої для уловлювання та відведення елементної стружки і пилу із зони різання на значну відстань від різального інструменту (за межі верстата, а іноді й цеха), в яких використовується кінетична енергія потоку стружок і пилових частинок для

уловлювання їх спеціальними приймачами і безперервного видалення з приймачів по трубопроводах за допомогою стиснутого повітря або повітряного потоку, який створюється вентиляційними пристроями, що працюють на всмоктування. Такі комбіновані пристрої покладено в основу конструкцій як навісних промислових пилососів, які можна використовувати у складі токарних, свердлильно-фрезерно-розточувальних та інших ГВМ, так і пересувних агрегатів універсального застосування, на базі яких можуть бути виконані групові пилососи. На рис. 8.49 показано принципову схему розташування індивідуального навісного пилососа стосовно до токарного роботизованого комплексу.

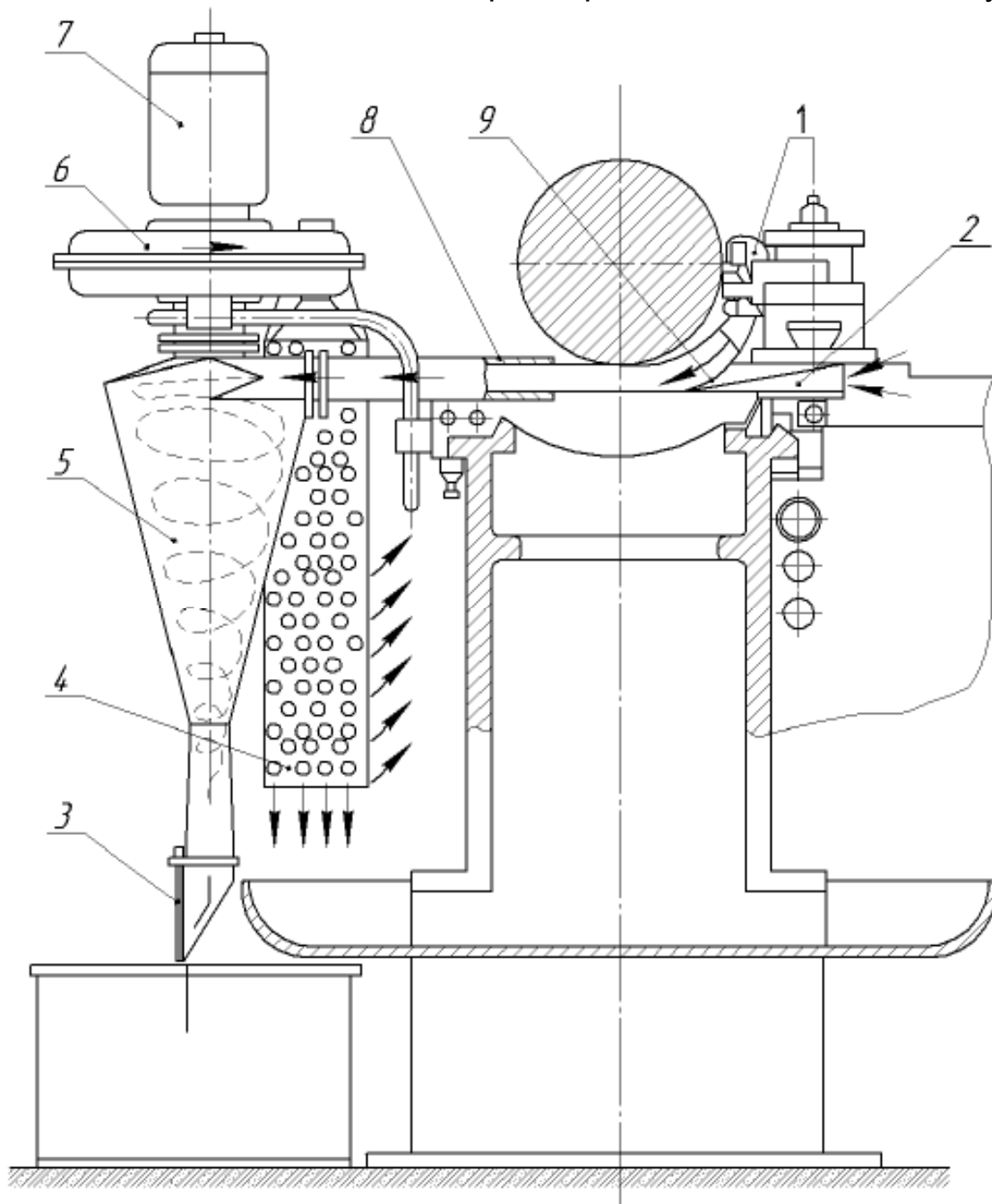


Рис. 8.48. Навісний пилосос

Пилосос складається з пневматичного приймача 1, телескопічного патрубку 8, циклона 5, вентилятора 6, електродвигуна фланцевого виконання 7, рукавного фільтра зі щільного молескіну, поміщеного в металевому футлярі 4.

Усю цю систему закріплено кронштейнами на задніх полозках супорта і під час точіння вона переміщується разом з останнім паралельно осі центрів. Електродвигун 7 працює тільки під час обертання шпинделя. При зовнішньому точінні та розточуванні отворів пилосос послідовно з'єднується з відростком телескопічного патрубку 2, що забезпечує безперервну подачу повітря через канал пилососа. Стружка і пил уловлюються приймачем і переміщуються повітряним потоком, який створюється вентилятором, по телескопічних патрубках 8 у циклон 5. В ньому стружка і великі частинки пилу відділяються від повітря (через наявність відцентрових сил) і через автоматично діючий клапан 3 надходять у стружкозбірник або на транспортер. Загальна характеристика агрегату: електродвигун потужністю 0,4 кВт, частота обертання n – 2800 об/хв; вентилятор середнього тиску, циклон, продуктивність – 100 м³/ч повітря, швидкість повітряного потоку в приймачі – 25 м/с.

9. КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ВИСОКОЇ Й НАДВИСОКОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ

У даному розділі розглянуто концепцію створення гнучких технологічних систем високої (продуктивність підвищується в 2 – 10 разів) і надвисокої (продуктивність підвищується більш ніж в 10 разів) продуктивності в сучасних умовах України, наведено конкретні шляхи вирішення цієї проблеми.

Синтез гнучких технологічних систем високої й надвисокої продуктивності базується на цілому ряді основних положень, компонентами яких є:

1) організація потоків за просторово-часовою схемою, що забезпечує найбільш ефективно використання робочого об'єму дільниці, цеху, підприємства;

2) застосування інструментальних схем з максимальною концентрацією технологічного впливу на деталь, підвищення режимів оброблення шляхом використання ефективних різальних інструментів, одночасного оброблення різних поверхонь, забезпечення необхідних якісних показників у результаті підвищення жорсткості системи «верстат – пристрій – інструмент – деталь» (ВПІД), а також застосування високоресурсного різального інструменту (PI);

3) фундаментальні дослідження в галузі природничих наук, які

дозволяють вибрати ефекти, які можуть реалізувати набір різних технологічних та інформаційних функцій;

4) реалізація методу безаналогового синтезу технологічних систем, оснований на результатах фундаментальних досліджень, що дозволяють отримати інтегральну функцію системи, її циклічність і обмеження, провести її декомпозицію на складові, довести їх до елементарних функцій і здійснити процесний етап синтезу від неконкретизованої до конкретизованої структури і параметрів;

5) багаторівневе розміщення обладнання, коли основне обладнання (верстати, установки, технологічні роботи), обслуговуюче обладнання (конвеєри, тактові столи, роботи, робочари) і допоміжне обладнання розташовуються в чотирьох рівнях (1 – підлога цеху; 2 – портал, стіни цеху; 3 – тельферний; 4 – мостовий, стельовий), що дозволяє ефективно використовувати робочий об'єм для розміщення обладнання;

6) переоснащення верстатного, роботизованого та допоміжного обладнання на комп'ютерне керування для забезпечення максимального технологічного впливу на деталь, що дозволить використати існуючий парк верстатів, роботів і допоміжного обладнання для створення технологічних систем високої й надвисокої продуктивності.

Організація потоків за просторово-часовою схемою передбачає поділ у просторі та часі потоків деталей, заготовок, різальних інструментів, верстатних пристроїв, контрольно-вимірювальних приладів, оснащення, допоміжного обладнання й інформаційно-керуючих потоків. Все це дозволить забезпечити рівномірний розподіл потоків за робочим об'ємом дільниці, цеху і підприємства, що дасть можливість скоротити витрати на створення дільниці, цеху і підприємства, а також істотно підвищити його продуктивність.

Використання інструментальних схем з максимальною концентрацією технологічного впливу може бути реалізовано за допомогою таких чинників:

– застосування великої кількості обробних головок, що працюють одночасно для багатоопераційних верстатів або верстатів, оснащених додатковими супортами, обробними і агрегатними головками; застосування обробних головок для різних робіт при обробленні однієї деталі або при складанні одного вузла, фарбуванні, зварюванні;

– робота на максимально можливих режимах обробки із застосуванням ефективних РІ з покриттям і зміцненим шаром для даних режимів обробки і оброблюваних матеріалів із застосуванням надійних сучасних методів прогнозу стійкості РІ;

– забезпечення необхідних якісних показників оброблюваних деталей шляхом вибору режимів обробки, жорсткості системи ВПІД і узгодження

результатів механічної обробки і подальших фізико-технічних методів (нанесення покриттів, іонного шліфування, полірування і фрезерування); все це потребує високої автоматизації вимірювань розмірів деталі й надійних методів керування електрофізичною обробкою;

– застосування підвищеної жорсткості системи ВПІД, наприклад шляхом використання додаткових упорів для підвищення жорсткості РІ.

Все це дозволить знизити машинний час обробки, а отже, істотно підвищити продуктивність і забезпечити якість деталей.

Відкриття і найбільш суттєві результати фундаментальних досліджень можуть бути використані для забезпечення науково-технічного прориву в техніці й технології, де можуть використовуватися нові фізичні, хімічні, біологічні й інші ефекти. Необхідним є створення банку даних про цикли, здатних реалізувати ті чи інші функції, що дозволяють, у свою чергу, реалізувати процесний етап синтезу. Цей етап спільно з інформацією про прийоми розвитку техніки дасть можливість отримати інформацію про ієрархію структур і структурно-часових перетворень. Як наслідок, ці дані використовуються у загальному алгоритмі безаналогового синтезу ГВС високої й надвисокої продуктивності. Застосування безаналогового синтезу технологічних систем і техніки дозволяє отримати інтегральну функцію системи, її циклічність і обмеження зовнішні (організаційно-економічні, часові, просторові та комунікаційні) і внутрішні (геометричні, поверхневі, польові, інфраструктурні та поведінкові). Це дає можливість сформулювати критерії оптимізації. Інтегральна функція системи піддається декомпозиції на складові до рівня елементарних функцій, які вибираються з бази даних функцій (елементарних, бінарних, мережних, складних і утворення нових функцій) спільно з базою даних про ефекти, які здатні реалізувати ці функції. Це дозволяє забезпечити процесний етап синтезу і, спільно з інформацією про часові цикли техніки, отримати інформацію про ієрархію структур функціонально-часових перетворень. Далі на основі бази даних про типові ієрархії паралельно-послідовних процесних структур здійснюється синтез неконкретизованих систем, технологічних систем і технологічних процесів. Кожній такій функції відповідає певна уніфікована структура техніки і відбувається їх об'єднання, на основі якого здійснюється зародження нових інтегральних утворень повнофункціональних і конструкційних елементів і конкретизація структур до елементарних, тобто коли система набуває фреймового вигляду. Конкретизація структур, рівнянь і нерівностей, що описують структури, є конкретизацією параметрів.

Основні компоненти систем високої й надвисокої продуктивності наведено на схемі рис. 9.1.

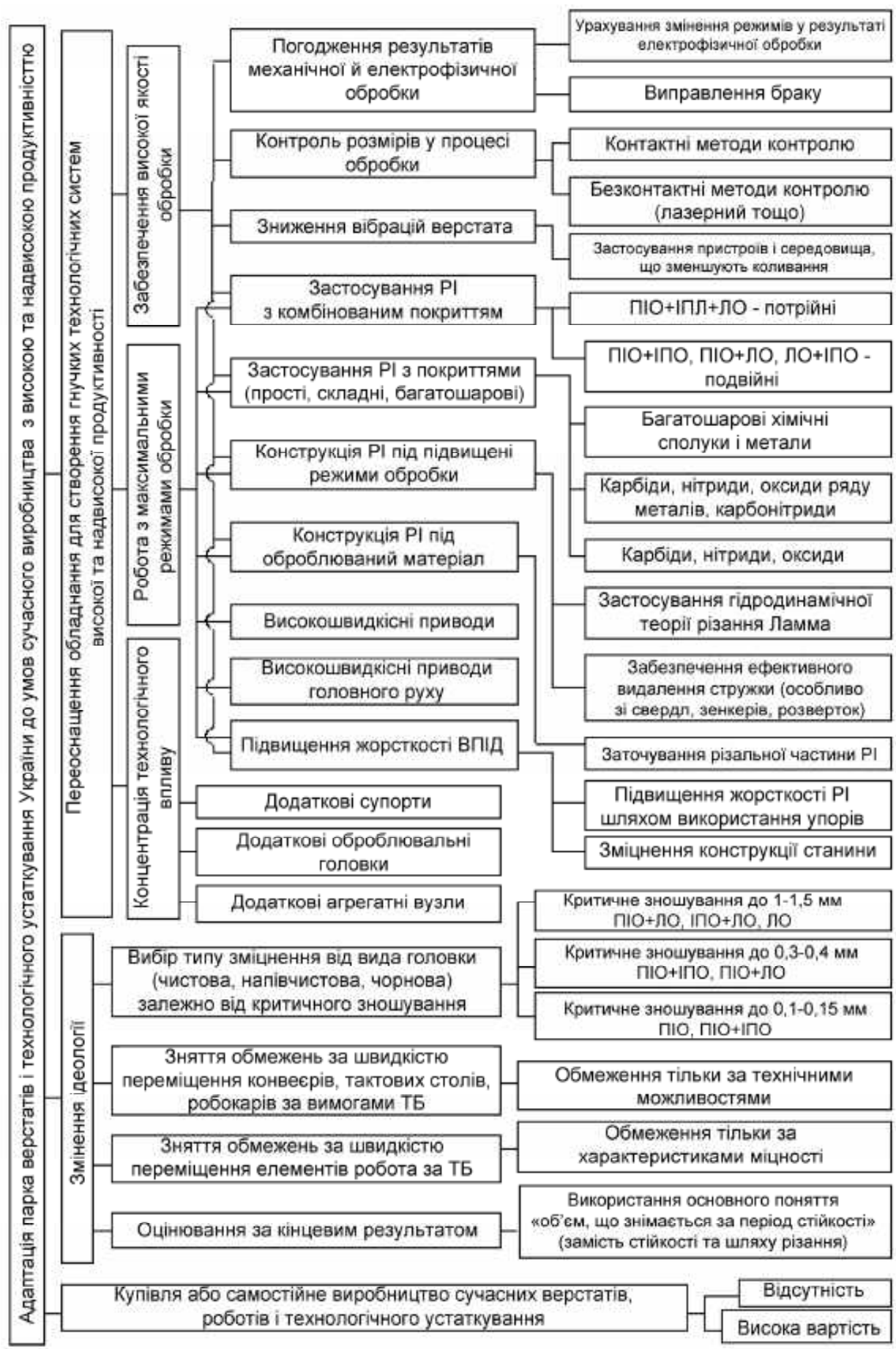


Рис. 9.1. Основні компоненти систем високої й надвисокої продуктивності

Все це дозволяє отримати загальний алгоритм безаналогового синтезу, який дає можливість реалізувати гнучкі технологічні системи високої (продуктивність підвищується в 2 – 10 разів) й надвисокої (більш ніж у 10 разів) продуктивності.

Обладнання на виробництві необхідно розміщувати на чотирьох рівнях:

перший рівень – підлога цеху, де розміщуються верстати, роботи, тактові столи, конвеєри і переміщуються робочари;

другий рівень – портал, де розміщуються роботи, тактові столи, конвеєри, кабелі для передачі інформаційних потоків;

третій рівень – тельферний, де розміщуються роботи, конвеєри, кабелі для передачі інформаційних потоків;

четвертий рівень – мостовий (стельовий), де розміщуються роботи, конвеєри, кабелі інформаційних потоків. Додатково на першому рівні реалізується потік заготовок, деталей, на другому рівні реалізується потік оснащення інструменту і розташовуються кабелі інформаційних потоків, на третьому рівні реалізується потік оснащення, інструменту і розташовуються кабелі інформаційних потоків, на четвертому рівні – потоки оснащення інструменту й інформації.

Застосування на дільницях, в цехах і на підприємствах багаторівневої схеми розміщення обладнання дозволяє раціонально використовувати робочий об'єм виробничого приміщення та забезпечити додатково концентрацію обробного і допоміжного обладнання. Велику частину верстатів, що використовуються на підприємствах України, вироблено в часи СРСР. Це обладнання має достатню точність механічних переміщень, але не відповідає вимогам сьогодення щодо надійності та можливості використання як важких комп'ютерних систем («Юніграфікс», «Евклід», «Каті»), так і порівняно легких («ADEM», «Компас» тощо).

У той же час обладнання не відповідає вимогам концентрації технологічного впливу, відсутні паралельно працюючі супорти і обробні головки. Комп'ютерне керування має забезпечувати роботу верстатів з додатково вбудованими супортами, обробними і агрегатними головками, технологічними роботами (необхідно забезпечити одночасну роботу над однією деталлю або вузлом декількох роботів), допоміжними роботами, тактовими столами, конвеєрами, робочарами, автоматизованим технологічним устаткуванням і допоміжними системами, що забезпечують прибирання стружки, подачу МОР, роботу контрольно-вимірjuвальної апаратури, а також затискних пристроїв і устаткування.

Усе це говорить про необхідність переоснащення технологічного обладнання (верстатів, технологічних роботів і установок), роботів, конвеєрів і допоміжного обладнання на комп'ютерне керування, а також

про необхідність оснащення технологічного обладнання додатковими супортами, обробними і агрегатними головками.

На закінчення розглянемо, наскільки програмно і апаратно готові всі складові синтезу гнучких технологічних систем високої й надвисокої продуктивності.

1. Організація потоків за просторово-часовою схемою – технічні рішення організації потоків деталей, заготовок, пристроїв, контрольних-вимірювальних приладів, оснащення, допоміжного обладнання й інформаційно-керуючих потоків – практично є. Необхідно забезпечити достатню формалізацію опису оптимальної організації таких потоків для отримання високої й надвисокої продуктивності.

2. Застосування інструментальних схем з максимальною концентрацією технологічного впливу на деталь шляхом використання одночасно працюючих супортів, обробних і агрегатних головок можливе на обробних центрах і модернізованому обладнанні часів СРСР. Слабкими ланками цього процесу є відносно низька стійкість РІ, яка може бути підвищена з використанням результатів експериментальних робіт, робота на максимально можливих режимах обробки: для кожного конкретного оброблюваного матеріалу існує РІ з покриттям або зміцненим шаром з максимальною стійкістю для даних режимів. Забезпечити необхідні якісні показники деталі можна при відповідному виборі режимів обробки, стійкості РІ і геометричних розмірів РІ (наприклад, державки різця тощо), а також узгодженні результатів механічної й електрофізичної обробки. Технічні рішення у цьому напрямку частково виконано, частково опрацьовуються конструктивно, також розробляється ідеологія, отже, при відносно невеликих витратах вони можуть бути досить швидко і ефективно реалізовані.

3. Використання результатів фундаментальних досліджень і відкриттів у галузі природничих наук для знаходження нових фізичних, хімічних і біологічних ефектів для розроблення нових технологій і видів техніки потребує створення національного (а може, і міжнародного) банку даних про ефекти, які були виявлені вченими і які, на перший погляд, не мають нічого спільного з технікою. Для цього необхідні незначні кошти для підтримки керівників наукових шкіл, які братимуть участь у створенні такого банку даних, тобто це питання також можна вирішити.

4. Застосування методу безаналогового синтезу технологій і техніки базується на формалізації знань для отримання інтегральної функції системи, її циклічності й обмежень як зовнішніх (організаційно-економічних, часових, просторових, комунікаційних), так і внутрішніх (геометричних, поверхневих, польових, інфраструктурних, поведінкових), а також критеріїв їх оптимізації.

Далі мають бути реалізовані декомпозиція інтегральної функції системи на складові до рівня елементарних функцій і вибір з бази даних функцій, необхідних для опису ефектів, здатних реалізувати ці функції. Проводиться також синтез неконкретизованої структури технологічної системи або технологічного процесу, уніфікація і об'єднання структур, реалізується зародження нових інтегральних утворень, поліфункціональних елементів, конкретизація структур до елементарних (фреймовий вид), на основі яких отримуємо рівняння і нерівності, що дають конкретизацію параметрів, а отже, і загальний алгоритм безаналогового синтезу гнучких технологічних систем високої й надвисокої продуктивності. Стан цієї частини синтезу найбільш вивчено, запропоновано в основному тільки системне рішення, яке треба вдосконалювати, забезпечувати математичний скелет і використовувати фундаментальні знання. Для реалізації цієї частини потрібні глибокі математичні дослідження та вдосконалення її системної частини.

5. Багаторівневе розміщення обладнання і вибір оптимальних рівнів розміщення обробного устаткування з метою максимальної концентрації технологічного впливу, наприклад, кілька зварювальних або фарбувальних роботів, розміщених на різних рівнях, можуть істотно підвищити продуктивність. Цей напрямок потребує розвитку як для створення банку даних щодо обладнання та його можливості роботи на різних рівнях, так і конструювання нового обладнання з урахуванням можливості роботи на всіх чотирьох рівнях. Стан таких розробок в основному зародковий, хоча приклади використання цієї ідеї є в міжнародному автомобілебудуванні.

6. Переоснащення верстатного і допоміжного обладнання на комп'ютерне керування нині вже проводиться на різних підприємствах, апаратне та програмне забезпечення розроблено і потребує адаптації до обладнання та відповідних нових версій важких («Юніграфікс», «Евклід», «Каті») і легких («Компас», «АДЕМ» тощо) комп'ютерних систем. Створення ж технологічних систем, які забезпечують високу концентрацію технологічного впливу (обробних і агрегатних головок і одночасно працюючих супортів, технологічних роботів, які одночасно обробляють одну деталь, вузол), потребує також відповідних витрат для створення дослідних зразків або модернізації існуючих.

Проведений аналіз стану розробок, перспектив створення та використання синтезу гнучких технологічних систем високої й надвисокої продуктивності показав, що для сучасного стану промисловості України вирішення цього завдання дозволить вивести країну на рівень передових країн при витратах в сотні і тисячі разів менших, ніж у випадку купівлі зарубіжного верстатного та робототехнічного обладнання.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Белянин, П. Н. Гибкие производственные системы [Текст] : учеб. пособие для машиностроит. техникумов / П. Н. Белянин, М. Ф. Идзон, А. С. Жогин. – М. : Машиностроение, 1988. – 256 с.

Бокин, М. Н. Проектирование гибких производственных систем [Текст] : учеб. пособие / М. Н. Бокин. – Л. : ЛМИ, 1986. – 184 с.

Брук, И. В. Гибкие механообрабатывающие производственные системы [Текст] : учеб. пособие для СПТУ / И. В. Брук, Б. И. Черпаков. – М. : Высш. шк., 1987. – 103 с.

Гибкие механообрабатывающие производственные системы [Текст] / под ред. Б. И. Черпакова. – М. : Высш. шк., 1989. – 127 с.

Гибкие производственные комплексы [Текст] / под ред. П. Н. Белянина, В. А. Лещенко. – М. : Машиностроение, 1984. – 384 с.

Гибкие производственные модули [Текст] / под ред. Б. И. Черпакова. – М. : Высш. шк., 1989. – 111 с.

Гибкие производственные системы Японии [Текст] / под ред. Л. Ю. Лищинского. – М. : Машиностроение, 1987. – 232 с.

Колка, И. А. Многооперационные станки [Текст] / И. А. Колка, В. В. Кувшинский. – М. : Машиностроение, 1983. – 136 с.

Конструкция и наладка станков с программным управлением и роботизированных комплексов [Текст] : учеб. пособие для СПТУ / Л. Н. Грачев, В. Л. Косовский, А. Н. Ковшов и др. – М. : Высш. шк., 1986. – 288 с.

Костюк, Г. И. Интегрированное производство и современные технологические системы [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Костюк, В. А. Фадеев, Ю. В. Широкий. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 232 с.

Костюк, Г. И. Научные основы создания современных технологий [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2008. – 552 с.

Костюк, Г. И. Промышленные роботы [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Костюк, И. Г. Левченко. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 104 с.

Костюк, Г. И. Технологические робототехнические комплексы для электрофизической обработки [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2005. – 149 с.

Костюк, Г. И. Физико-технические основы роботизированного производства [Текст] : учеб. пособие / Г. И. Костюк. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 614 с.

Костюк, Г. И. Эффективные покрытия и модифицированные упрочненные слои на режущих инструментах [Текст]: моногр.-справ./ Г. И. Костюк. – К.: Изд. центр Междунар. академии наук и иннов. технологий, 2012. – 728 с.

Модульное оборудование для гибких производственных систем механической обработки [Текст] : справ. / Р. Э. Сафраган, Г. А. Кривов, В. Н. Татаренко и др.; под ред. Р. Э. Сафрагана. – К.: Техніка, 1989. – 175 с.

Основы создания гибких автоматизированных производств [Текст] / под ред. Б. Б. Тимофеева. – К.: Техніка, 1986. – 144 с.

Рачков, М. Ю. Оборудование и основы построения ГАП [Текст] : учебник для средних спец. учеб. заведений / М. Ю. Рачков. – М.: Высш. шк., 1991. – 166 с.

Роботизированные технологические комплексы: учеб. пособие [Текст] / Г. И. Костюк, О. О. Баранов, И. Г. Левченко, В. А. Фадеев. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 213 с.

Соломенцев, Ю. М. Управление гибкими производственными системами [Текст] / Ю. М. Соломенцев, В. Л. Сосонкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 352 с.

Фроман, Б. ГПС в механической обработке [Текст] / Б. Фроман; под ред. В. А. Лещенко. – М.: Машиностроение, 1988. – 120 с.

Чудаков, А. Д. Системы управления гибкими комплексами механообработки [Текст] / А. Д. Чудаков. – М.: Машиностроение, 1990. – 240 с.

Навчальне видання

**Павленко Віталій Миколайович
Костюк Геннадій Ігорович
Баранов Олег Олегович
Романов Максим Сергійович**

**ГНУЧКІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ
ДЛЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ**

Редактор Н. М. Сікульська

Зв. план, 2014

Підписано до друку 20.06.2014

Формат 60×84 1/16. Папір офс. № 2. Офс. друк

Ум. друк. арк. 9,3. Обл.-вид. арк. 10,5. Наклад 300 пр.

Замовлення 243. Ціна вільна

Видавець і виготовлювач
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
<http://www.khai.edu>

Видавничий центр «ХАІ»
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17
izdat@khai.edu

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої
продукції сер. ДК № 391 від 30.03.2001