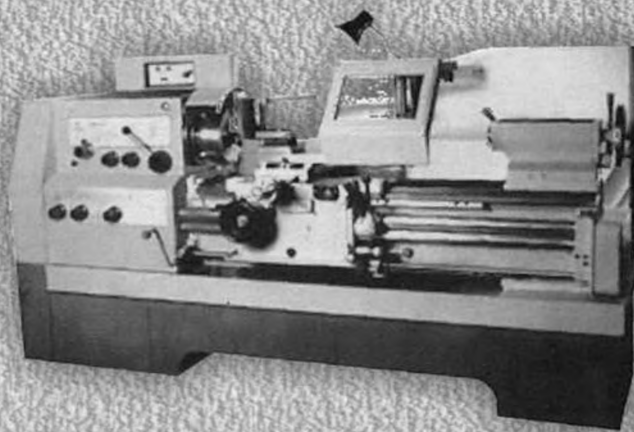


І.О. МАЛИШКО, І.В. КИСЕЛЬОВА

СИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ



Донецьк - 2007

СИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ

І.О. МАЛИШКО
І.В. КИСЕЛЬОВА

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

І.О. Малишко, І.В. Кисельова

**СИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ ВИРОБНИЦТВ**

Навчальний посібник

Донецьк-2007

Рецензенти:

С.В. Мироненко - професор кафедри «Металорізальні верстати та інструменти» Донбаської машинобудівної академії, докт. техн. наук, проф.

О.Є. Проволоцький - завідувач кафедри «Технологія машинобудування» Національної металургійної академії України, докт. техн. наук, проф.

І.М. Заплетніков - завідувач кафедри «Обладнання харчових виробництв» Донецького національного університету економіки та торгівлі ім. М. Туган-Барановського, докт. техн. наук, проф.

Малишко І.О., Кисельова І.В. Системи інструментального забезпечення автоматизованих виробництв. Навчальний посібник. – Донецьк: ДонНТУ, 2007. – 271с.

В навчальному посібнику розглянуті особливості побудови системи інструментального забезпечення автоматизованого виробництва, викладені відомості про сучасні вимоги до проектування та виготовлення верстатів з ЧПУ, які використовуються в гнучких автоматизованих виробництвах. Виконується аналіз видів та принципів роботи систем автоматичної зміни інструментів. Розглядаються сучасні методи та пристрої для діагностування стану технологічної системи та її підналагодження для забезпечення необхідної якості обробки виробів.

Посібник розрахований на студентів спеціальностей 7.090203 «Металорізальні верстати та системи» та 7.090204 «Інструментальне виробництво», та може використовуватись спеціалістами виробничої сфери.

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за галуззю знань "Машинобудування та матеріалообробка" (гриф 14/18-Г-1362 від 02.08.2007 р.)

**ELEKTRONKA MADE BY
SERGEY PUSTOVOY**

ВСТУП.....	6
1 ВИДИ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ	10
1.1 Основні задачі автоматизації	10
1.2 Етапи автоматизації	13
1.3 Види програмоносіїв	14
1.4 Техніко-економічні показники автоматизованих технологічних систем ..	16
1.5 Вплив рівня автоматизації технологічних систем на продуктивність	21
1.6 Види автоматичних технологічних систем	24
1.6.1 Загальна характеристика автоматичних технологічних систем	24
1.6.2 Тактові автоматичні лінії з жорсткими зв'язками	26
1.6.3 Переналагоджувані автоматичні лінії	28
1.6.4 Гнучкі автоматичні системи	29
2 СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ ЗАМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ	48
2.1 Структура системи автоматичної заміни інструментів	48
2.2 Характеристика способів заміни інструментів	50
2.2.1 Способи заміни інструментів без автооператора	50
2.2.2 Способи заміни інструментів за допомогою автооператорів	52
2.2.3 Способи заміни багатопшпіндельних головок	58
2.3 Складові частини механізмів автоматичної заміни інструментів	60
2.3.1 Накопичувачі інструментів, їх види та вимоги до них	60
2.3.2 Визначення місткості інструментальних магазинів	61
2.3.3 Накопичування і переміщення інструментів за допомогою револьверних головок	65
2.3.4 Інструментальні магазини дискового типу	70
2.3.5 Інструментальні магазини барабанного типу	74
2.3.6 Інструментальні магазини ланцюгового типу	76
2.3.7 Визначення основних параметрів ланцюгового магазину	79
2.3.8 Лінійні накопичувачі	85
2.4 Автооператори для заміни інструментів	87
2.4.1 Загальна характеристика автооператорів	87
2.4.2 Захватні пристрої автооператорів	94
2.4.3 Визначення основних параметрів автооператорів	97
2.5 Механізми для автоматичного кріплення інструментів	104
2.5.1 Загальна характеристика механізмів автоматичного кріплення інструментів	104
2.5.2 Будова механізмів автоматичного кріплення інструментів	105
2.5.3 Пристрої для захватування хвостиків інструментальних оправок	112
2.5.4 Пристрої для захватування різцевих головок	113
3 КОМПОНОВКА МЕХАНІЗМІВ АВТОМАТИЧНОЇ ЗАМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ	117
3.1 Загальні принципи проектування БВ	117
3.1.1 Етапи проектування верстатів	117
3.1.2 Проектні критерії	117
3.2 Завдання компоновки БВ	118

3.3 Сучасні види компоновок МАЗІ	126
3.3.1 Загальна характеристика існуючих компоновок МАЗІ	126
3.3.2 Компоновки механізмів автоматичної заміни інструментів без автооператора	127
3.3.3 Компоновки МАЗІ з автооператором	128
3.3.4 Компоновки МАЗІ при оснащенні БВ змінними багатошпіндельними головками	136
3.4 Групування варіантів компоновок по спільності їх конструктивних елементів	139
3.5 Оцінка компонувань МАЗІ по сукупності критеріїв	146
4 ДОПОМІЖНІ ІНСТРУМЕНТИ	150
4.1 Загальна характеристика допоміжних інструментів і вимоги до них	150
4.2 Допоміжні інструменти для БВ свердильно-розточувальної і фрезерної групи	153
4.2.1 Загальна характеристика допоміжних інструментів для БВ свердильно-розточувальної і фрезерної групи	153
4.2.2. Патрони для рухомого кріплення інструментів	161
4.3 Допоміжні інструменти для верстатів токарної групи	169
4.4 Спеціальні допоміжні інструменти	174
4.4.1 Розточувальні спеціальні допоміжні інструменти	175
4.4.2 Прискорювальні та кутові головки	177
4.4.3 Допоміжні пристрої для очищення та змащення оброблюваних поверхонь	180
4.5 Багатошпіндельні свердильні головки	182
4.5.1 Загальна характеристика багатошпіндельних головок	182
4.5.2 Спеціальні конструкції багатошпіндельних головок	185
4.5.3 Вибір режимів різання і визначення основних конструктивних елементів багатошпіндельних головок	190
4.6 Настроювання інструменту поза верстатом	192
4.6.1 Прилади для настроювання інструментів поза верстатом	192
4.6.2 Методика визначення розмірів інструментів, які настроюють	196
4.6.3 Точність інструментів з урахуванням пружних деформацій	197
4.7 Визначення потрібної кількості допоміжних інструментів	199
4.7.1 Шляхи комплектації верстатів допоміжним інструментом	199
4.7.2 Визначення кількості і номенклатури необхідного допоміжного інструмента	200
5 УПРАВЛІННЯ ТОЧНІСТЮ ОБРОБКИ НА ГВС	204
5.1 Задачі автоматичної системи контролю	204
5.2 Діагностування обладнання ГВС	205
5.2.1 Види похибок обробки, що виникають в умовах автоматичного виробництва	205
5.2.2 Механізми компенсації похибок в роботі верстатів та їх функції	206
5.2.3 Засоби автоматизації підсистеми компенсації похибок обробки	209
5.2.4 Схеми компенсації помилок	212
5.3 Методи автоматизації контролю обробки деталей	216

5.3.1 Загальна характеристика методів контролю	216
5.3.2 Типові схеми побудови автоматичних контрольних пристроїв	222
5.3.3 Датчики, як первинні вимірювальні перетворювачі систем електроавтоматичного контролю	225
5.3.4 Лазерні методи контролю	234
5.4 Автоматичне діагностування різального інструменту	238
5.4.1 Загальні положення діагностування інструменту	238
5.4.2 Автоматичне налагодження інструмента на верстатах	239
5.4.2 Датчики, які використовуються для діагностування	243
5.4.3 Налагодження інструментів на токарних верстатах з ЧПУ	244
5.4.4 Налагодження інструментів на багатопільових верстатах	246
5.4.5 Структура системи активного контролю	250
5.5 Контрольно-вимірювальні машини	252
6 ОРГАНІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ГВС.....	254
6.1 Особливості інструментального забезпечення в ГВС та його організація	254
6.2 Автоматичний пошук інструмента та його кодування	257
6.3 Організація інструментального забезпечення ГВС «Короплан»	259
6.3.1 Структура інструментального забезпечення «Короплан»	259
6.3.2 Інструментальні модулі та їх функції в системі інструментального забезпечення	261
6.3.3 Зберігання та складання інструмента	263
6.3.4 Монтаж і налагодження інструмента	263
6.3.5 Комплектація інструментальних блоків та їх транспортування в інструментальний магазин	265
6.4 Система діагностики	266
6.5 Організація планування і управління в системі «Короплан»	267
СПИСОК ПОСИЛАНЬ	269

Основною ціллю створення верстатів з ЧПУ було підвищення рівня автоматизації серійного виробництва, а, відповідно, підвищення коефіцієнта багатOVERSTATності, підвищення продуктивності ТС та якості продукції. Але, практика показала що коефіцієнт багатOVERSTATності залишився на рівні обслуговування універсального обладнання. Це, перш за все, було обумовлено тим, що рівень автоматизації верстатів з ЧПУ відповідав першому рівню автоматизації, коли автоматизації підлягають лише робочі та деякі холості рухи верстата. Заміна інструмента та заготовки, контроль точності розмірів деталі та інші дії виконувались вручну. Це фактично потребувало наявності одного оператора для кожного верстата, і отримати очікуваного підвищення продуктивності ТС не вдалося.

Тому виникла необхідність підняти рівень автоматизації верстатів з ЧПУ за рахунок оснащення їх механізмами автоматичної заміни інструментів (МАЗІ). Це, в свою чергу, вимагало створення системи допоміжних інструментів з уніфікованими хвостовиками, які разом з різальними інструментами складають інструментальні блоки. Використання автооператорів для автоматичної заміни інструментів потребувало уніфікації елементів їх кріплення.

Для накопичення інструментів, необхідних для реалізації технологічного процесу, стали використовувати інструментальні магазини. Кількість інструментальних блоків в інструментальному магазині повинна бути такою, щоб забезпечити виконання всіх переходів, які необхідні для обробки всіх деталей протягом робочої зміни. Закріплення інструментів після їх заміни на цих верстатах також здійснюється автоматично.

Технологічні можливості верстата розширилися, і він став не просто верстатом з ЧПУ, а багатOCЬОВИМ верстатом. Оснащення його системою МАЗІ значно скоротило час на заміну інструмента та його налагодження, що забезпечило підвищення продуктивності ТС. Наявність накопичувачів інструментів великої місткості дозволяло верстату працювати одну-дві зміни без переналагоджування.

Такі верстати відносяться вже до другого рівня автоматизації.

Третій рівень автоматизації забезпечує вже автоматичне транспортування та завантаження заготовок, автоматичний контроль ходу технологічного процесу, діагностику роботи різального інструменту та всієї технологічної системи. При третьому рівні автоматизації здійснюється не тільки контроль точності обробки деталі, а і корегування положення основних робочих органів верстата по результатах цього контролю.

Таким чином, для забезпечення роботи верстата в автоматичному режимі були створені механізми автоматичної заміни інструментів та їх діагностування. Це склало систему інструментального забезпечення (СІЗ). Вартість такої системи доходить до 50% від вартості всього ГВМ.

Складовими частинами СІЗ є магазин для накопичення інструментальних блоків, автооператор, пристрій для автоматичного закріплення інструменту. Усі ці елементи виготовляються одночасно з верстатом.

Номенклатура допоміжного інструменту визначається видом деталей, які будуть оброблятися на даному верстаті, чи верстатному модулі. Тому комплектування верстатів допоміжними інструментами йшло двома шляхами. Перший шлях – це коли верстат проектувався для обробки заздалегідь відомих видів деталей, а, відповідно, відомого технологічного процесу їх обробки. При цьому був відомий і різальний інструмент, необхідний для реалізації цього ТП. Тоді фірма, що виготовляє верстат, комплектує його і необхідним допоміжним інструментом, який виготовляє сама, або купує на спеціалізованих підприємствах.

В тих випадках, коли номенклатура деталей, для обробки яких буде використовуватись верстат, заздалегідь не відома, використовується другий шлях оснащення багатоцільових верстатів або ГВС допоміжним інструментом. При цьому оснащення верстата допоміжним інструментом здійснюється користувачем верстата, а не виробником. Цей шлях є занадто клопітним і більш затратним, так як не завжди можливо придбати необхідний допоміжний інструмент. Особливо це відноситься до спеціальних допоміжних інструментів, які спеціалізовані підприємства не випускають. Такий інструмент замовнику верстата доводиться виготовляти самому, або замовляти на інших підприємствах.

Але незалежно від використання першого чи другого шляху оснащення БВ або ГВС допоміжним інструментом, виникають проблеми при переході на випуск нової продукції, особливо коли її номенклатура значно оновлюється, і виникає потреба використання нових допоміжних інструментів. В таких випадках необхідно мати спеціалістів по проектуванню цих інструментів. Спеціалісти необхідні також при запуску у виробництво нових виробів для налаштування модуля. Постійно необхідні також спеціалісти, які забезпечили б роботу всієї системи СІЗ під час експлуатації гнучких виробничих систем.

Структура СІЗ характеризується, перш за все, прийнятим способом заміни інструментів. Способи заміни інструментів досить динамічно розвиваються і удосконалюються. Їх удосконалення направлено на скорочення часу заміни інструментів, що визначає продуктивність ТС. Але, скорочення часу заміни інструментів не завжди є основним фактором, який забезпечує підвищення продуктивності. Відомо, що найбільше на продуктивність впливає досконалість технології обробки і частота зміни інструментів. Це пов'язано з тим, що частота зміни інструментів, навіть при малому часі заміни, негативно впливає на продуктивність ТС. Велика кількість інструментів в магазині робить ТС громіздкою, збільшує її вартість і веде до росту собівартості продукції. Мала місткість накопичувачів інструментів не дозволяє вести обробку деталей широкої номенклатури, що знижує гнучкість ТС.

Особливим напрямком, який може подолати всі ці недоліки, є удосконалення технології обробки деталей на ГВС. Традиційні технології, які використовувались на універсальних або спеціальних (агрегатних) верстатах, не завжди є прийнятними в умовах гнучкого виробництва. Наприклад, раніше комбіновані осьові інструменти доцільно було використовувати лише в умовах крупносерійного і масового виробництва. В умовах дрібносерійного та серійного виробництва ці інструменти майже не використовувались. Сьогодні комбіновані ін-

струменти набувають все більшого використання навіть в умовах дрібносерійного та серійного виробництва. Це пов'язано, перш за все, зі значним ростом вартості ГВС. Вартість гнучкого модуля, в порівнянні, наприклад, з агрегатним верстатом, збільшилась в декілька десятків разів. Тому використання комбінованого осового інструменту стає економічно вигідним.

Аналіз показує, що намітилась стала тенденція використання ГВС в умовах крупносерійного виробництва. По даним ООН 80% ГВС використовується саме в крупносерійному виробництві. Це пов'язано з тим, що ГВС дозволяють за декілька діб, а навіть і годин, перейти на випуск нової продукції.

В останній час існує тенденція зміщення центру ваги від виробництва з постійною номенклатурою виробів до багатомономенклатурного виробництва, з швидкою зміною програм. Це пов'язано з високою конкуренцією в ринковій економіці. Для того, щоб затриматись на ринку, продукція виробника повинна бути кращою, ніж у конкурента. Тому термін випуску виробу, наприклад, автомобілю, зменшується з 7-8 років до 2-3 років.

Автоматичні лінії зі жорсткими зв'язками для переходу на випуск нової продукції потребують декілька місяців і великих матеріальних витрат. Тому на зміну їм прийшли мобільні ГВС, які дозволяють перейти на випуск нової продукції з мінімальними витратами коштів та часу.

Ринкова економіка потребує не тільки нових машин, а і більш високої їх якості. Одним із основних напрямків підвищення якості виробів є перенесення функції контролю точності обробки від людини до машини. Але машина повинна здійснювати цей процес на принципово новому рівні. Для того, щоб визначити, які функції повинна виконувати машина, доцільно розглянути переклад англійського слова „контролювати”, який означає „управляти”, „регулювати”. Людина могла виконати лише функцію контролю точності обробки виробу. Автомат, на відміну від людини, може виконувати не тільки контроль, а і регулювати точність обробки.

На першому етапі автоматизації контрольні автомати виконували розбавку, тобто сортували вироби по групах. Зростання рівня автоматизації дозволило зробити засоби, які дозволяють управляти точністю обробки шляхом корегування ходу технологічного процесу. Такий шлях підвищення якості продукції є більш прогресивним, так як він дозволяє зменшити кількість браку майже до нуля.

В сучасних ГВС здійснюється не тільки управління ходом технологічного процесу, а і діагностування стану основних робочих органів верстата, різально-го інструмента і корегування їх положення в відповідності з нормами точності.

АЛ – автоматична лінія
АРКЛ – автоматична роторно-конвеєрна лінія
АРЛ – автоматична роторна лінія
АТС – автоматизована технологічна система
БВ – багатоопераційний верстат
ГАВ – гнучке автоматизоване виробництво
ГАЛ – гнучка автоматична лінія
ГВМ – гнучкий виробничий модуль
ГВО – гнучкий виробничий осередок
ГВС – гнучка верстатна система
МАЗІ – механізм автоматичної заміни інструментів
МАКІ – механізм автоматичного кріплення інструмента
ПА – порталний автооператор
ПО – позиція
ПС – пристрій-супутник
РГ – револьверна головка
РП – робоча позиція
САУ – система автоматичного управління
СІЗ – система інструментального забезпечення
ТП – технологічний процес
ТС – технологічна система -
Ш – шпindel

1 ВИДИ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

1.1 Основні задачі автоматизації

Перед тим, як розглядати, що таке автоматична технологічна система та її інструментальне забезпечення, необхідно визначитись, що таке автоматизація взагалі, яка її мета та задачі в машинобудуванні.

Слово **автоматизація** походить від слова автомат, що в перекладі з грецької означає самодіючий. У техніці автомат – це пристрій, або сукупність пристроїв, що без посередньої участі людини згідно з закладеною в нього програмою виконує процес сприймання, перетворення, використання та передачі енергії, матеріалів чи інформації. Автомати застосовуються для підвищення продуктивності праці, а також для роботи в умовах небезпечних для життя або здоров'я людини. Прикладами автоматів є верстат-автомат, цех-автомат, завод-автомат, автоматична електрична обчислювальна машина.

Для виробничих автоматів заздалегідь встановлюють певну програму руху інструменту відносно заготовки, яка може називатись законом управління. В межах технологічного процесу (ТП) виготовлення конкретного виробу закон управління виконує функції впливу засобів праці на її предмет в заданій послідовності. Під дією зовнішніх та внутрішніх збурень протікання робочого процесу неминуче відхиляється від заданого, що приводить до браку оброблюваних виробів. Для того, щоб ТП протікав у відповідності з заданою програмою, необхідно мати достатню інформацію про стан технологічної системи (ТС) та, відповідно, вносити корективи в закон управління.

Галузь теоретичних та практичних знань про пристрої та системи, що діють без посередньої участі людини, називається “автоматика”. Термін “автоматика” стосується раннього періоду досліджень та практичних розробок у галузі автоматичного управління та регулювання [41].

Одним з найважливіших питань автоматизації є розкриття загальних функціональних зв'язків між продуктивністю ТС та основними параметрами її елементів, що дозволяє при проектуванні засобів автоматизації використовувати критерій максимальної продуктивності при збереженні якісних характеристик виробів.

Удосконалення засобів автоматики та значне поширення автоматичних управляючих пристроїв сприяють переходу до комплексної автоматизації дільниць, цехів та заводів. Системи охоплення автоматизацією управління технологічними, організаційними процесами в межах різних ступенів виробничої та господарської діяльності являє собою комплексну автоматизацію.

Технологічні системи в залежності від рівня автоматизації можуть бути автоматизованими і автоматичними.

Автоматизована система – це сукупність об'єкта, яким управляють, й автоматичних управляючих пристроїв, у яких частину функцій управління виконує людина. Автоматизована система здійснює збирання інформації з об'єкта управління, її перетворення, формування управляючих команд та виконання їх на об'єкті управління, тобто виконує ті функції, які найлегше піддаються авто-

матизації. Людина визначає цілі та критерії управління й корегує їх при зміні зовнішніх умов, зокрема виконує функції нагляду за роботою автоматизованого обладнання і, в разі потреби, змінює програму роботи і приймає загальне рішення, щодо управління в змінних або складних ситуаціях.

Автоматична система – це сукупність об'єкта управління й автоматичних вимірювальних та управляючих пристроїв. На відміну від автоматизованої системи управління, автоматичною системою здійснюється без участі людини (крім етапів пуску і налагодження системи). Автоматичні системи є системи з програмним управлінням, до яких відносяться автоматичні лінії, роботи-маніпулятори, гнучкі модулі, цехи та заводи-автомати.

Автоматизація виробництва означає появу якісно нової системи машин, найважливішою особливістю якої є наявність управляючого ланцюга, що ґрунтується на застосуванні електронно-обчислювальних машин, приладів та засобів автоматизації.

Розрізняють три ступені автоматизації перший, другий та третій. Ступінь автоматизації виробництва безпосередньо зв'язаний з економічною ефективністю конкретного виробництва. Ступінь автоматизації виробництва найбільш часто оцінюється продуктивністю технологічної системи, тобто кількістю продукції виробленої в одиницю часу, та фондоемкістю. **Фондоемкість** – економічний показник, що характеризує відношення вартості основних виробничих фондів до вартості валової та товарної продукції, виробленої протягом року.

Підвищення ступеню автоматизації веде до росту продуктивності технологічної системи. Наприклад, впровадження комплексної автоматизації дозволило в 20–25 разів підвищити продуктивність ТС по відношенню до неавтоматизованої системи. Фондоемкість одиниці продукції при цьому зростає в два рази. Зменшення фондоемкості продукції може привести до зменшення її собівартості. Суттєво зменшити фондоемкість продукції, а, відповідно, і її собівартість, можна за рахунок електронізації виробництва.

Як говорилося раніше, в системах автоматизованого управління (САУ) частина робочого процесу здійснюється в автоматичному режимі, а частина за участю людини, яка контролює роботу окремих ланок САУ, дає оцінку отриманої інформації, а в окремих випадках бере на себе оперативне управління. Це зменшує фондоемкість продукції, але приводе до втоми робітника, і веде до зниження якості продукції.

В системах з автоматичним управлінням в функції оператора входить тільки контроль за роботою автомата та в деяких випадках його переналагодження. Робота ТС в автоматичному режимі зменшує втому людини, а, відповідно, і вірогідність появи браку. Тому на даному етапі розвитку виробництва більш розвиваються САУ, що зменшує вплив людини на якість продукції, що випускається.

При такому напрямку об'єктом автоматизації в машинобудуванні є основне та допоміжне обладнання, а також технічні засоби, які забезпечують виконання технологічного процесу. Таким чином, САУ ТП являє собою ієрархічну структуру, яка включає в себе технологічне обладнання, комплекс обчислювальних засобів контролю та автоматики, математичне забезпечення та операто-

для управління ТП по заданим критеріям.

До основних функцій САУ технологічним процесом відносяться:

- безпосередній вплив на предмет виробництва;
- збір, обробка, зберігання первинної інформації про стан об'єкта управління та її видача в зручній формі для прийняття рішення;
- контроль та ідентифікація стану об'єкта управління;
- регулювання ТП;
- визначення оперативних техніко-економічних показників ТП;
- пуск та зупинка ТП;
- технічна діагностика об'єкта управління;
- аналіз аварійних ситуацій та прийняття заходів по їх запобіганню;
- оптимальне управління об'єктом;
- стабілізація заданого режиму роботи ТС.

Впровадження автоматичних систем управління ТП дозволяє вирішити ряд як технічних, так і соціально-економічних задач:

- підвищити продуктивність обробки деталей;
- підвищити якість виробів та забезпечити сталість ТП;
- зменшити кількість працюючих;
- звільнити людину від виконання монотонних, тяжких та шкідливих для здоров'я виробничих операцій;
- використовувати в виробництві матеріали та процеси, шкідливі для здоров'я людини.

Основною складовою частиною будь-якої ТС є металорізальний верстат (МВ), який крім основної робочої операції, пов'язаної зі зміною форми та розмірів заготовки, тобто формоутворення, повинен виконувати допоміжні операції, пов'язані з заміною заготовок та їх кріпленням, заміною різального інструмента, контролю його стану, та стану верстата. Для виконання таких функцій верстат повинен мати відповідні функціональні підсистеми. До таких підсистем В.Е. Пуш [34] відносить: підсистему управління 1, підсистему контролю 2, підсистему маніпулювання 3 та підсистему обробки 4 (рис. 1.1).

Підсистема управління на основі вхідної зовнішньої інформації та допоміжної внутрішньої поточної інформації від контрольних та вимірювальних пристроїв забезпечує правильне функціонування всіх останніх підсистем в відповідності з поставленою задачею. Вхідна інформація поступає у вигляді креслення, маршрутної технології або заздалегідь підготовленої управляючої програми.

В функції підсистеми контролю входить збір поточної інформації про заданий стан та поведінку всієї ТС (верстата, інструмента, маніпулятора та інших допоміжних пристроїв) і передача її в підсистему управління. Така інформація при ручному управлінні поступає в підсистему управління від органів чуття оператора, а при автоматизації контрольних функцій - від відповідних перетворювачів (датчиків) підсистеми контролю. Вихідна інформація дає відомості про фактичні розміри оброблюваної деталі по результатах її вимірів. При достатньо високому рівні автоматизації результати вимірювання надходять в пристрої управління, а звідти у вигляді управляючих сигналів корегують положення вуз-

лів верстату.

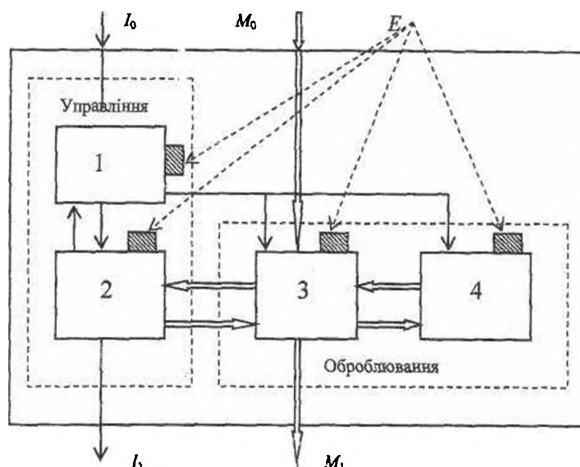


Рисунок 1.1 - Структурна схема верстату [24]:

I_0 , I_1 - вхідна і вихідна інформація; M_0 , M_1 - заготовка і виріб; E - енергія; 1 - підсистема управління; 2 - підсистема контролю; 3 - підсистема маніпулювання; 4 - підсистема обробки

Підсистема маніпулювання забезпечує автоматизацію допоміжних рухів у верстаті: заміни заготовки, її кріплення, переміщення та поворот при контролі та вимірах, заміну різальних інструментів, звільнення від стружки та інше.

1.2 Етапи автоматизації

Аналізуючи історію та тенденції розвитку автоматизації виробничих процесів, можливо виділити три основні етапи: 1) автоматизація робочого циклу; 2) автоматизація системи машини; 3) комплексна автоматизація виробничих процесів.

Так як **першим етапом автоматизації** є автоматизація робочого циклу; то слід визначити що входить до його складових частин. Всяка робоча машина складається з трьох основних механізмів: рухового, передавального й виконавчого. Основним механізмом робочої машини є виконавчий механізм, який визначає технологічні можливості машини, її продуктивність та якість обробки. Він, крім основних робочих рухів, які використовуються при обробці, виконує рухи, які не пов'язані з обробкою.

З точки зору виконання технологічного процесу всі переміщення робочих органів можливо розділити на робочі і холості. Робочими ходами називаються такі рухи, під час яких виконується зняття стружки. Холостими називаються допоміжні рухи, які служать для підготовки робочих ходів (завантаження та закріплення заготовки, підведення і відведення інструмента, тощо).

Для обробки одного виробу потрібний повний комплекс робочих і холостих ходів, час виконання яких визначається робочим циклом машини

$$T = t_p + t_x, \quad (1.1)$$

де t_p - час робочих ходів;

t_x - час холостих ходів.

Робочі та холості ходи можуть поєднуватись між собою. Всяка робоча машина може самостійно виконувати робочі ходи. Якщо машина крім робочих ходів самостійно виконує і холості ходи, то це вже буде автоматична машина або автомат. Таким чином, необхідними та достатніми умовами для роботи автомата є наявність механізмів робочих і холостих ходів та системи управління, яка виконує запрограмовану послідовність всіх елементів робочого циклу. На відміну від автомата, полуавтомат є машиною, яка працює з автоматичним робочим циклом, але для його повторювання потрібне втручання робітника.

Другим етапом автоматизації є автоматизація системи машини, тобто створення автоматичних ліній, які об'єднують в собі виконання різноманітних операцій обробки, контролю, складання та упаковки виробів.

Автоматичною лінією називається система машин, які об'єднані засобами транспортування та мають спільні механізми управління, автоматично виконують у технологічній послідовності всі або частину операцій по виготовленню виробів.

Створення автоматичних ліній вимагало вирішення більш складних задач автоматизації. Першою з них було – створення системи міжверстатного транспортування оброблюваних деталей з урахуванням різного ритму роботи верстатів, їх простоїв через виникаючі неполадки. Відповідно, система міжверстатного транспортування повинна мати не тільки транспорти, а й автоматичні магазини–накопичувачі для створення і витрат міжопераційних запасів, пристрої управління блокуванням системи машин. На другому етапі автоматизації вирішується задача створення автоматичного контролю, в тому числі і автоматичного корегування роботи верстата.

Третім етапом автоматизації є комплексна автоматизація виробничих процесів – створення автоматичних цехів та заводів. Під комплексною автоматизацією слід розуміти таку автоматизацію, яка охоплює весь комплекс виробництва виробу, починаючи від заготовки та закінчуючи його складання автоматизовано при автоматизованому диспетчерському контролі і управлінні виробництвом.

1.3 Види програмоносіїв

На першому етапі в якості засобів автоматизації використовувались кулачкові механізми, упори, командоапарати та інше. Це дозволяло отримати автоматизовані ТС з жорсткими зв'язками. Тому на першому етапі автоматизації органи управління використовувалися на універсальних верстатах з ручним управлінням. Але це не звільняло людину від ручного управління холостими

ходами та послідовністю циклу. Головною перевагою верстатів з ручним управлінням є їх універсальність та висока мобільність. Це дозволяє швидко переналагоджувати їх на випуск нових виробів. Недоліком таких верстатів є низька продуктивність та втрати робітників, що в кінці робочої зміни веде до появи бракованих виробів.

Висока універсальність та мобільність таких верстатів обумовила їх використання в одиничному та серійному виробництві. Використання цих верстатів також є виправданим в умовах важкого машинобудування, так як використання спеціальних верстатів не може окупитись із-за малих термінів виробництва.

Для умов крупносерійного виробництва були створені універсальні автомати і напівавтомати, які мали високий ступінь автоматизації та високу циклову продуктивність. Вони були оснащені автоматизованими пристроями холостих ходів та управління. Це знизило їх мобільність та універсальність. Були фактично створені спеціальні автомати та напівавтомати, які могли вже використовуватися в умовах масового виробництва.

Перехід від жорстких елементів управління до систем з ЧПУ дозволив зробити технологічне обладнання більш гнучким. Якщо при жорстких засобах управління для переналагодження автоматів шляхом ручної заміни програмоносія потрібно декілька годин, то в автоматах з ЧПУ це може виконуватись за лічені хвилини в автоматичному режимі.

Досконалість самих автоматів оцінюється по співвідношенню холостих та робочих ходів. Чим менше це співвідношення, тим вище ступінь безперервності роботи автомата. Холості ходи скорочуються за рахунок об'єднання їх з робочими ходами, або удосконалення механізмів. Повне усунення холостих ходів веде до ідеального варіанту безперервно діючої машини.

Управляючі пристрої автоматів, які виконують функції програмоносіїв та задають відповідний рух різальним інструментам, представлені кваліфікаційним рядом, табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Пристрої для управління автоматами

Класифікаційний признак		Вид управління	№ класу
Спосіб за- вдання руху	Вид програмоносія		
Геометрич- ний	Упори та кінцеві вимикачі, кулачки, копії	По кінцевому положенню	I
		Кулачкові	II
		Копіювальні	III
Аналоговий	Кінематичні механізми Програмуючі контролери Тимчасові магнітні пристрої	Кінематичні	IV
		Циклові	V
		Програмні з попереднім записом сигналів	VI
Математич- ний	Інтерполятори Мікропроцесори Управляючі ЕОМ	Програмоване	VII
		Локальне	VIII
		Центральне (групове)	IX

Найбільш простими машинами перерваної дії є токарні, шліфувальні та фрезерні верстати. Вони належать до I класу. У них найбільш низький ступінь безперервної роботи. До IX класу відносяться машини безперервної дії, в яких обробка деталей ведеться в інструментальних блоках на роторах, що безперервно обертаються. Вони мають найбільшу продуктивність, завдяки тому, що холості ходи інструменту у них відсутні.

1.4 Техніко-економічні показники автоматизованих технологічних систем

1 Рівень автоматизації

Якщо розглядати технологічний процес відповідно теорії ТС, то він являє собою процес взаємозв'язаного перетворення матеріалів, енергії та інформації. Рівень автоматизації технологічної системи можливо визначити залежністю

$$U_a = \frac{I_a}{I_3}, \quad (1.2)$$

де I_a - кількість інформації, що технологічна система отримує через засоби автоматизації;

$I_3 = I_a + I_p$ - загальна кількість інформації, яка є необхідною і достатньою для проведення виробничого процесу та управління ним;

I_p - кількість інформації, яка вводиться ручним шляхом в систему за допомогою спеціальних пристроїв.

Тоді

$$U_a = \frac{I_a}{I_a + I_p} = \frac{1}{1 + \frac{I_p}{I_a}}. \quad (1.3)$$

Вираз $\frac{I_a}{I_p} = U_\phi$ є не що інше, як співвідношення між кількістю інформації, яка введена ручним шляхом та кількістю інформації, що система отримує за допомогою засобів автоматизації.

Тоді вираз (1.3) буде мати вигляд

$$U_a = \frac{1}{1 + U_\phi}. \quad (1.4)$$

З рівняння (1.3) видно, що при зменшенні величини I_p величина U_a збільшується, а, відповідно, збільшується рівень автоматизації ТС. При $I_p=0$ $U_a=1$ - система є повністю автоматизованою і весь процес від проектування виробу до його виготовлення виконується без участі людини на всіх етапах введення та отримання інформації.

Взагалі автоматизація може бути розділена на два види: жорстку та гнучку. На першому етапі розвитку автоматизації виробничих процесів в машинобудуванні в умовах крупносерійного і масового виробництва, де випускається біля 20% продукції, автоматизовані технологічні системи базувались на жорстких засобах автоматизації.

В умовах масового виробництва для обробки одної або двох деталей одного типу використовувались тактові переналагоджувані автоматичні лінії з жорсткими засобами автоматизації. При крупносерійному виробництві для обробки аналогічних по конструкції, розмірам і технології обробки деталей також використовувались тактові автоматичні лінії, але вже переналагоджувані. Переналагодження їх може бути ручним або автоматичним. Для обробки таких деталей використовувалась групова технологія.

Основним видом обладнання для тактових автоматичних ліній є верстати автомати - при обробці деталей типу тіло обертання, багатопозиційні агрегатні верстати - при обробці корпусних деталей.

При обробці невеликих деталей в крупносерійному та масовому виробництві використовуються автоматичні роторні лінії (АРЛ) та автоматичні роторно-конвеєрні лінії (АРКЛ), у яких обробка виробів поєднана з їх транспортуванням.

В серійному та дрібносерійному виробництві виготовляється до 80% продукції машинобудування. Тому автоматизація цього виробництва стала дуже актуальною. При обробці деталей машин дрібними серіями потрібно часто переналагоджувати обладнання. Вирішення цієї проблеми з мінімальними затратами можливо на основі гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ).

Згідно з ГОСТ 26228-90 використовуються такі терміни та визначення гнучких організаційних структур виробництва:

- **гнучка виробнича система (ГВС)** - це керована засобами обчислювальної техніки сукупність технологічного обладнання, яке складається з різних поєднань гнучких виробничих модулів та гнучких виробничих осередків автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва та системи забезпечення функціонування, яка володіє властивостями автоматизованого переналагодження при зміні програми виробництва виробів, різновид яких обмежений технологічними можливостями обладнання;

- **гнучкий виробничий модуль (ГВМ)** - це одиниця технологічного обладнання, яка автоматично здійснює технологічні операції в межах його технічних характеристик, здатна працювати автоматично та в складі гнучких виробничих систем або гнучких виробничих осередків;

- **гнучкий виробничий осередок (ГВО)** - це керована засобами обчислювальної техніки сукупність декількох гнучких виробничих модулів та системи забезпечення функціонування, яка здійснює комплекс технологічних операцій, здатна працювати автоматично в складі ГВС при виготовленні виробів в межах підготовленого запасу заготовок і інструменту.

Різновидом ГВО, в якому технологічне обладнання розташовується відповідно з прийнятою послідовністю операцій, є **гнучка автоматична лінія (ГАЛ)**.

Поняття ГВС є узагальненням, яке не залежить від рівня автоматизації, організаційних ознак (лінія, осередок, цех завод), виду обробки і різновиду виробів, що обробляються.

За рівнем автоматизації ГВС діляться на три групи:

- при першому рівні автоматизації підлягають робочі та холості переміщення основних елементів верстата, заміна інструмента здійснюється уручну, що характерно для універсальних верстатів з ЧПУ;

- при другому рівні до автоматизації робочих та холостих переміщень основних елементів додається автоматизована система інструментального забезпечення, що характерно для багатоопільових верстатів (БВ);

- при третьому рівні автоматизована технологічна система (АТС) доповнюється автоматичною системою транспортування та завантаження заготовок, а також системою автоматичного контролю ходу технологічного процесу (точність оброблюваних деталей, стійкість інструмента, видалення стружки та ін.), що характерне для гнучких виробничих модулів.

Аналіз виробничої діяльності провідних світових фірм, який провела організація об'єднаних націй (ООН), показав, що ГВС використовуються практично в усіх видах виробництва від крупносерійного, а іноді масового, до дрібносерійного. По даним ООН в крупносерійному виробництві використовується до 80% ГВС. Постає питання, з чим це пов'язане? Виявлено, що використання ГВС в умовах дрібносерійного виробництва потребує великих затрат часу для переналагодження технологічного обладнання на запуск нових виробів, а це веде до зростання собівартості продукції. В умовах крупносерійного виробництва кількість переналагоджень зменшується, а це веде до збільшення продуктивності технологічного обладнання, а, відповідно, до зменшення собівартості виробництва. Крім того, ГАЛ, на відміну від тактових автоматичних ліній, дозволяють перейти на випуск нової продукції за кілька годин. Це відповідає духу ринкової економіки, коли, наприклад, одна модель автомобіля виробляється не більше 2-3 років. Гнучке виробництво дозволяє з мінімальними затратами і за короткий термін перейти на випуск нової продукції.

Зараз вже визначились тенденції і конструкторсько-технологічні рішення автоматизації різних видів виробництва. Їх можливо показати графіком (рис. 1.2), з якого видно, що в умовах одиничного виробництва використовуються універсальні верстати, верстати з ЧПУ, рідко ГВМ. В умовах дрібносерійного та серійного виробництва - верстати з ЧПУ, ГВМ, ГВС. В крупносерійному виробництві використовуються - переналагоджувані тактові автоматичні лінії на базі агрегатних багатопозиційних верстатів, ГВС на базі ГВМ та багатопозиційних агрегатних верстатів, АРС та АРКЛ. В умовах масового виробництва використовуються тактові автоматичні лінії на основ багатопозиційних агрегатних верстатів та спеціальних верстатів, АРЛ, АРКЛ, ГВС на базі ГВМ і багатопозиційних агрегатних верстатів. Встановити більш точні області використання тієї чи іншої автоматизованої ТС можливо на основі техніко-економічного аналізу ефективності виробництва.

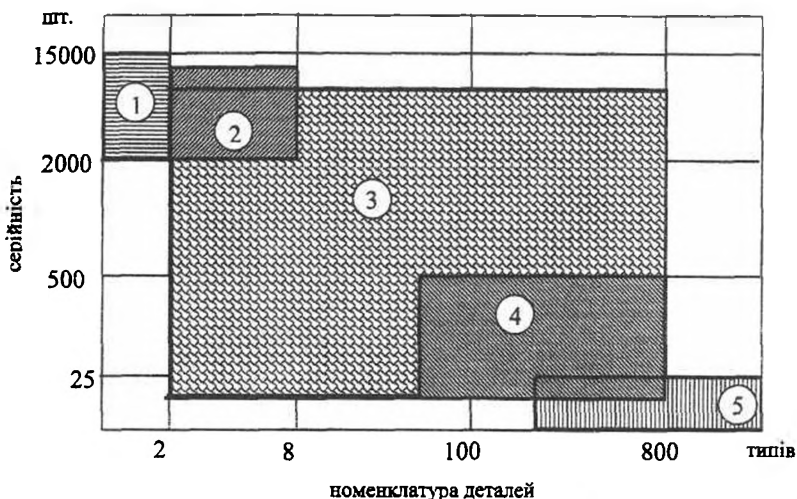


Рисунок 1.2 - Область використання технологічного обладнання:
 1 – тактові автоматичні лінії; 2 – тактові переналаджовані автоматичні лінії;
 3 – гнучкі виробничі системи; 4 – ГВМ, ЧПУ; 5 – універсальне обладнання з ручним управлінням

2 Гнучкість автоматичної технологічної системи

Основним показником, який характеризує ГВС, є її гнучкість, яка показує як часто змінюється номенклатура деталей.

Якісно гнучкість системи оцінюється тим вище, чим більше різновидів оброблених деталей й чим частіше проводиться запуск нової або повторювальної партії заготовок. Кількісно гнучкість може бути визначена величинами зовнішньої або внутрішньої гнучкості. Зовнішня гнучкість, або гнучкість по відношенню до верхнього рівня планування, визначається кількістю найменувань деталей, які економічно доцільно оброблювати на даній ГВС (без урахування кількості деталей в партії).

Внутрішня гнучкість визначається можливостями переналадження ГВС і може бути виражена залежністю

$$\Gamma_i = \frac{1}{N_{\min}}, \quad (1.5)$$

де $N_{\min}$ – мінімальна кількість деталей в партії, обробка яких економічно доцільна на даній ГВС.

При $\Gamma_i = 1$ виробництво повністю гнучке; якщо $1 \geq \Gamma_i \geq 0,25$ – виробництво є високогнучким; $0,25 \geq \Gamma_i \geq 0,1$ – виробництво низькогнучке; $\Gamma_i < 0,025$ – виробництво не володіє гнучкістю.

Для визначення гнучкості ТС згідно з формулою (1.5) потрібні початкові

дані для визначення технологічної собівартості оброблюваних деталей. Тому краще використати спрощену залежність для визначення гнучкості системи, яка базується на циклі обробки однієї деталі T , тоді [32]

$$\Gamma = \frac{T}{T + t_n} \left(1 - \frac{1}{n} \right), \quad (1.6)$$

де t_n - час переналагодження ГВС з обробки деталей i - го на обробку деталей j - го найменування;

n - кількість найменувань деталей, що оброблюються на даній ГВС.

Відповідно, вираз $1 - \frac{1}{n}$ має значення часового коефіцієнту, за допомогою якого можливо оцінити рівень гнучкості ТС. Так при $n = 1$ $\Gamma = 0$. Значення коефіцієнтів Γ приведені вище відповідають величинам отриманим з виразу (1.6).

Найважливішим фактором гнучкості ТС є модульний принцип конструювання технічних засобів з уніфікацією основних функціональних вузлів та пристроїв (рушіїв, систем управління, завантаження та розвантаження, транспортно-накопичуючих пристроїв, систем інструментального забезпечення та інших механізмів), а також стандартизація технологічного оснащення.

Такий підхід, крім збільшення гнучкості системи, дозволяє істотно підвищити надійність технологічних засобів та довести коефіцієнт використання обладнання до 0,9. Це забезпечує істотне підвищення продуктивності ТС, зниження собівартості продукції, скорочення кількості обладнання та економію виробничої площі. Іноді для оцінки гнучкості використовують такі показники, як універсальність обладнання та його переналагоджуваність, але вони не враховують техніко-економічних показників роботи лінії.

3 Автономність технологічної системи

Автономність управління ТС визначається її здатністю працювати в режимі "малолюдного" або "безлюдного" обслуговування. "Малолюдним" обслуговуванням ТС є режим, при якому фізичне втручання людини в процес обробки потрібне періодично на протязі всієї робочої зміни.

"Безлюдний" режим обслуговування ТС - це такий режим, коли ГВС працює автоматично, але потребує періодичного нагляду людини, яка одночасно може бути зайнята на інших роботах, або на інших ГВС.

Автономність управління ТС може бути оцінена залежністю

$$A = \frac{N_c}{n}, \quad (1.7)$$

де N_c - кількість робочих місць всього;

n - кількість місць, що обслуговуються оператором.

При високогнучкому виробництві, коли $\Gamma_i \leq 1$, величина автономності ГВС має співвідношення 3/2, 2/1. Коли гнучкість ТС $\Gamma = 1$, $A = 3/1$ або 3/0,5. В тих випадках, коли необхідно забезпечити гнучкість ГВС $\Gamma = 0,25-1$, економічно доцільно збільшити частку участі людини (показник n) в процесі виробництва.

ва, що повинно реалізуватися не шляхом збільшення безпосереднього фізичного контакту людини з обладнанням, а за рахунок рівня автоматизації ТС і на цій основі збільшення участі людини в його управлінні.

4 Мобільність гнучких технологічних систем

Мобільність технологічної системи походить від латинського слова *mobilis*, що означає рухомість, або готовність до швидкого виконання завдань. Відносно до гнучких ТС **мобільність** - це здатність до перебудови технологічного процесу і переходу до випуску нових виробів. Вона визначається часом, необхідним для переналагодження ГВС на випуск нових виробів. Коли витрати часу на переналагодження ГВС складають менше 30 хвилин, ТС є високомобільною. При затратах часу до 3-4 годин – середньомобільною. Якщо затрати часу на переналагодження системи складають більше 4 годин, то система є маломобільною.

Потенційна готовність ТС до переналагодження тісно пов'язана з автоматизацією процесів управління, проектування та інженерно-технологічної підготовки виробництва. Тільки інтеграція автоматичних систем управління, проектування та підготовки виробництва відкриває широкі можливості стратегічної лінії в комплексній автоматизації дрібносерійного багатонаменклатурного виробництва на основі ГВС.

1.5 Вплив рівня автоматизації технологічних систем на продуктивність

Продуктивність робочої машини визначається кількістю виробів, виготовлених в одиницю часу. Якщо за період робочого циклу T робоча машина виробила одиницю продукції, то циклова продуктивність буде [43]

$$Q_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{t_p + t_x}, \text{ шт/хв.} \quad (1.8)$$

Коли за період робочого циклу T машина виробила не один, а p виробів, то циклова продуктивність буде

$$Q_n = \frac{p}{T}, \text{ шт/хв.} \quad (1.9)$$

Якщо в машині відсутні холості ходи $t_x = 0$, то $T = t_p$, а технологічний процес здійснюється безперервно. При цьому продуктивність буде

$$Q_n = \frac{1}{t_p} = k, \text{ шт/хв.} \quad (1.10)$$

Циклова продуктивність Q_n характеризує тільки потенційні можливості обладнання по випуску продукції в умовах, коли верстати з ЧПУ працюють безперервно, без простоїв, при цьому вся випущена продукція є придатною. В реальних умовах це неможливо. Тому фактична продуктивність дорівнює теоретичній цикловій продуктивності помноженій на коефіцієнт використання. Тоді рівняння (1.8) має вигляд

$$Q_{\text{ц}} = \frac{1}{t_p + t_d} \eta_{\text{в}}, \quad (1.11)$$

де $\eta_{\text{в}} = \frac{1}{1 + \frac{\sum \theta_n}{\theta_p}}$ - коефіцієнт використання ТС;

θ_p - сумарний час роботи обладнання за час θ ;

$\sum \theta_n$ - сумарний час простоїв обладнання за той же час.

Сумарні простої обладнання за час θ визначаються залежністю

$$\begin{aligned} \sum \theta_n &= \sum \theta_c + \sum \theta_{\text{орг}} - \sum \theta_{\text{пер}} = \frac{\theta_p}{\theta} = \\ &= \frac{1}{1 + \frac{1}{\theta} (\sum \theta_c + \sum \theta_{\text{орг}} - \sum \theta_{\text{пер}})}, \end{aligned} \quad (1.12)$$

де $\sum \theta_c$ - технологічні простої, які обумовлені технологічними характеристиками самого обладнання. До них відносяться витрати часу на заміну і регулювання інструменту, виявлення та усунення відмов в роботі інструмента, прибирання та очищення обладнання, ремонт та профілактика; вони безпосередньо пов'язані з технологічними процесами і особливостями конструкції ТС;

$\sum \theta_{\text{орг}}$ - організаційні простої, обумовлені зовнішніми факторами, які в більшості не пов'язані з технологією та особливостями конструкції обладнання. До них відносяться: відсутність інструменту, електроенергії, заготовки та інше;

$\sum \theta_{\text{пер}}$ - простої, пов'язані з переналагодженням обладнання на виготовлення нових виробів.

Коефіцієнт використання можливо виразити як множину часткових коефіцієнтів, що відображають вплив тих чи інших видів простоїв на загальні простої ТС

$$\eta_{\text{в}} = \eta_{\text{тех}} \eta_{\text{пер}} \eta_{\text{загр}}, \quad (1.13)$$

де $\eta_{\text{тех}}$ - коефіцієнт технічного використання, який показує частку часу, на протязі якого обладнання працює, при забезпеченні всім необхідним;

$\eta_{\text{пер}}$ - коефіцієнт переналадок, який показує частку планового часу, коли обладнання може функціонувати, при умовах забезпечення всім необхідним.

Перевагою визначення фактичної продуктивності за допомогою відносних коефіцієнтів $\eta_{\text{тех}}$ $\eta_{\text{пер}}$ $\eta_{\text{загр}}$ є наочність та простота інтерпретування числових величин. Для більш глибокого аналізу впливу простоїв на продуктивність системи більш прийнятна оцінка фактичної продуктивності через позациклові витрати.

Тоді коефіцієнт використання ТС можна виразити залежністю

$$\eta_a = \frac{1}{1 + \sum \frac{t_a}{T}}. \quad (1.14)$$

Для верстатів з ЧПУ і ГВС можуть бути використані два основних методи визначення продуктивності обладнання в умовах серійного виробництва.

Перший метод полягає в тому, що продуктивність визначається по типовій деталі-представнику. З числа деталей, що закріплені за даним обладнанням, вибирається одна найбільш типова деталь, яка і є представником. При цьому аналітичні залежності продуктивності базуються на характеристиках обладнання, на якому оброблюється деталь, враховуються середні витрати часу пов'язані з його переналагодженням, серійний розмір z партії деталей, а також кількість паралельно працюючих верстатів p

$$Q = \frac{\theta \gamma}{t_p + t_x + \sum t_c + \frac{\theta_{\text{оп}}}{z}} p \eta_a, \quad (1.15)$$

де γ - коефіцієнт, що враховує вихід придатної продукції;

θ - плановий фонд часу роботи обладнання за добу;

t_p - час робочого ходу;

t_x - час допоміжного ходу, що витрачається на не суміщені допоміжних рухи, коли технологічний процес переривається;

t_c - час на технічні простой, обумовлені технічними характеристиками самого обладнання, затрати часу на заміну і регулювання інструменту, очищення та прибирання, ремонтування та профілактику;

p - кількість одночасно оброблюваних деталей.

Недолік цього методу полягає в складності достовірного пошуку типового представника, так як вибрана деталь може мати середній час обробки, але не середній час переналагодження, або середні витрати часу на допоміжні ходи. Ці недоліки потребують більш детального аналізу продуктивності даного типу обладнання.

Другий метод ґрунтується на інтегральних характеристиках комплексу виробів (деталей), які закріплені за даним обладнанням. Тоді продуктивність багатопільових верстатів чи ГВС при $p = 1$ для умов серійного виробництва буде мати вигляд [40]

$$Q = \frac{\theta \gamma}{t_{p1}S + t_{a1}S + t_{a2}A + t_{a3} + \sum t_c + \sum t_{\text{оп}} + \frac{1}{z}(\theta_1 + \theta_2 S)}, \quad (1.16)$$

де t_{p1} - середній час одного переходу;

S - середнє число переходів і, відповідно, середнє число замін координат одної деталі;

$t_{в1}$ - середній час заміни однієї координати;

$t_{в2}$ - середній час заміни інструменту в шпинделі верстата;

A - середнє число інструментів при обробці однієї деталі;

$t_{в3}$ - середній час установки і заміни деталі;

θ_1 - середній час одного переналагодження, що не залежить від кількості переходів;

θ_2 - середній час переналагодження, пропорційний кількості переходів, який включає заміну комплексу інструментів, обробку пробних деталей з корегуванням інструментів та програм.

Для аналізу впливу техніко-економічних показників ТС на її продуктивність слід розглянути приклад роботи ГВС, що складається з шести верстатів.

Приклад. При обробці корпусних деталей середніх розмірів з алюмінію на ГВС, яка складається з шести БВ, час обробки однієї деталі $t_p = 0,9$ хв; кількість переходів при обробці однієї деталі $S = 13$; час установки і заміни однієї деталі $t_{в3} = 1,5$ хв, час одного допоміжного ходу при заміні координати обробки та інструмента $t_{в1} + t_{в2} = 0,4$ хв. ГВС, що складається з шести верстатів $\theta_p = 65\%$ ($\sum \theta_{орг} = 18,4\%$; $\sum \theta_{пер} = 5,7\%$); на лінії оброблюється 15 типорозмірів деталей; середній розмір партії деталей складає 100 шт.; середній час переналагодження $\theta_{пер} = 153$ хв ($\theta_1 = 70$ хв; $\theta_2 = 6$ хв). Вихід готових виробів складає $\gamma = 0,99$. ГВС працює одну зміну $\theta = 480$ хв. Тоді $\eta_{всх} = 0,65$, $\eta_{тех} = 0,86$, $\sum t_{орг} = 4,95$ хв., $\eta_{зар} = 0,72$. Продуктивність ГВС складає $Q = 16,6$ шт/зміну.

Такт випуску деталей ГВС визначається робочою позицією, яка має максимальну тривалість робочого циклу. Це має місце при кількості переходів $S_i = 4$ на одній позиції ГВС. Тоді при продуктивності ГВС $Q = 16,6$ шт/зміну втрати часу, пов'язані з інструментальним забезпеченням складуть

$$\sum (t_{д1} + t_{д2}) S_i A + \frac{\theta_2}{6} = 0,4 \cdot 16,6 \cdot 4 + \frac{6}{6} = 27,56 \text{ хв.}$$

Втрати часу на заміну інструмента при обробці деталей за робочу зміну складають 27,56 хв., що складає 5,74%. Зменшення витрат часу, який пов'язаний з інструментальним забезпеченням, є суттєвим фактором, який впливає на продуктивність і АЛ.

1.6 Види автоматичних технологічних систем

1.6.1 Загальна характеристика автоматичних технологічних систем

Найбільш поширеним видом автоматичних ТС, здатним комплексно виконати автоматизацію всього ТП, є автоматична лінія.

Автоматична лінія - це сукупність технологічного обладнання, що розташовується у відповідності з технологічним процесом обробки та з'єднується автоматичним транспортом.

Автоматичні лінії класифікуються по типу верстатів, що входять до них,

технологічним ознакам, виду транспортних механізмів, способам передач заготовок, розташуванню обладнання та зв'язкам між верстатами.

В залежності від типу верстатів АЛ діляться на лінії на базі універсальних верстатів, агрегатних, спеціальних та агрегатних з ЧПУ.

По технологічним ознакам вони діляться на АЛ для обробки корпусних деталей, тіл обертання та інше.

В залежності від виду зв'язків між верстатами АЛ поділяються на синхронні (зблоковані) або несинхронні (неблоковані). Якщо тривалість обробки на усіх позиціях однакова, то такі лінії ще називають тактовими. В синхронних АЛ відсутні накопичувачі заготовок, тому при зупинці одного верстата зупиняється вся лінія, що веде до значного зниження продуктивності ТС. Доцільність установки на АЛ накопичувачів і їх місткість визначається техніко-економічними показниками. Накопичувач повинен мати кількість заготовок, яка забезпечить безперебійну роботу АЛ на протязі 15 - 20 хв.

По кількості різновидів заготовок, що оброблюються на АЛ, вони діляться на однопредметні та багатопредметні.

На однопредметних лініях оброблюють по 1 - 2 різновиди заготовки. На багатопредметних лініях з жорсткими зв'язками оброблюють до десяти типових деталей. Такі лінії називаються переналагоджуваними, їх переналагоджування відбувається вручну.

Автоматичні лінії, що переналагоджуються автоматично, відносяться до гнучких. Управління такими автоматичними системами відбувається на основі програмного забезпечення від ЕОМ. Існують АЛ, що переналагоджуються частково автоматично, а частково при втручанні робочого. Їх відносять до переналагоджуваних багатонаменклатурних ліній.

Використання кожного виду автоматичних ліній залежить не від виробничих або технологічних потреб підприємства, а, скоріше, від його фінансових можливостей та масовості продукції, що виготовляється.

При довгострокових планах випуску продукції на протязі 5 років і більше найбільш ефективно використовувати тактові автоматичні лінії з жорсткими зв'язками, так як вони забезпечують найбільш низку собівартість продукції. Недоліком їх є значні терміни окупності (п'ять і більше років). Але при добрій організації виробництва, досконально розробленій конструкції та якісному виготовленні терміни їх окупності зменшуються.

Проблема ефективності АЛ нерозривно пов'язана з їх продуктивністю, яка в свою чергу визначається тривалістю процесу обробки. Одним з відомих шляхів скорочення тривалості обробки є концентрація технологічних операцій. Для цього технологічний процес розділяють на елементарні операції для їх паралельно-послідовного виконання. Це дозволяє час обробки представити як

$$T = \sum_{i=1}^k t_i, \quad (1.17)$$

де t_i - час виконання елементарної технологічної операції;

k - кількість таких операцій.

Для скорочення часу обробки при $t_i \rightarrow t_{c p}$ використовують первину концентрацію операцій, під якою розуміють багатоінструментальну обробку. Вона дозволяє істотно скоротити час механічної обробки. Тоді час обробки визначається залежністю

$$T_1 = \frac{kt_{c p}}{m}, \quad (1.18)$$

де m - кількість одночасно працюючих інструментів.

Подальше скорочення часу обробки можливе за рахунок використання повторної концентрації операцій, під якою розуміють одночасну обробку на декількох позиціях багатопозиційних та багатошпіндельних верстатів. Тоді час обробки визначається залежністю

$$T_2 = \frac{kt_{c p}}{mn}, \quad (1.19)$$

де n - кількість робочих позицій.

Зменшити кількість робочих позицій можливо за рахунок використання комбінованих інструментів. Значний економічний ефект від використання комбінованих інструментів можливо отримати при їх використанні на багатоцільових верстатах з одним або двома робочими шпінделями. Ефект досягається за рахунок скорочення часу на заміну інструмента та скорочення основного часу.

В тих випадках, коли не може бути здійснена первина або вторинна концентрація операцій, використовують декілька агрегатних верстатів (AB), які працюють паралельно. Тоді час обробки визначається залежністю

$$T_2 = \frac{kt_{c p}}{men}, \quad (1.20)$$

де e - кількість АВ, що працюють паралельно.

Відомо, що із збільшенням ступені концентрації технологічних операцій продуктивність підвищується тільки до певного рівня. Це пов'язане з тим, що з ростом концентрації операцій одночасно ускладнюється обслуговування систем, та збільшується час на заміну і регулювання інструментів.

Допустима ступінь концентрації технологічних операцій визначається, перш за все, економічною доцільністю та вимогами точності оброблюваних деталей.

1.6.2 Тактові автоматичні лінії з жорсткими зв'язками

Тактові однопредметні автоматичні лінії з жорсткими зв'язками відносяться до синхронних ліній. Вони характеризуються відсутністю міжопераційних накопичувачів. В таких автоматичних лініях заготовки завантажуються, оброблюються, розвантажуються та переміщуються від верстата до верстата одночасно або через короткі терміни часу, а в випадку зупинки якогось агрегату вся лінія зупиняється. Такі лінії бувають переналагоджувані повністю або част-

ково. Переналагоджуватись вони можуть тільки для обробки не більше, як двох деталей, які можуть відрізнятися тільки тим, що одна є правою, а друга - лівою.

Основним видом обладнання, яким комплектуються тактові АЛ, є агрегатні або спеціальні верстати. Агрегатні верстати використовуються для оснащення АЛ при обробці корпусних деталей. Такі верстати оснащуються багатошпиндельними головками, що дозволяє оброблювати на одній позиції до 60 - 80 отворів одночасно. По продуктивності такі АЛ не мають собі рівних. Недоліком багатошпиндельних головок є те, що вони проектується для обробки деталей одного типорозміру. Тому при переході на випуск нових виробів необхідне переоснащення верстата новими багатошпиндельними головками, які відповідають конструкції цих виробів.

Тактові автоматичні лінії не мають інструментальних магазинів, тому при стабілізованій стійкості інструменту доцільно використовувати систему примусового огляду та заміни зношених інструментів. Якщо діапазон коливань періодів стійкості інструментів значний, то запроваджують примусовий огляд різальних інструментів через кожну третину розрахункового періоду стійкості. При цьому налагодчик замінює лише затуплені інструменти. Налагодження інструментів на потрібні розміри (довжину та діаметр) виконується поза верстатом.

На рис. 1.3 показана тактова автоматична лінія для обробки зовнішніх кілець підшипників [43]. Попередня обробка кілець виконується на токарних автоматах, остаточна - на шліфувальних.

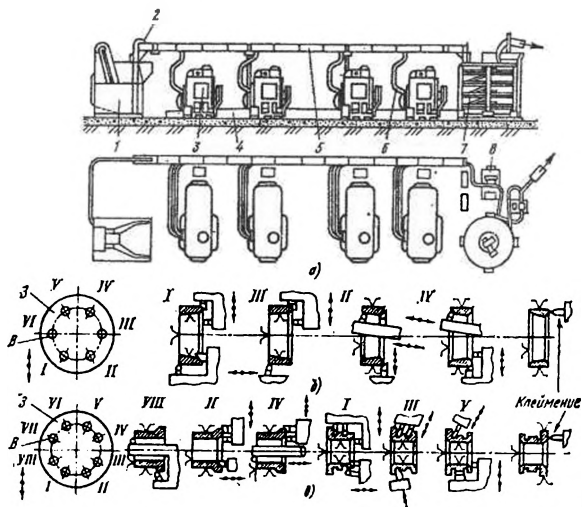


Рисунок 1.3 - Автоматична лінія токарної обробки кілець підшипників:
 а - загальний вигляд; б - обробка зовнішніх кілець; в - обробка внутрішніх кілець

На початку АЛ для токарної обробки кілець кінцевих підшипників установлений автоматичний бункер 1 для накопичення та видачі штучних загото-

вок, а в кінці - магазин. В магазині розміщені обертальні шітки для очищення деталей від стружки. Лінія забезпечена такими транспортними засобами, як підвідний конвеєр 5, відвідний конвеєр 4, піднімач 2, гнучка коробкова система 6, яка служить для передачі заготовок з бункера до багатошпindelних автоматів 3, а оброблених кілець - до пресу для клеймування.

1.6.3 Переналагоджувані автоматичні лінії

Переналагоджувані АЛ з жорсткими зв'язками використовуються для обробки заздалегідь відомих деталей аналогічних конструкцій, близьких по розмірам, службовому призначенню, технології обробки в умовах крупносерійного і масового виробництва. Кількість деталей, що обробляються на переналагоджуваних АЛ, може бути від 2 до 10, а іноді і більше. Такі лінії використовуються при одночасному випуску декількох модифікацій деталей. Обробка декількох різних заготовок може вестись як паралельно, так і послідовно після ручного або автоматичного переналагодження обладнання. Базовим технологічним процесом для налагодження таких ліній є групова обробка. Це спрощує переналагодження АЛ та скорочує час на такі операції.

При переналагодженні в деяких автоматичних лініях встановлюють нові інструменти, для чого передбачені спеціальні робочі позиції, а іноді включаються допоміжні силові головки. Виконується також заміна упорів, змінюється величина ходів, або регулювання інструментальних блоків, змінюються кондукторні плити та втулки, а в деяких випадках - багатошпindelні головки. В останній час використовують переналагоджувані багатошпindelні головки, в яких може регулюватися відстань між осями робочих шпindelів та між осями кондукторних втулок.

Недоліком ручного переналагодження, крім його тривалості, є необхідність закінчення обробки всієї партії деталей одного типу, а після цього - завантаження лінії деталями іншого типу. При цьому відбуваються витрати часу, котрі тим більші, чим більше число позицій і тривалість робочого циклу лінії. Переробці або заміні підлягають, як правило, шпindelні головки та пристрої для закріплення деталей. Тому ручне переналагодження автоматичних ліній виконується не частіше трьох разів на місяць.

В деяких виробництвах з невеликими партіями оброблюваних деталей та великою їх різноманітністю по формі і розмірам, де не економічно використовувати верстати з жорсткими системами автоматичного управління, використовують верстати з системами ЧПУ. Використання верстатів з програмним управлінням дозволяє значно підвищити гнучкість АЛ та зробити її ефективною в умовах серійного і дрібносерійного виробництва.

Переналагоджувані автоматичні лінії з жорсткими зв'язками взагалі використовуються при обробці заздалегідь відомих типорозмірів деталей. В той час як лінії, що базуються на програмному забезпеченні, можуть використовуватися для обробки заздалегідь невідомих, але близьких по конструкції деталей. Їх переналагодження виконується автоматично, але з деяким втручанням налагодчика.

На рис. 1.4 показана переналагоджувана автоматична лінія для обробки

валів електродвигунів. Найбільше розповсюдження для обробки валів отримали АЛ з поперечним розміщенням верстатів. Така компановка АЛ забезпечує оптимальні умови обслуговування, відносно швидке переналагодження при необхідності переходу на обробку другої подібної деталі, що є основною вимогою до автоматичних ліній такого типу.

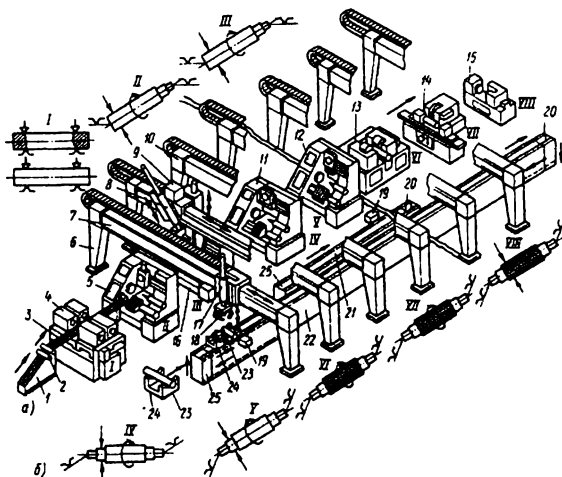


Рисунок 1.4 - Автоматична лінія для обробки валів електродвигунів:
а - загальний вигляд; б - операції технологічного процесу обробки

В процесі обробки заготовка переміщується в пристроях-супутниках (ПС) 24, в які заготовка 2 і оброблені вали 23 кладуться без закріплення. Автоматична лінія складається з розташованого під кутом ланцюгового накопичувача 1, дев'яти верстатів 4, 5, 11, 12, 13, 14, 15, 16, двох транспортних систем та восьми портальних автооператорів (ПА) 9, 17, які розміщені на порталах 7 і стійках 6.

Одна із транспортних систем з довгим конвеєром 22 призначена для подачі заготовок 2 і відведення валів 23, що оброблюються на операціях II, III, IV, V, VI, VII, VIII. Друга система з коротким конвеєром 21 використовується спільно з першою системою для відведення заготовок з операції V, для виконання якої передбачають два паралельно працюючих верстата 12.

Кожна транспортна система забезпечує переміщення ПС з заготовками 2 по верхнім роликam конвеєрів 22 і 21 та повернення розвантажених ПС з допомогою опускавача 20 по нижнім роликam конвеєра і підйомника 25. Переміщення завантажених ПС по конвеєрам відбувається до тих пір, поки вони не затримуються відсікачем 19, що стоїть проти кожного верстата.

1.6.4 Гнучкі автоматичні системи

Загальна характеристика гнучких автоматичних систем

Розвиток принципів числового програмного управління, перехід до мік-

ропроцесорних засобів управління склали передумови для створення і широкого використання в дрібносерійному, серійному та крупносерійному виробництві автоматичних верстатних систем з високою продуктивністю, здатних при малих витратах часу на переналагодження забезпечити обробку деталей з малою собівартістю. Часткова або повна автоматизація переналагодження АЛ стала можливою за рахунок використання пристроїв для автоматичної заміни інструментів, автоматизації системи маніпулювання, автоматичних накопичувачів та транспортерів, автоматичного прибирання відходів виробництва. В умовах гнучкої автоматизації використовуються верстати з ЧПУ, багатоцільові верстати, гнучкі автоматичні лінії (ГАЛ).

Верстати з ЧПУ

Основним видом обладнання, яке використовується для ГАЛ є верстати з ЧПУ. Металорізальні верстати з ЧПУ класифікують:

- по ступеню автоматизації: автомати і напіваавтомати;
- по призначенню: одноцільові і багатоцільові;
- по ступеню універсальності: спеціальні, спеціалізовані, універсальні;
- по характеру робіт: токарні, свердлильні, шліфувальні, фрезерні, зубо-оброблювальні.

Така класифікація носить досить умовний характер, так як вона не враховує динаміки розвитку обладнання з ЧПУ. Подальший розвиток обладнання з ЧПУ є пріоритетним напрямом, який досить швидко розвивається. Так, наприклад, одноцільові верстати все більш розширюють свої технологічні можливості. Наприклад, токарні верстати оснащуються допоміжними пристроями для свердлення бокових отворів, нарізання різьби, шліфування поверхонь, фрезерування шпонкових пазів та інше. Сьогодні спостерігається тенденція до універсалізації обладнання.

До появи верстатів з ЧПУ поняття **“спеціальний верстат”** означало, що цей верстат призначений для обробки однієї деталі. На відміну від цього, спеціальний верстат з ЧПУ має високу гнучкість, що дозволяє використовувати його для обробки цілої групи однотипних деталей.

На відміну від верстатів-автоматів, у яких інформація, необхідна для виготовлення деталей, задається за допомогою кулачків, копіїв, шаблонів, упорів, в верстатах з ЧПУ інформація про заданий закон руху елементів верстата представлена у вигляд послідовності чисел, літерів та інших знаків, нанесених в закодованому вигляді на який-небудь програмносії. Програмоносії з записаною на ньому інформацією називають програмою управління. Програма управління може задаватися комбіновано. Кінцеві точки переміщення робочих органів задаються упорами, а інформація про цикл і режими обробки задається в числовій формі.

Основними перевагами виробництва на базі верстатів з ЧПУ, в порівнянні з виробництвом на базі універсальних верстатів з ручним управлінням, є:

- скорочення основного і допоміжного часу обробки деталей;
- підвищення точності обробки;
- простота і малий час переналагодження;
- можливість використовувати робітників меншої кваліфікації;

- можливість одночасного обслуговування декількох верстатів;
- зменшення витрат на спеціальні пристрої;
- концентрація операцій, що забезпечує скорочення обертових засобів в незавершеному виробництві, а також витрат на транспортування й контроль деталей.

В верстатах з ЧПУ, в порівнянні з універсальними, принципово змінилась конструкція, кінематична схема й компоновка.

В кінематичній схемі і компоновці відбулися такі зміни:

1) кінематичні схеми приводів по всім координатам переміщень робочих органів верстата стали автономними, а зв'язок між переміщеннями по координатам здійснюється тільки через програму управління; 2) скоротилась кінематична схема приводів подач, та відбулась широка уніфікація елементів як самих приводів, так і механічних елементів переміщень по всім координатам на основі автономності їх функціонування; 3) за допомогою програм відбувається управління великою кількістю переміщень робочих органів по координатам і роботою допоміжних механізмів; 4) введена автоматична заміна інструментів; 5) спростилась компоновка верстата, яка забезпечує найбільш раціональне (по продуктивності, вартості т.д.) його використання при виготовленні деталей даного класу.

Конструкції верстатів змінюються шляхом включення до них пристроїв та механізмів, що дозволяють реалізувати тривале функціонування верстатів без втручання оператора завдяки програмному забезпеченню, що пов'язує їх взаємодію через систему ЧПУ.

Розточувальні верстати з ЧПУ.

До цього типу верстатів відносяться розточувальні верстати, які можуть бути з горизонтальним або вертикальним розташуванням шпинделів. У верстаті даного типу автоматизовані робочі переміщення, а також зміна частоти обертів шпинделя і подач, затиск і розтиск робочих органів після позиціонування і перед переміщенням, вмикання і вимикання охолодження. Заміна інструмента не автоматизована, вона здійснюється вручну.

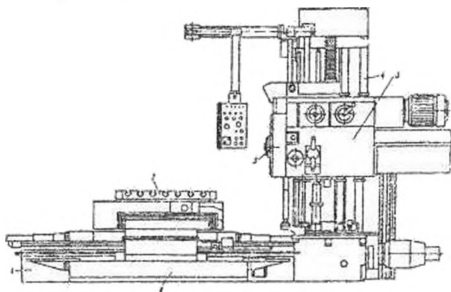


Рисунок 1.5 - Горизонтально-розточувальний верстат з ЧПУ моделі 2А622Ф4:

1 – станина; 2 – поворотний стіл; 3 – висувний шпиндель; 4 – передня стійка;
5 – урівноважена шпиндельна бабка; 6 – рушій для подачі столу

На рис. 1.5 показаний загальний вигляд горизонтально-розточувального верстата мод. 2А622Ф4, що оснащений системою ЧПУ. Система забезпечує дискретність переміщень 0,001 мм, що значно підвищує точність обробки і дозволяє робити контурну обробку з лінійною і круговою інтерполяцією.

Основним вузлом верстата є станина 1, на якій розміщений поворотний стіл 2. На передній стійці 4 переміщується урівноважена шпиндельна бабка 5 з висувним шпинделем 4. Переміщення столу здійснюється за допомогою рушія подачі столу 6.

Свердлильні верстати з ЧПУ

Свердлильні верстати виготовляються вертикальними та радіальними. Продуктивна координатна обробка деталей (типу кришок, панелей, фланців) забезпечується без попереднього розмічення й використання кондукторів. Обробка таких заготовок на верстатах даного типу виконується за рахунок використання хрестових столів і послідовної роботи декількома інструментами, які вставляються в револьверні головки.

Різальний інструмент закріплюється безпосередньо в конічному отворі шпинделя, чи револьверної головки за допомогою перехідних втулок або оправок. Набувають значного вжиття багатоінструментальні головки для одночасної обробки декількох отворів, але це більш характерно для верстатів агрегатного типу.

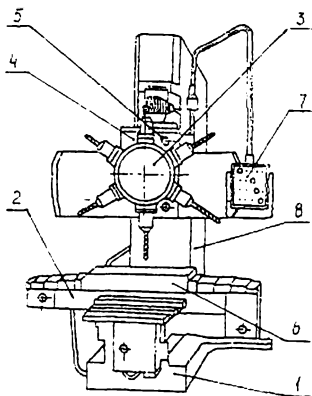


Рисунок 1.6 - Вертикально-свердильний верстат 2P135Ф2-1

Особливості конструкції свердлильних верстатів розглянемо на прикладі вертикально-свердильного верстата 2P135Ф2-1. Верстат оснащений шестипозиційною револьверною головкою, в п'яти позиціях якої встановлюють інструменти для обробки отворів (свердла - зенкери, розвертки, мітчики і ін.), в одній - фреза. Верстат оснащений позиційною системою ЧПУ, яка забезпечує одночасне або роздільне переміщення столу по координатах X й Y ; переміщення супорта з револьверною головкою по координаті Z дає можливість керувати поворотом револьверної головки. Верстат забезпечений цифровою індексацією корек-

тора довжини інструмента.

На рис. 1.6 показаний загальний вигляд вертикально-свердлильного верстата, де на станині 1 змонтована колона 8, по спрямівницях якої переміщується супорт 4 з револьверною головою 3. На колоні 8 змонтована коробка швидкостей 5. Стіл переміщується по поздовжнім спрямівницям станини 2, а верхня частина столу 6 – по поперечним спрямівницям полозків. Управління верстатом відбувається з пульту 7. На верстаті використовується інструмент із стандартним конусом Морзе, тому для розкріплення такого інструменту потрібно прикласти силу. Ця сила створюється за допомогою електродвигуна, який приводить до обертання ексцентрик, що виштовхує інструмент. Заміна інструментів в револьверній головці виконується вручну.

Наявність столу, що переміщується в двох горизонтальних напрямках, значно розширює технологічні можливості верстата. Дозволяє виконувати обробку не тільки отворів, але й фрезерування площин.

Фрезерні верстати з ЧПУ

Фрезерні верстати з ЧПУ по компоновці розділяються на вертикально-фрезерні, горизонтально-фрезерні та поздовжньо-фрезерні. Використання того чи іншого виду компоновки залежить від форми та розмірів оброблюваних заготовок. Верстати можуть оснащуватися одним або декількома інструментами. При оснащенні верстата одним інструментом його заміна здійснюється вручну. Верстати з кількома інструментами оснащуються револьверними головками, або інструментальними магазинами і автооператорами.

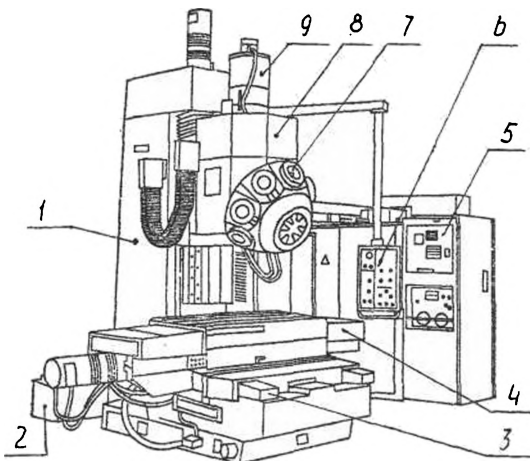


Рисунок 1.7 - Загальний вигляд вертикально-фрезерного верстата моделі ЛФ260МФЗ

Загальний вигляд вертикально-фрезерного верстата модель ЛФ260МФЗ показаний на рис. 1.7. Стійка 1 змонтована на масивній підставці 2, яка має поперечні полозки 3, по яких переміщується стіл 4. По стійці 1 переміщується фрезерна бабка 0. До стійки прикріплена інструментальна головка 7. Заміна ін-

струмента здійснюється поворотом головки. Рухи головної рухи розташовані в коробці 8. Верстат оснащений пультом управління 6 системи ЧПУ 5.

Особливості конструкцій шліфувальних верстатів з ЧПУ

При створенні верстатів з ЧПУ вирішуються, перед усім, задачі забезпечення [21]:

- автоматичної правки кругів, як по периферії так і по торцю, а також автоматичного компенсування зношування круга;
- автоматичного визначення контакту шліфувального круга з виробом;
- автоматичного завантаження та розвантаження заготовок;
- автоматичного регулювання процесу шліфування;
- автоматичної заміни і балансування кругів.

Всі задачі вирішити не завжди можливо, але вирішувати їх потрібно.

Намітилась тенденція побудови шліфувальних верстатів на принципах агрегатно-модульного проектування, де велика увага приділяється їх інструментальному оснащення. Одним із поширених видів інструментального оснащення є двохпозиційні та чотирьохпозиційні revolverні головки.

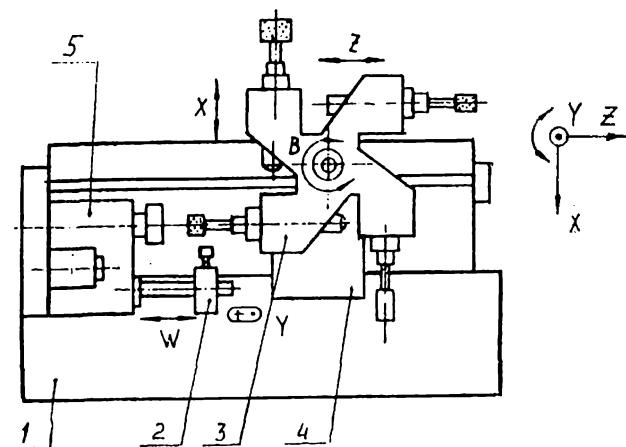


Рисунок 1.8 - Схема шліфувального верстата з чотирьохпозиційною revolverною головкою:

- 1 – станина; 2 – ролики для контролю розмірів деталі; 3 – revolverна головка; 4 – супорт; 5 – шпиндельна бабка

На рис.1.8 показана схема верстата з чотирьохпозиційною revolverною головкою для обробки коротких деталей. Головка установлена на хрестоподібному супорті, що дозволяє переміщувати її по координатам X й Z . Головка може повертатися на кут 270° (стрілка В). Верстат оснащений пристроєм правки, що дозволяє підтримувати працездатність шліфувального круга на протязі всього часу роботи.

Наявність роликів для вимірювання розмірів деталей, які переміщуються

по координаті W , забезпечує потрібну точність обробки.

Система ЧПУ типу CNC забезпечує як автоматизоване переміщення робочих органів, так і обертання револьверної головки на відповідний кут.

З метою підвищення рівня автоматизації шліфувальний верстат з ЧПУ може оснащуватися інструментальним магазином барабанного типу. Заміна інструментів в револьверній головці відбувається за допомогою портального маніпулятора. Це наближує рівень автоматизації універсального верстата з ЧПУ до рівня автоматизації БВ.

Багатоцільові верстати (БВ)

Широке використання універсальних верстатів з ЧПУ показало як їх значні переваги, так і виявило багато недоліків. Так встановлено, що кількість верстатів, що може обслуговувати один робітник, не перевищує 1,5. Це занадто мало, так як вартість верстатів з ЧПУ в декілька разів перевищує вартість універсальних, тому використання верстатів з ЧПУ стає неекономічним. Виникла необхідність в автоматизації не тільки робочих, а і допоміжних рухів верстата.

Багатоцільовий верстат - це ТС оснащена інструментальним магазином і системою автоматичної зміни інструментів, яка дозволяє автоматично по програмі проводити комплексну позиційну і контурну обробку заготовки.

Автоматична заміна інструмента і координат, заміна заготовки, режимів різання, виконання контрольних операцій дозволяє значно скоротити допоміжний час та збільшити кількість верстатів, що обслуговує один робітник.

Багато зарубіжних фірм скорочено позначають багатоцільові верстати буквами MC (**Machinyng Center**), що відповідає назві "Обробний центр".

Основними конструктивно-технологічними особливостями верстатів даної групи є: оснащення їх великою кількістю інструментів, що забезпечує високу концентрацію операцій, висока жорсткість основних елементів, яка забезпечує потрібну точність обробки; автоматизація всього циклу обробки, що забезпечує скорочення частки допоміжного часу в циклі обробки; можливість швидкого переналадження на обробку інших деталей.

БВ випускаються як з горизонтальним, так і вертикальним розташуванням шпинделів. Вертикальне розташування шпинделів використовується у верстатах з більш потужним двигуном, у яких домінуючою операцією є фрезерування. Таке розташування шпинделя дозволяє вести обробку деталей з п'яти сторін. Верстати, які мають рівні технологічні можливості для виконання всіх операцій, мають горизонтальне розташування шпинделя. Характерною особливістю таких БВ є те, що більшість операцій виконується осьовим інструментом.

БВ можуть мати один чи кілька робочих шпинделів, але більшість верстатів випускається з двома шпинделями: один для попередньої обробки, другий для чистової (остаточної).

Система автоматичної заміни інструмента БВ включає таке обладнання, як інструментальний магазин, пристрій для автоматичної заміни інструмента (автооператор), пристрій для автоматичного закріплення і розкріплення інструменту. Вид інструментального магазину і його компоновка залежить від кількості інструментів та призначення верстата.

По призначенню БВ діляться на дві основні групи: для обробки корпус-

них і плоских деталей і для обробки деталей типу тіло обертання.

На рис. 1.9 показаний БВ в основу якого покладено компоновку подібну компоновці горизонтально-розточувального верстата.

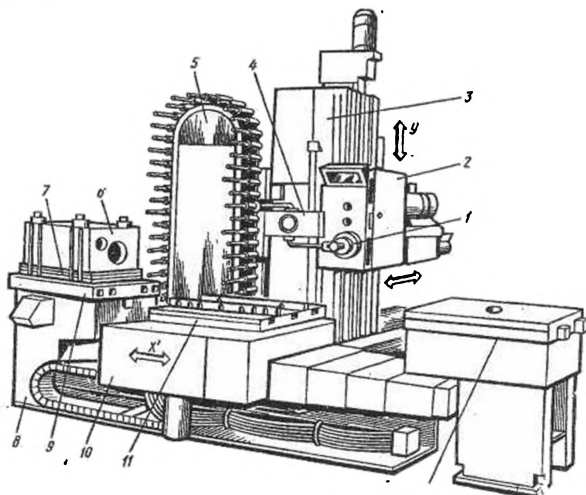


Рисунок 1.9 - Горизонтальний багатоцільовий верстат

Стійка 3 переміщується по горизонтальним полозкам станини в напрямку, який співпадає з напрямком осі шпинделя 1. Стіл верстата складається з двох частин: нижня частина 10 переміщується по горизонтальним полозкам станини в напрямку, перпендикулярному осі обертання шпинделя, верхня частина столу 11 може повертатись навколо своєї осі. Шпиндельна бабка 2, в якій розташований шпиндель, переміщується по вертикальним полозкам стійки. Верстат оснащено інструментальним магазином 5, який виконаний у вигляді нескінченного ланцюга, ланки якого несуть гнізда для розміщення оправок з інструментом. Із магазину потрібний інструмент бере автооператор 4 і передає його в шпиндель верстата. На станині 8 розташований допоміжний стіл 9 з пристроєм-супутником 7, на якому закріплюють підготовлену до обробки заготовку 6. На початку циклу обробки пристрій-супутник разом з заготовкою переміщують по столу 9 в напрямку столу 10 верстата, який в цей момент стоїть в положенні завантаження. Після подачі пристрою-супутника з заготовкою на поворотний стіл 11 верстата і закріплення його нижній стіл 10 верстата переміщується в зону обробки. З протилежної сторони встановлений аналогічний допоміжний стіл 12 з пристроєм-супутником, на якому під час обробки попередньої деталі закріплюють наступну. Після повної обробки деталь повертається на стіл 9, а наступна заготовка з столу 12 встановлюється в зону обробки. Такий маятниковий спосіб завантаження деталі дозволяє сумістити допоміжний час, затрачений на закріплення деталі, з машинним часом обробки, що істотно підвищує продуктивність верстата.

Багатоцільові верстати токарного типу

Багатоцільові верстати токарного типу набувають широкого розповсюдження, що пов'язано з великою питомою вагою деталей, які мають форму тіл обертання. БВ токарного типу мають значно ширші технологічні можливості, ніж універсальні токарні верстати. Вони оснащуються допоміжним обладнанням, що дозволяє вести обробку поверхонь, які не властиві універсальним токарним верстатам, це шліфування, свердління і нарізання різьби в отворах, осі яких перпендикулярні, паралельні, або знаходяться під кутом до осі деталі, фрезерування лисок, пазів та інше. Для розширення технологічних можливостей та скорочення допоміжного часу, пов'язаного зі заміною інструментів, багатоопераційні токарні верстати з ЧПУ оснащують revolverними головками і магазинами-накопичувачами різальних інструментів. Магазины-накопичувачі для токарних верстатів бувають двох типів: дискові і барабанні. Магазин може бути встановлений на верстаті або на спеціальній стійці біля верстата.

Шведська фірма "SANDVIK" розробила систему інструментального забезпечення для токарних верстатів "COROPLAN". Система розрахована на інтенсифікацію режимів обробки на токарних верстатах. Інтенсифікація режимів різання на токарних БВ веде до зниження стійкості інструменту і збільшенню його витрат. Для забезпечення безперебійної роботи верстатів на протязі 1-2 змін збільшують кількість інструменту в магазині до 60-240 одиниць. У цьому випадку використовують магазини барабанного типу, що мають місткість більшу, ніж дискові.

Принципова схема багатоцільового верстата токарного типу з барабанним інструментальним магазином і revolverною головкою показана на рис 1.10. Конструкції магазинів, як і їх розміщення відносно revolverної головки, можуть бути різноманітними. В свою чергу це визначає конструкцію захвата автооператора для переміщення інструмента з магазину в revolverну головку.

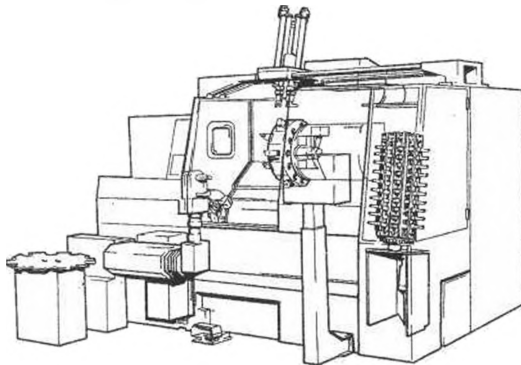


Рисунок 1.10 - Схема токарного верстата з ЧПУ з барабанним інструментальним магазином

Інструменти, що беруть безпосередню участь в роботі, встановлені в ре-

вольверній головці. Їх кількість складає не більше восьми. Порядок їх розташування в револьверній головці визначається технологічним процесом обробки деталі. Поворот револьверної головки відносно стійки на відповідну позицію визначається номером переходу технологічного процесу, що відповідає номеру коду на інструменті. Заміна інструмента в револьверній головці визначається потребою в відповідності з технологічним процесом, або в його заміні у зв'язку з втратою різальної здатності. Для заміни інструмента використовується порталний робот з двохзахватним адаптером. Пошук відповідного інструмента в барабанному магазині відбувається за допомогою пристрою зчитування інформації. Інструмент, що відпрацював, встановлюється в гніздо інструментального магазину, що звільнилося. Магазин встановлений на станині верстата.

Гнучкий виробничий модуль

БВ може бути складовою частиною гнучкого виробничого модуля (ГВМ). Основним фактором, який визначає можливість його експлуатації в складі ГВМ, є підвищення надійності роботи БВ. До складу ГВМ входить підсистема транспортування, завантаження та розвантаження виробів, підсистема накопичення і заміни інструмента, підсистема контролю якості виготовлених деталей, внутрішній накопичувач заготовок, що забезпечує їх запас не менше, ніж на 8 годин роботи. Гнучкі модулі високого рівня включають підсистему контролю розмірного зносу інструмента з розмірним підналагодженням, а також автоматизовану систему діагностики.

ГВМ може експлуатуватися автономно в умовах серійного виробництва з максимальним використанням його технологічних можливостей та гнучкості, або в складі ГВС, наприклад, гнучкої автоматичної лінії. Великою перевагою ГВМ є те, що вони працюють в автономному режимі при забезпеченні всього технологічного циклу обробки деталі.

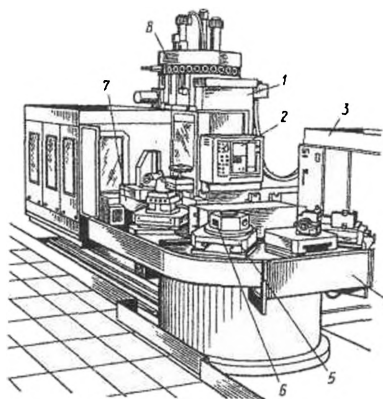


Рисунок 1.11 - Гнучкий виробничий модуль для виготовлення корпусних деталей

На рис. 1.11 показано ГВМ для виготовлення корпусних деталей. ГВМ складається з багатоцільового свердлильно-фрезерно-розточувального верстата з ЧПУ, пульта управління модулем 2 й пристрою ЧПУ 3. Заготовки подаються на поворотний стіл 4, який одночасно виконує функції накопичувача. Для забезпечення постійних баз при обробці деталей використовується пристрої-супутники 5, в яких закріплюються заготовки 6 на позиції завантаження.

Тактовий стіл 7 забезпечує подачу пристрою-супутника з заготовкою в зону обробки в встановлений час. Забезпечення технологічного процесу інструментом відбувається з інструментального магазину дискового типу 8.

Система ЧПУ наділена додатковими можливостями самодіагностування, виявлення порушень в роботі ТС, засобами автоматичного контролю ходу технологічного процесу, зношування або поломки інструмента, точності обробки, навантаження робочих органів, послідовності роботи елементів електрообладнання та часу проходження елементів циклу.

Агрегатні верстати з ЧПУ

Агрегатні верстати пройшли два етапи розвитку. На першому етапі вони розвивались як спеціальні верстати і використовувались для обробки однієї або декількох деталей. Їх komponували із нормалізованих і частково спеціальних вузлів і деталей шляхом об'єднання в єдиний агрегат з загальною системою управління і контролю. Тому їх конструкція істотно залежала від форми і розмірів заготовки, а також від технології обробки. Агрегатні верстати можуть бути однопозиційними і багатопозиційними.

Особливо слід визначити переваги цих верстатів перед верстатами інших видів. Їх особливість полягає в високій концентрації операцій. Це пов'язано з тим, що заготовка в процесі обробки в більшості випадків нерухома, що дозволяє оброблювати її з декількох сторін одночасно кількома десятками інструментів. На агрегатних верстатах виконують практично всі ті операції, що й на багатоцільових верстатах. Це забезпечує таким верстатам високу продуктивність при заданій точності обробки деталей.

Істотним недоліком цих верстатів є те, що при переході на випуск нових виробів вони стають зовсім непридатними, або потребують значних витрат на модернізацію.

В ринкових умовах перехід на випуск нової продукції відбувається через кожні 2-3 роки, тому агрегатні верстати виконані на умовах жорстких зв'язків не забезпечують потрібної гнучкості. Але їх перевагою перед ГВМ є висока продуктивність, яка пов'язана з великою кількістю робочих шпинделів, що одночасно приймають участь в роботі. Тому в останній час виник новий напрямок в розвитку переналагоджуваних агрегатних верстатів з ЧПУ. Відмінність агрегатних верстатів з ЧПУ від традиційних є в наступному:

- кожна силова головка і шпиндельна бабка може переміщуватись по трьох або двох координатах, що дозволяє значно збільшити операційний простір верстата;

- силові агрегати верстата оснащуються інструментальним магазином і механізмами автоматичної зміни інструментів, що забезпечує виконання на верстаті в автоматичному циклі великої кількості технологічних операцій;

- управління координатами переміщень шпиндельних бабок, столів, частотою обертів шпинделя, заміною інструмента та іншими технологічними командами відбувається від системи ЧПУ.

Це дозволяє підвищити ефективність комплексної механічної обробки заготовок в умовах багатонаменклатурного і дрібносерійного виробництва. При цьому досягається економія капіталовкладень, виробничих площ, зменшення кількості робітників. Продуктивність таких верстатів в 5-6 разів вища від ГВМ, а відносно універсальних верстатів - в 5-10 разів.

Загальний вигляд такого верстата показаний на рис. 1.12. Верстат оснащений змінними багатошпиндельними головками 5, які розміщені в магазині-накопичувачі 4, що змонтований на естакаді. Головка, що знаходиться на робочій позиції, монтується на станині 8. З магазину-накопичувача головка подається на позицію очікування 6 за допомогою транспортера, що розміщений на естакаді. Час заміни однієї шпиндельної головки не перевищує 18 с. Оброблена деталь 9 з робочої позиції передається на позицію розвантаження 10, де за допомогою штабелю 13 передається до складу готових деталей.

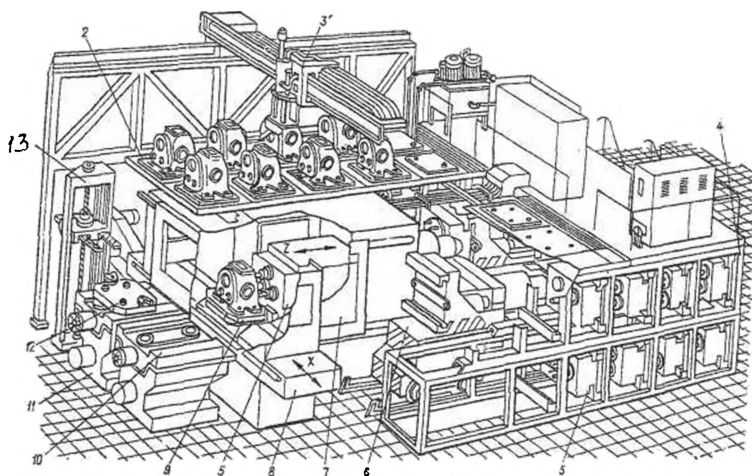


Рисунок 1.12 - Компонівка АВ, оснащеного змінними багатошпиндельними головками

АВ може працювати як в автономному режимі, так і в складі ГВС. Управління такими верстатами відбувається системою ЧПУ. АВ можуть оснащуватися магазинами - накопичувачами різальних інструментів, а також автооператорами для їх заміни.

Компівка АВ з ЧГУ, оснащеного поворотним столом та трьома силовими агрегатами, показана на рис.1.13. АВ складається з таких уніфікованих елементів: поворотного столу 1; центральної станини 2; трьох стійок 3 з шпиндельними бабками 4; механізму автсмаічної заміни інструментів 5; хрестового столу 6; двох хрестово-поворотних столів 7.

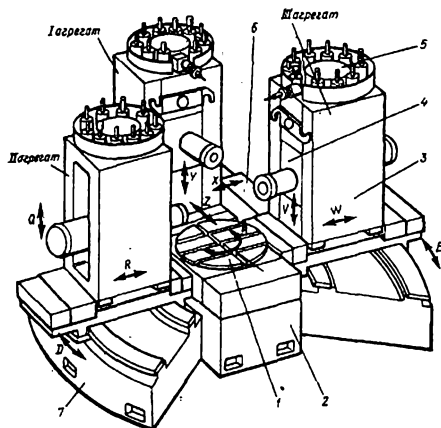


Рисунок 1.13 - Компонівка агрегатного верстата з ЧПУ

На всіх трьох силових агрегатах шпиндельні бабки переміщуються по спрямівних стійках в вертикальному напрямку (координати Y). Стійка з шпиндельною бабкою установлена на агрегаті на хрестовому столі 7 і переміщується в напрямку осі шпинделя (координата Z), а також перпендикулярно осі шпинделя (по координаті X). На агрегатах II і III стійки з шпиндельними бабками встановлені на хрестово-поворотні столи і переміщуються паралельно осі шпинделя (координати R і W) та по дузі, центр якої співпадає з віссю планшайби поворотного столу (координати D і E).

Можливість переміщення вузлів по координатах D й E є істотною особливістю конструкції АВ, яка дозволяє змінювати кут між осями трьох шпинделів і одночасно трьома агрегатами оброблювати поверхні заготовок, які розташовані одна відносно до другої під різними кутами. При цьому кожний агрегат може працювати в автономному режимі.

Кожна шпиндельна бабка оснащена інструментальним магазином дискового типу, в яких розміщується по 10 інструментів. Осі інструментів в інструментальних магазинах співпадають з напрямком координати Y . Таке розташування інструментів забезпечує збільшення робочої зони верстата. Для заміни інструмента необхідно, щоб його ось співпадала з напрямком осі шпинделя верстата. Для зміни вертикального положення інструмента на горизонтальне, що відповідає положенню осі шпинделя, використовується спеціальний кантувач. Заміна інструмента відбувається за допомогою автооператора відповідно з технологічним процесом обробки заготовки.

Гнучкі автоматичні лінії

Досвід використання обладнання з ЧПУ показує, що коефіцієнт його використання в серійному виробництві складає 0,4 - 0,6. Втрати від недовикористання обладнання з ЧПУ найбільше пов'язані з організаційними питаннями. Для зменшення витрат часу провідні іноземні фірми переходять до гнучких виробничих систем. Із всіх ГВС найбільше поширення мають ГАЛ, з яких скла-

даються автоматичні дільниці, цехи і навіть заводи.

Гнучка автоматична лінія - це сукупність обладнання з ЧПУ призначеного для обробки деталей широкої номенклатури в межах технологічних можливостей робочих машин, яка має властивості автоматизованого (прогресивного) переналагодження.

В загальному випадку до ГАЛ входять багатоопераційні верстати або спеціальні верстати з ЧПУ. ГАЛ компонуються на базі верстатів загального призначення, багатоопераційних верстатів, а іноді на основ ГВМ. Вони оснащуються автоматизованою або повністю автоматичною транспортно-накопичувальною системою (АТНС), автоматичною системою інструментального забезпечення (АСІЗ), системою автоматичного контролю технологічного процесу (САКТП), автоматичною системою прибирання стружки (АСПС).

Особливістю АСІЗ гнучких автоматичних ліній є те, що, крім оснащення верстатів інструментальними магазинами, вони мають допоміжні накопичувачі інструментів у вигляді складів або інструментальних магазинів. Наявність (САКТП) дозволяє виявляти появу браку деталей не на виході, що характерно для універсального обладнання, а ще під час обробки. При появі браку ТС автоматично отримує інформацію про причини браку і дає команду на її усунення. Якщо причиною браку є зношення інструменту, то надходить команда на підналагодження інструменту або його заміну.

Управління ГАЛ відбувається наступним шляхом. Всередині лінії всі функції управління (транспортування супутників, робота складу заготовок та їх транспортування, робота роботів або автооператорів при заміні захватів) виконується системою управління вищого рівня з програмою, яка зберігається в пам'яті. Якщо є візок для транспортування заготовок, то він теж отримує команди від системи управління. Система також подає сигнали пуску окремим модулям, що управляються від ЧПУ. На модулях з автоматизованою заміною багатошпиндельних головок чи інструментів управління відбувається по місцю від ТС. Але ці функції теж можуть переноситись і в систему вищого рівня.

Гнучкий виробничий комплекс (ГВК) для обробки корпусних деталей великої ваги, що являється складовою частиною ГАЛ, показаний на рис.1.14. Зв'язок з усією ГАЛ відбувається за допомогою транспортного візка, що переміщується по полозках. ГВК складається з двох БВ 1, стаціонарного накопичувача супутників 2, приймальних механізмів БВ 3, та приймальних станцій 4. Подача заготовок з складу здійснюється за допомогою транспортного візка 5, що переміщується по полозках. АСІЗ верстатів складається з інструментальних магазинів дискового типу та з пристроїв автоматичного закріплення інструментів. Крім інструментальних магазинів, ГВК має склад для інструмента 6, який об'єднаний з інструментальними магазинами за допомогою портального робота 9, що переміщується по фермі 7.

Заміна інструменту в інструментальному шпинделі відбувається за допомогою робота. Зношений інструмент переноситься до складу-накопичувача інструментів. Новий інструмент передається відповідно до інструментального магазину, а потім - до шпинделя верстата. Прилад для попереднього налагодження інструменту 10 за допомогою якого підготовлюється інструмент до ро-

боти, розташований біля склада-накопичувача інструментів.

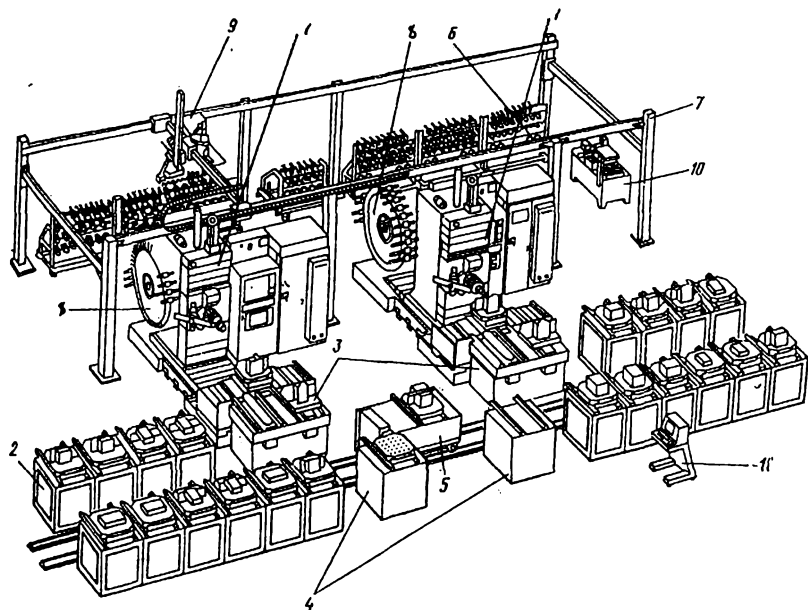


Рисунок 1.14 - Гнучкий автоматичний комплекс:

1 - БВ; 2 - стаціонарний компоувач супутників; 3- приймальний механізм; 4 - приймальна станція; 5 - транспортувальний візок; 6- склад інструментів; 8 - інструментальний магазин; 9- портальний робот; 10 - прилад для налагодження інструментів; 11 - дисплей для введення даних і виведення інформації

В якості запасних накопичувачів інструментів використовуються дискові магазини. При переході на обробку нових деталей або при зношуванні інструментів, що знаходяться в інструментальному магазині, на верстаті відбувається його заміна на магазин, який знаходиться в запасі. Введення і виведення інформації відбувається через дисплей 11.

На рис. 1.15 показана автоматизована транспортно-накопичувальна система [37]. Автоматизована транспортно-накопичувальна система інструментального забезпечення СЗ-1 призначена для виконання таких функцій: автоматичного транспортування і розподілу інструментів по верстатам ГВС; автоматичного завантаження і розвантаження інструментів із магазинів верстатів при переході на виготовлення деталей іншого найменування, та зберігання їх в центральних магазинах-накопичувачах інструментальних наладок; виведення з інструментальної системи інструментів на заточування і переналагодження; введення в інструментальну систему нових інструментів.

Основними елементами СЗ-1 є естакада 1, на якій розміщується центральний двохрановий накопичувач 4 (№1, 2) з гніздами для інструментальних наладок; блоки 2 з напрямівниками і зубчастими рейками, по яким переміщуються

автооператори 3 (№ 1, 2, 3) повздовж інструментальних касет центрального накопичувача; механізм 11 трьох систем підвищення електричних кабелів, з'єднаних з електродвигунами автооператорів.

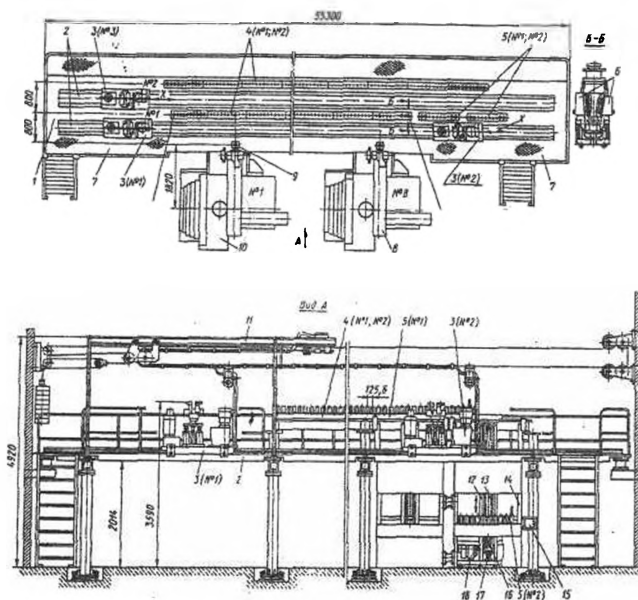


Рисунок 1.15 - Автоматизована транспортно-накопичувальна система інструментів СЗ-1:

1 - естакада; 2 - блоки з спрямівниками; 3 - автооператори; 4 - центральний накопичувач інструментів; 5 - агрегати переміщення інструментальних касет; 6 - пристрої зчитування коду інструментальних наладок; 7 - огорожі площадки обслуговування автооператорів; 8; 10 - БВ; 9 - інструментальні гнізда для перевантаження; 11 - механізм підвищення електричних кабелів; 12 - вертикальні спрямівники касет; 13 - ланцюгова передача піднімання і опускання касет; 14 - рама агрегату; 15 - пулт управління касетами; 16 - каретка; 17 - редуктор; 18 - електродвигун

Автоматизований комплекс з гнучко переналагоджуваною технологією показаний на рис.1.16. Особливістю його конструкції є агрегатно-модульний метод компоновки. Це забезпечує збільшення технологічної гнучкості ГВС, зменшує її вартість, скорочує термін проектування та виготовлення.

До складу ГВС входять: чотири агрегатні верстати з ЧПУ; камера 2 очищення деталей від стружки; двадцять п'ять супутників 11; шість агрегатів для завантаження супутників 14; оперативний накопичувач супутників 12; автоматичний транспортний візок 15; маніпулятор 5; склад оброблених деталей і заготовок 3; обчислювальний комплекс 16. До складу ГВС також входять засоби

організація: монтажний стіл 9; стіл для контролю 13; стіл складання пристроїв-супутників.

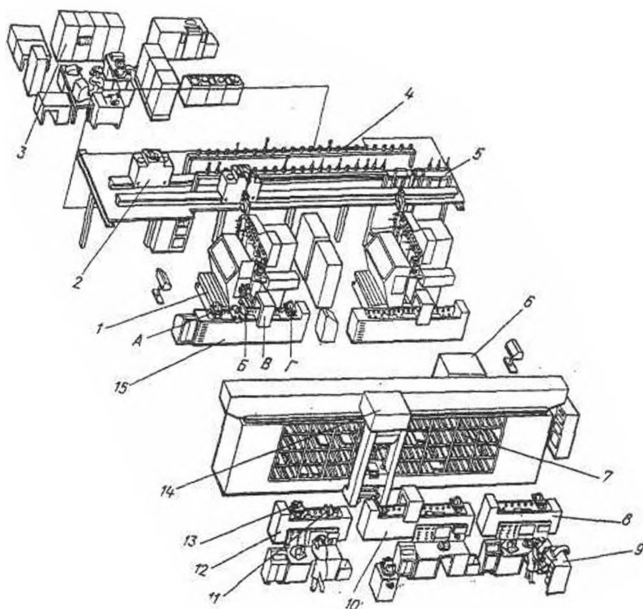


Рисунок 1.16 - Автоматизована ГВС з гнучкою переналагоджуваною технологією:

1 - агрегатні верстати з ЧПУ; 2 - камера очищення деталей; 3 - склад заготовок; 4 - склад деталей; 5 - маніпулятор для завантаження деталей; 6 - позиція для видання заготовок; 7 - позиція видання деталей; 8 - позиція для приймання деталей; 9 - монтажний стіл; 10 - стіл складання супутників; 11 - супутники; 12 - накопичувач; 13 - стіл для контролю; 14 - агрегати завантаження супутників; 15 - автоматичний транспортний візок; 16 - обчислювальний комплекс

Головною вимогою до технологічного обладнання ГВС з гнучкою технологією є її швидка перебудова на випуск нової продукції. Вузли з традиційною уніфікацією, що використовуються для агрегатних верстатів, таких можливостей не забезпечують. Для вирішення такої задачі необхідне нове покоління уніфікованих вузлів. Забезпечення вирішення такої задачі можливе при виконанні елементами системи взаємних лінійних і кругових переміщень в просторі. Це досягається за рахунок конструкцій столів, здатних виконувати такі рухи.

Розвиток електроніки та обчислювальної техніки дозволив створити нові покоління верстатів, в яких управління роботою функціональних елементів, що забезпечують виконання різних технологічних процесів обробки, відбувається по числовій програмі.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ДО РОЗДІЛУ 1

1. Які основні завдання автоматизації?
2. Що таке автоматична система і чим вона відрізняється від автоматизованої?
3. Скільки етапів автоматизації та їх завдання?
4. Охарактеризувати основні види програмноносіїв.
5. Чим характеризується рівень автоматизації ТС?
6. Як визначається рівень гнучкості автоматичної ТС?
7. Що таке автономність та мобільність ТС?
8. Як впливає рівень автоматизації ТС на її продуктивність?
9. Назвати основні види автоматичних ТС.
10. Чим характеризуються тактові автоматичні лінії з жорсткими зв'язками?
11. Особливості конструкції переналагоджувальних автоматичних ліній.
12. Які загальні риси для гнучких автоматичних систем?
13. Основні задачі ТС з ЧПУ.
14. Чим відрізняються розточувальні верстати з ЧПУ від звичайних?
15. Особливості конструкції свердлильних верстатів з ЧПУ.
16. Чим характеризуються конструкції фрезерних верстатів з ЧПУ?
17. Які характерні особливості конструкції верстатів з ЧПУ?
18. Чим відрізняються БВ від одно операційних верстатів з ЧПУ?
19. Чим відрізняється гнучкий виробничий модуль від БВ?
20. Особливості конструкції агрегатних верстатів з ЧПУ.
21. Основні характеристики гнучкої автоматичної лінії.

2 СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОЇ ЗАМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ

2.1 Структура системи автоматичної заміни інструментів

В неавтоматизованому виробництві механізовані тільки робочі рухи інструментів. Установка інструмента, налагодження та заміна, а також контроль його стану здійснюється оператором або наладчиком. В автоматичному виробництві установка, заміна, налагодження інструмента та його контроль здійснюється за допомогою спеціальних автоматичних пристроїв, що складають систему інструментального забезпечення.

Складовими частинами системи інструментального забезпечення (СІЗ) гнучких автоматичних комплексів є:

- 1) набір різальних інструментів;
- 2) набір допоміжних інструментів;
- 3) механізми автоматичної заміни інструментів (МАЗІ);
- 4) пристрої для налагодження інструмента поза верстатом.

Основною складовою частиною СІЗ гнучких автоматичних виробництв є МАЗІ, до складу яких входять:

- 1) автооператор для установки і заміни інструмента;
- 2) інструментальний магазин;
- 3) пристрої для закріплення інструмента в шпинделі верстата;
- 4) пристрої для контролю різальної здатності інструмента та його підналагодження;
- 5) пристрої для пошуку необхідного інструмента в інструментальному магазині та контролю ходу ТП і діагностики роботи верстата і інструмента.

Наявність тих або інших елементів визначається ступенем автоматизації всієї ТС.

Надійна робота автоматичної ТС забезпечується тільки тоді, коли СІЗ відповідає таким вимогам:

- достатня місткість накопичувача інструментів;
- надійна ідентифікація інструментів в магазині;
- малі затрати часу на зміну інструмента;
- надійний захват оправок з інструментом при їх автоматичній заміні;
- точне позиціонування інструмента при його установці в робочий орган верстата;
- мінімально можлива відстань від інструментального магазину до робочого органа верстата;
- розташування системи МАЗІ на верстаті не повинно обмежувати робочу зону ТС;
- висока надійність функціонування системи МАЗІ;
- захист від забруднення посадочних поверхонь оправок інструмента і робочих органів автооператора;
- надійне та жорстке закріплення інструмента в робочому органі верстата.

МАЗІ є частиною автоматичних ТС, яка швидко розвивається. В останні роки спостерігається поява нових рис в МАЗІ. Це, перш за все, пов'язано з розширенням галузі їх використання. Широке впровадження ГАЛ та ГВО потребує нових вимог до МАЗІ. Вони повинні мати інструментальні магазини більшої місткості, щоб забезпечити функціонування ТС протягом зміни, і навіть більше, без допоміжного комплектування її інструментом. Але, це веде до зниження ефективності системи. Ця задача вирішується комплектуванням ГВО складами-накопичувачами інструментів і, навіть, складами магазинів.

На рис.2.1 показана структурна схема існуючих способів автоматичної заміни інструментів.

Способи заміни інструментів в МАЗІ можна розділити на дві основні групи. Це заміна інструментів за допомогою автооператора, або без нього за рахунок відповідних переміщень магазину і шпинделя верстата. Обидва способи мають як переваги, так і недоліки. Спосіб заміни інструмента суттєво впливає на конструкцію МАЗІ, а, відповідно, і на економічні, конструктивні та технологічні показники обладнання. Він, перш за все, впливає на час заміни інструменту, надійність роботи ТС, можливість уніфікації та побудови різних компонентів верстатів з мінімальними затратами, компактність конструкції, зручність обслуговування та виконання вимог техніки безпеки. Для виявлення переваг і недоліків існуючих МАЗІ необхідно конкретно розглянути всі способи автоматичної заміни інструментів

2.2 Характеристика способів заміни інструментів

2.2.1 Способи заміни інструментів без автооператора

Способи заміни інструментів без автооператора дозволяють зробити МАЗІ простими по конструкції і компактними. Найбільш простим способом заміни інструментів без автооператора є спосіб з використанням револьверної головки (РГ). Такими механізмами обладнано 25% від загальної кількості металорізальних верстатів. МАЗІ на базі РГ використовуються як на вертикальних верстатах, так і на горизонтальних.

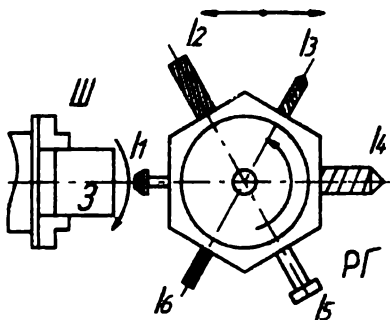


Рисунок 2.2 – Спосіб заміни інструментів за допомогою револьверної головки

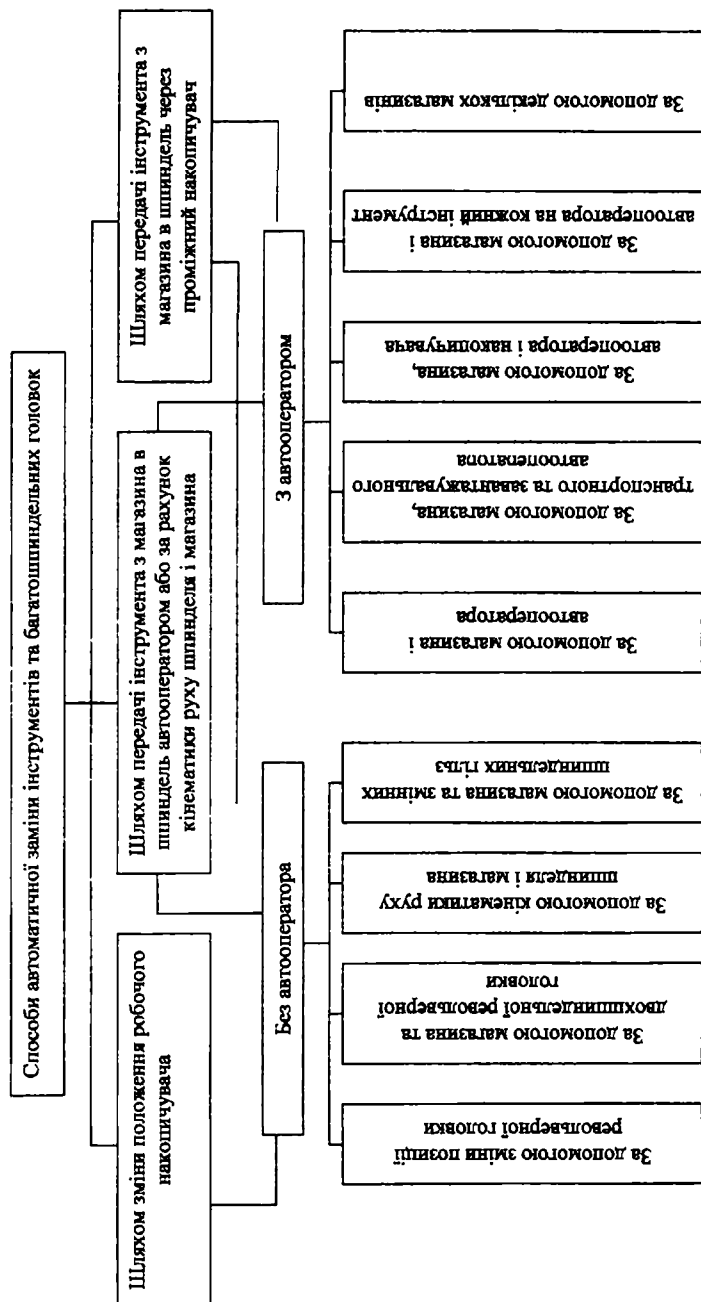


Рисунок 2.1 – Способи автоматичної заміни інструментів та багатошпиндельних головок

Схема способу заміни інструмента за допомогою револьверної головки показана на рис.2.2. Заміна інструмента відбувається в такій послідовності: спочатку проводиться розфіксація головки, потім здійснюється її поворот на відповідний кут, який визначається інструментом, який необхідно вивести на робочу позицію (РП). На РП відбувається фіксація РГ.

Перевагою таких МАЗІ є малий час заміни інструмента, який не перевищує 1-3 с. МАЗІ на базі РГ широко використовується на верстатах токарної та свердильної груп. Значним недоліком таких механізмів є низька жорсткість РГ та невисока точність позицювання.

Спосіб заміни інструментів за допомогою дискового інструментального магазину та двошпиндельної револьверної головки показаний на рис.2.3.

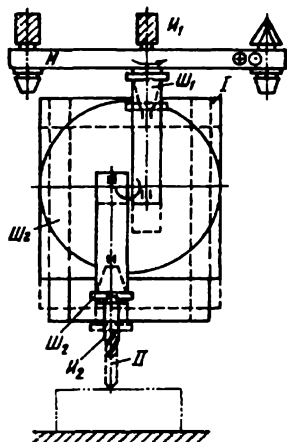


Рисунок 2.3 – Спосіб заміни інструментів за допомогою дискового інструментального магазину

Наявність двошпіндельної головки та можливість магазину виконувати обертальний і поступальний рухи дозволяють проводити заміну інструмента в шпинделі Ш1 в той час, як шпиндель Ш2 працює в робочому режимі. Це значно скорочує час на заміну інструмента. Витрати часу на заміну інструменту при такому способі складають 1-2с. Така конструкція МАЗІ дозволяє збільшити жорсткість робочих шпинделів.

Недоліком таких механізмів є великі габарити револьверної головки так як в шпинделях РГ розміщуються пристрої для автоматичного закріплення інструментів.

На початку освоєння багатопільових верстатів використовувались МАЗІ, що забезпечували заміну інструментів за допомогою кінематики руху шпинделя і накопичувача. Функцію накопичувачів, частіш за все, виконували магазини дискового типу, які монтувались на столі верстата або на його стійці. Осі магазину та шпинделя в цьому випадку повинні бути паралельними.

Заміна інструмента за допомогою кінематичного руху шпинделя і магазину показана на рис.2.4. Магазин дискового типу I_m установлюється на столі верстата. Шпиндель з інструментом $I_{ш}$ може переміщуватись вертикально і горизонтально. Для заміни інструмента шпиндель відводиться від заготовки і переміщується до вільного від інструмента гнізда магазину. Магазин при цьому обертається навколо своєї осі таким чином, що вільне гніздо розташовується на найменшій відстані від осі шпинделя. Після суміщення осі шпинделя з віссю вільного гнізда пристрій для автоматичного закріплення інструменту спрацьовує, і інструмент залишається в магазині. Вільний від інструменту шпиндель піднімається вгору, а магазин поворотом на відповідний кут суміщає вісь необхідного інструмента з віссю шпинделя. Для захвату інструмента шпиндель опускається вниз, після чого спрацьовує захватний пристрій і захоплює інструмент в шпинделі. Для перенесення інструмента на робочу позицію РП шпиндель переміщується в зворотному порядку.

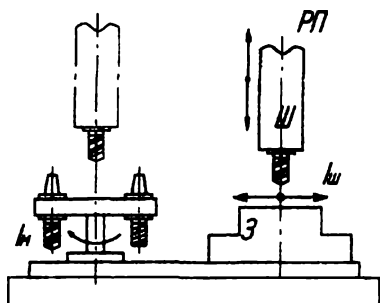


Рисунок 2.4 – Схема автоматичної заміни інструмента за допомогою кінематики руху шпинделя і магазину

Відсутність автооператора зменшує вартість МАЗІ, але збільшує час, необхідний на заміну інструмента. Витрати часу пов'язані безпосередньо зі зміною інструменту, збільшенням розмірів столу, ускладненням програми та системи управління через необхідність позиціювання шпинделя або магазину.

Схема заміни шпиндельних гільз є близькою до схеми заміни інструментів за допомогою кінематики руху шпинделя і магазину. В таких конструкціях забезпечується достатня жорсткість шпиндельного вузла.

Недоліком таких конструкцій шпиндельних вузлів є низька точність положення робочого шпинделя, передчасне зношування шпиндельних гільз. Крім того, така конструкція МАЗІ має велику масу та габарити, а це збільшує її вартість. Тому такий спосіб заміни інструментів не набув розповсюдження.

2.2.2 Способи заміни інструментів за допомогою автооператорів

Основним недоліком способу заміни інструментів при використанні револьверних головок без автооператора є низька жорсткість та неточність пози-

ціювання револьверних головок, що веде до зниження точності обробки деталей. Крім того, револьверні головки не дозволяють розмістити велику кількість інструментів. При використанні для заміни інструментів переміщення магазину та шпинделя верстата зростає час на заміну інструмента.

Для усунення цих недоліків розроблений спосіб заміни інструментів за допомогою інструментальних автооператорів. Це дозволяє змінити підхід до всієї системи інструментального забезпечення МВ і всього виробничого комплексу.

По-перше, поява інструментального автооператора скоротила час заміни інструмента. **По-друге**, для всіх видів різальних інструментів створено допоміжний інструмент з уніфікованим вузлом кріплення та єдиним місцем захоплення. **По-третє**, поява уніфікованих допоміжних інструментів дозволила створити пристрої для їх кодування і, відповідно, декодування інструмента, що в них закріплені.

Існує велика кількість різноманітних способів заміни інструментів за допомогою автооператорів. Основною метою створення МАЗІ на базі автооператора є скорочення часу на заміну інструмента. Для цього необхідно зменшити витрати часу на транспортування інструменту в робочу зону та безпосередньо на його заміну.

Усі способи заміни інструментів за допомогою автооператора можна розділити на дві групи: спосіб завантаження однозахватним або багатозахватним автооператором, та спосіб заміни декількома автооператорами.

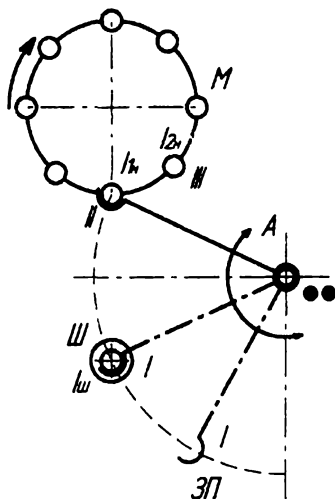


Рисунок 2.5 – Спосіб заміни інструмента з магазином і однозахватним автооператором

На рис.2.5 показаний МАЗІ з однозахватним автооператором. Для заміни інструмента I_m , який знаходиться в шпинделі МВ, автооператор бере його за-

хватом руки. В цей час інструмент автоматично розкріплюється. Автооператор А виводить хвостовик інструмента з шпинделя верстата, потім гойдаючим рухом переносить інструмент із положення I в вільне гніздо II магазину М. Після цього магазин поворотом на відповідний кут суміщає позицію III з необхідним інструментом J_2 з захватом автооператора. Автооператор захоплює інструмент, переміщує його в положення I і вводить в отвір шпинделя III. Закріплення інструмента в шпинделі відбувається автоматично.

Недоліком МАЗІ з однозахватним автооператором є значні витрати часу на заміну інструмента (до 24 с). Тому такі способи заміни інструментів використовуються тільки тоді, коли відстань між віссю шпинделя і найближчим гніздом магазину не перевищує 300мм.

Спосіб заміни інструментів за допомогою магазину, автооператора завантаження та транспортного автооператора

Для перекриття часу, необхідного для заміни інструмента, використовують проміжні накопичувачі. Вони можуть бути виконані у вигляді револьверної головки (двохпозиційної або багатопозиційної) або допоміжного магазину. Іноді функції накопичувачів можуть виконувати багатозахватні або допоміжні автооператори. На рис. 2.6,а показана схема МАЗІ, що складається з двохранного магазину барабанного типу, транспортного та завантажувального автооператорів.

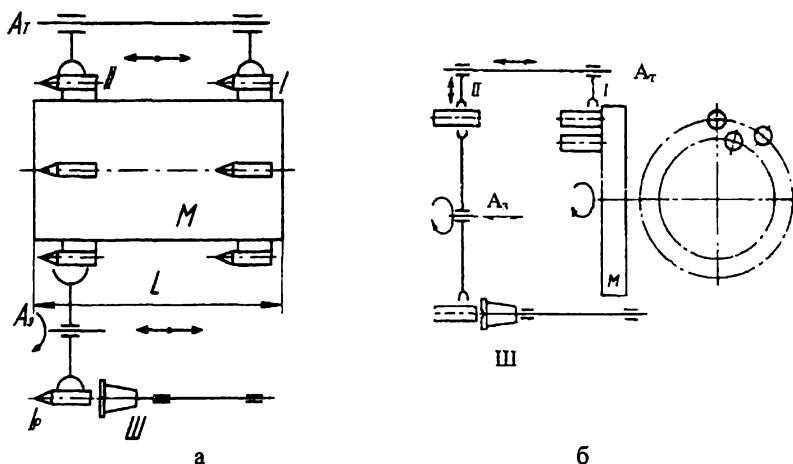


Рисунок 2.6 - Спосіб заміни інструмента з магазином, автооператором завантаження A_z і транспортним автооператором A_t :

а – магазин барабанного типу; б - магазин дискового типу

Наявність двохранного магазину барабанного типу дозволяє розмістити велику кількість інструментів, але при цьому збільшуються розміри магазину, а, відповідно, і час заміни інструмента. Для скорочення цього часу використовується транспортний автооператор A_t , який передає потрібний інструмент з ряду I магазину на позицію завантаження II, де за допомогою автооператора заван

таження А₃ потрібний інструмент І_р вставляється в отвір шпинделя Ш.

На рис. 2.6,б показана схема заміни інструментів, в якій функцію накопичувача виконує двоохрядний магазин дискового типу. Транспортний автооператор А_т бере потрібний інструмент з будь-якого ряду (позиція І) і передає його в схват автооператора завантаження А_з (позиція ІІ). Автооператор завантаження обертається на 180° і переносить інструмент на робочу позицію (шпиндель Ш). В МАЗІ такого типу забезпечується скорочення часу доставки інструмента на РП, та одночасно вирішується важливе питання - винесення магазину на значну відстань від робочої зони. Це дозволяє збільшити місткість магазину та зменшити вплив його вібрацій, які виникають при заміні інструмента, на роботу МВ.

Спосіб заміни інструментів, де функції накопичувача інструментів виконує магазин та револьверна головка, показаний на рис. 2.7. Револьверні головки можуть бути двохопозиційними і багатопозиційними. Двохопозиційні головки використовуються, коли час завантаження інструмента на позиції завантаження менше часу роботи інструменту на робочій позиції. Багатопозиційні головки використовуються коли час завантаження більше часу роботи головки на робочій позиції.

МАЗІ можуть оснащуватися стаціонарними автооператорами або портальними в залежності від компоновки верстата. При стаціонарному автооператорі А магазин монтується на шпиндельній бабці верстата (рис.2.7,а). Це є недоліком, так як приводить до порушення сталості роботи МВ. Цей недолік усувається винесенням магазину на окрему стійку. В таких випадках доводиться використовувати портальні автооператори Ап. Використання Ап збільшує час на транспортування інструменту від магазину до РП, що потребує збільшення позицій для резервних інструментів в проміжному накопичувачі.

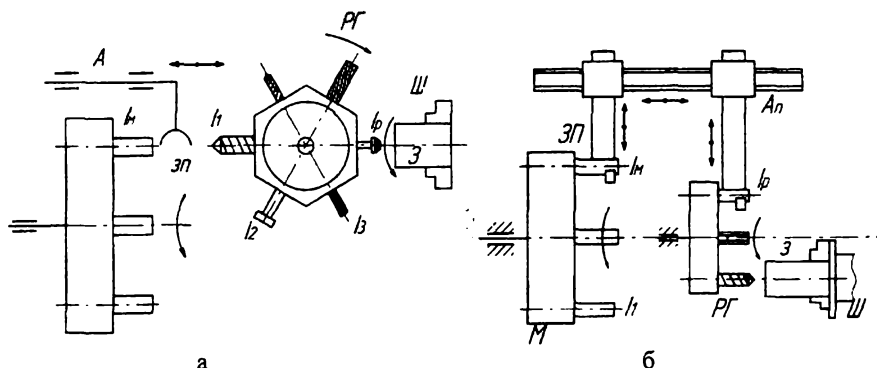


Рисунок 2.7 – Спосіб заміни інструментів за допомогою магазину, автооператора та револьверної головки:

а – використання стаціонарного автооператора; б – використання портального автооператора

Використання МАЗІ з допоміжним накопичувачем інструментів у вигляді

револьверної головки дозволяє зменшити час на заміну інструмента до 1-4 с. Але, при цьому в ТС з'являються недоліки, які характерні для способів заміни інструментів на базі револьверних головок, які розглянуті раніше.

Спосіб заміни з автооператором на кожний інструмент

При невеликій кількості інструментів та необхідності їх частій заміни використовують спосіб заміни з автооператором на кожний інструмент (дивись рис. 2.8).

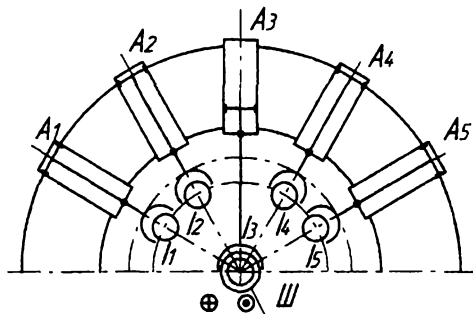


Рисунок 2.8 – Схема МАЗІ з автооператором на кожний інструмент

Магазин з автооператором на кожний інструмент розташовується по дузі навколо шпиндельного вузла. Радіальне розташування автооператорів відносно осі шпинделя дозволяє тримати на вихідній позиції інструмент, необхідний для наступного переходу. Автооператор з пустим захватом розташовується на мінімальній відстані від робочої позиції МВ і готовий звільнити шпиндель від інструмента, що відпрацював на попередньому переході.

Недоліком такого способу є громіздкість конструкції, обмежений доступ до робочої зони та висока вартість всього МАЗІ. Перевагою такого способу є скорочення часу на заміну інструмента до 1с.

Для зменшення вартості МАЗІ використовують автооператори з декількома захватами. Кількість захватів на одному автооператорі може бути до 16. Такі автооператори використовуються при послідовній обробці отворів кількома інструментами, наприклад, свердлом, зенкером, зенківкою, розверткою, мітчиком.

Спосіб заміни інструментів з декількома магазинами

Для ГВМ, які працюють в три зміни, існуюча місткість магазинів не задовольняє потреб в інструментах для безперервної роботи модуля чи АЛ. Забезпечення безперебійного постачання інструмента досягається допоміжними магазинами, які можуть бути дискового або ланцюгового типу. Кількість магазинів може бути два і більше.

Спосіб заміни інструментів з двома магазинами і автооператором показаний на рис.2.9. Робочий М₁, та запасний М₂, інструментальні магазини встановлюються на стійку С, яка може змінювати позиції магазинів в автоматичному режимі. В разі необхідності мати комплект інструментів для виконання нового

технологічного процесу, заміна магазину M_2 відбувається на запасній позиції. Це здійснюється за допомогою спеціального пристрою або роботизованого візка. Час заміни магазину не перевищує 40 с. Заміна інструмента, який вийшов з ладу, може відбуватись за допомогою того ж візка.

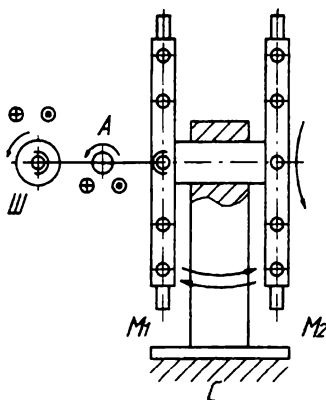


Рисунок 2.9 – Спосіб заміни інструментів при двох магазинах

Для того, щоб полегшити доступ до інструментального магазину, його розміщують на достатній відстані від робочої зони. Це також зменшує вплив вібрацій від роботи магазину на роботу МВ. Але, при цьому появляється необхідність мати, крім основного автооператора, допоміжний носій, який забезпечує зв'язок між шпиндельною бабкою і магазином. Такий МАЗІ показаний на рис. 2.10. Він складається з двох ланцюгових магазинів M_1 і M_2 місткістю по 60 інструментів кожний, які розміщені на одному корпусі, що установлений на полозках МВ. Магазины приводяться до руху електродвигуном D_1 через зубчатопасову 15 і черв'якову 14 передачі та ведучі ролики 13 і 16. Сегменти 5 підтримують і натягають ланцюги магазинів. Кожна ланка ланцюга має гніздо з пластмасовою корпусною втулкою 27 для інструментальної оправки 26 з закріпленим в ній інструментом 25. Оправка утримується в гнізді підпружиненим фіксатором 28. МАЗІ комплектуються двома автооператорами. Основний автооператор А має форму двозахватного обертового важеля 6. Інструментальна оправка утримується в кожному захваті автооператора упором 3 і фіксатором 2, який переміщується штоком гідроциліндра 8.

Автооператор виконує два види рухів: обертальний навколо горизонтальної осі за допомогою гідроциліндра 22 і рейково-шестерневої передачі 23, та повздовжній по осі за допомогою гідроциліндра 24. Другий (допоміжний) автооператор ДА зв'язує перший автооператор А з магазином. Коли автооператори зближуються, захвати 1 і 4 автооператора ДА знаходяться між упором 3 і фіксатором 2 основного автооператора А (рис. 2.11,в), гідроциліндр 11 повертає важелі захватів 1 і 4, і вони закріплюють інструментальну оправку. Фіксатор 2 відходить назад, і відбувається передача інструмента від одного автооператора

до іншого.

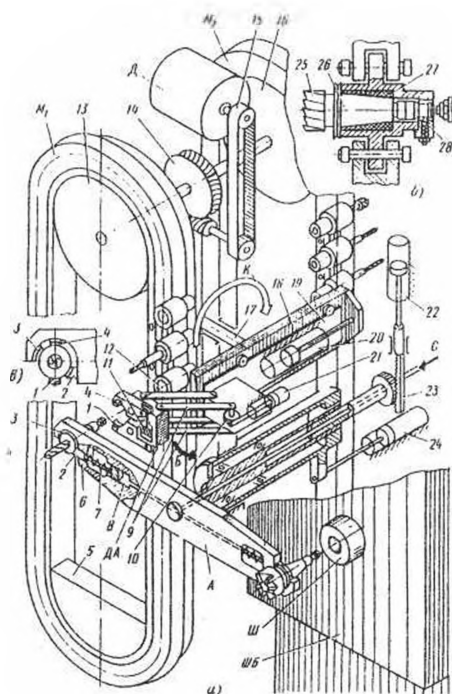


Рисунок 2.10 – МАЗІ з двома ланцюговими магазинами:

а - загальний вигляд; б - вузол кріплення інструмента в інструментальному магазині; в - захват допоміжного автооператора ДА; M_1 , M_2 – ланцюгові інструментальні магазини; Д – двигун; Ш – шпиндель; ШБ – шпиндельна бабка; А – основний автооператор

Для перенесення інструмента з оправкою в гніздо магазину 12, каретка автооператора ДА 19 переміщується вправо гідроциліндром 20. Після цього захвати автооператора ДА розкриваються, і він відходить в нейтральне положення для пошуку наступного інструмента.

Для обслуговування магазину M_2 автооператор ДА, за допомогою гідроциліндра 21, рейкової передачі 10 і важеля 9 відводиться в сторону по стрілці Б. Його корпус 18 повертається по стрілці К навколо осі 17 на 180° . Після цього ДА витягає інструмент з гнізда магазину M_2 і передає його в вільний захват автооператора А. Такі МАЗІ використовуються на верстатах підвищеної точності.

2.2.3 Способи заміни багатошпиндельних головок

Аналіз показує, що вісімдесят процентів гнучких виробничих систем ви-

користуються в крупносерійному виробництві. Це змушує конструкторів і виробників створювати такі автоматичні ТС, які б по продуктивності не уступали системам на базі агрегатних верстатів. Аналіз обробки корпусних деталей в машинобудуванні показує, що співвідношення розточувальних і свердильних операцій складає 1:6, що свідчить про необхідність автоматизації, перед усім, свердильних операцій. Найбільш економічним способом, який дозволяє реалізувати таку задачу, є використання багатошпindelних свердильних головок. Відомо, що продуктивність механічної обробки на агрегатних багатопозиційних верстатах в 5-10 разів більша, ніж на універсальних, в тому числі і на універсальних МВ з ЧПУ. Можливо вирішення цієї парадигми за рахунок створення агрегатних верстатів з ЧПУ, які оснащуються як багатошпindelними головками, так і одиночними інструментами. Багатошпindelні свердильні головки використовуються також на одношпindelних багатоцільових верстатах (БВ). Найбільший економічний ефект досягається на таких верстатах при програмі випуску деталей одного виду більше, як 5000 штук на рік. Для ефективної роботи верстатів, що оснащуються багатошпindelними свердильними головками, необхідно створити запас для їх автоматичної заміни.

Існує декілька способів накопичення багатошпindelних головок на агрегатних та багатоцільових верстатах. На АВ багатошпindelні головки розташовуються на поворотно-ділільних столах, де їх заміна відбувається шляхом повороту столу на відповідний кут, який визначається місцем розташування необхідної головки.

На БВ багатошпindelні головки для заміни накопичуються як з інструментальних магазинів загального призначення, так і в спеціальних магазинах. Інструментальні магазини загального призначення використовуються коли кількість багатошпindelних головок невелика і вільних гнізд в магазинах достатньо для їх розташування. Якщо в основному інструментальному магазині немає достатньої кількості вільних місць, використовують допоміжний магазин, який розташовується окремо від верстата. В допоміжний магазин передають головки, що відпрацювали, а звідти в основний магазин передають головки, які будуть задіяні в ході виконання ТП.

Використання спільного магазину для інструментів та багатошпindelних головок зручно також з точки зору універсальності магазину і всього МАЗІ та гнучкості заміни. Такий спосіб використовується для дискових магазинів, які встановлюються зверху на шпindelній бабці БВ, або для магазинів великої місткості, які розташовані біля стійки верстата. Загальний вигляд такого МАЗІ показаний на рис. 2.11, де дисковий магазин М, встановлений на шпindelній бабці верстата, має вертикальну ось повороту. Інструментальні оправки з закріпленими в них різальними інструментами розташовані в гніздах магазину, інструментальні оправки з багатошпindelними головками також знаходяться в гніздах магазину. Перенесення кожної оправки в шпindel Ш здійснюється автооператором А. Перед цим оправка закріплюється в розрізному поворотному гнізді (ПГ), яке розміщено в позиції заміни інструмента, і повертається в горизонтальне положення.

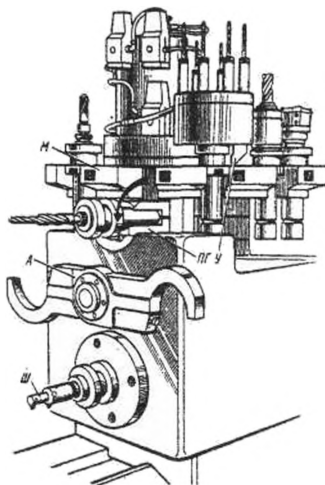


Рисунок 2.11 – Загальний вигляд МАЗІ для окремих інструментів та багатошпіндельних головок:

М – магазин; А – автооператор; У – упор; Ш – шпіндель; ПГ - поворотне гніздо

Оправка з шпіндельною головкою подається в шпіндель аналогічним чином, з тією різницею, що корпус інструментальної оправки відповідним способом орієнтується в кутовому положенні і фіксується в цьому положенні за допомогою спеціального упора У. Наявність такого упора дозволяє корпусу багатошпіндельної головки залишатись нерухомим при обертанні її ведучого вала разом з оправкою.

2.3 Складові частини механізмів автоматичної заміни інструментів

2.3.1 Накопичувачі інструментів, їх види та вимоги до них

Накопичувачі інструментів на автоматизованих ТС призначені для створення запасу інструментів, необхідних для виготовлення деталей заданої номенклатури. По виду накопичувачі інструментів бувають виконані у вигляді револьверних головок, магазинів, складів та їх комбінацій.

До револьверних головок та інструментальних магазинів висуваються вимоги, які повинні забезпечити сталу їх роботу.

Перша вимога: міст ість інструментального магазину повинна бути такою, щоб одного комплекту, закладених в нього інструментів, вистачило на обробку найбільш типової для даного верстата заготовки.

Але магазин не повинен бути громіздким, так як це призведе до збільшення його вартості при виготовленні, потребує багато місця для його розміщення на верстаті або на робочому місці. Звідси виникає друга вимога: мага-

зин повинен бути, по можливості, простим і компактним.

Магазини і виступаючі з нього інструменти не повинні заважати підходу оператора до заготовки, лінійним і круговим переміщенням заготовок, їх установці та зняттю, налагодженню верстата. Звідси виникає **третя вимога**: магазин бажано розташовувати поза робочою зоною верстата.

Для того, щоб було зручно завантажувати інструменти в магазин та виймати їх для заміни, потрібно, по можливості, задовольнити **четверту вимогу**: забезпечити легкий, зручний та безпечний доступ до магазину наладчику і оператору. Це особливо важливо там, де використовуються інструменти великої ваги.

Необхідно до мінімуму скоротити час, який безпосередньо витрачається на заміну інструмента, що є **п'ятою вимогою**. Тому підготовка до заміни інструмента, поворот барабана, або рух ланцюга магазину для пошуку потрібного інструмента, піднімання чи опускання магазину разом із шпиндельною бабкою (якщо це передбачено конструкцією верстата), робота механізмів кантувача, переміщення каретки автооператора повинні виконуватись в час роботи МВ.

Шостою вимогою є виключення впливу вібрацій, які виникають від механізмів заміни інструментів, на роботу верстата.

2.3.2 Визначення місткості інструментальних магазинів

Гнучкий виробничий модуль може бути автономною одиницею або складовою частиною ГВС. Але, в обох випадках його основною складовою частиною є багатоцільовий верстат. Тому структура інструментального забезпечення ГВМ визначається структурою БВ. В той же час вона в значній мірі залежить від того, як працює ГВМ, а, відповідно, і БВ: автономно чи в складі ГВС. Під час автономної роботи ГВМ повинен забезпечити повну обробку групи деталей, що заплановані для нього, тобто мати в магазині інструменти для обробки усіх поверхонь цих деталей. При роботі ГВМ в складі ГВС інструментальний магазин може бути укомплектований не всіма інструментами, необхідними для обробки кожної деталі в партії. Інструменти, яких не вистачає, можуть бути в магазині інших модулів, які є складовою частиною ГВС, де і будуть оброблені повністю деталі цієї партії. Параметри потоків інструментів і деталей, що реалізуються в кожній ГВС, тісно пов'язані між собою. Так зміна номенклатури оброблюваних деталей потребує зміни номенклатури і кількості інструментів, місткості магазинів, кількості установок деталей. Тому підвищення ступеню конструктивно-технологічної однорідності оброблюваних деталей веде до зменшення номенклатури інструментів, і, відповідно, до зменшення собівартості продукції.

Місткість інструментального магазину ГВМ визначається операційною технологією обробки деталей відповідної групи.

Рекомендується наступна схема побудови операційної технології обробки деталей:

- групування деталей;
- складання груп поверхонь для обробки, тобто розподіл деталей на елементарні поверхні обробки;

- підбір технологічних схем обробки для груп елементарних поверхонь. Визначення складу технологічних переходів і послідовності їх виконання, схем переміщення інструментів під час обробки;
- визначення припусків на обробку з урахуванням даних в анкетах інструментів;
- вибір різальних інструментів та їх комплектація;
- призначення режимів різання з урахуванням організації заміни різальних інструментів, величини партії деталей та завантаження інструментів в циклі обробки. Призначення ведеться з використанням даних, що вказані в анкетах на інструменти.

Признаками групування деталей для обробки на одному БВ або на ГВС є: габарити деталей; однотипний матеріал заготовок; близькі вимоги до деталей по точності і шорсткості; близькість конструкції деталей та їх жорсткості; базування і закріплення деталей однаковими способами.

При цьому корпусна деталь розглядається як сукупність типових елементарних поверхонь, які підлягають обробці, і мають відповідне положення в просторі відносно осі шпинделя верстата.

Розгляд корпусних деталей, як сполучення елементарних поверхонь, полегшує формалізацію розробки операційних технологічних процесів, вибір інструмента і формування мінімальної кількості інструментів, потрібних для обробки групи деталей.

Отвори в корпусних деталях підрозділяють на основні, що служать для базування деталей, які установлюються в корпусі, та допоміжні, що використовуються для ремонту, кріплення, зручності обробки та базування.

Площини підрозділяють на відкриті; закриті з однієї чи двох сторін; відкриті рамочні; закриті з однієї сторони рамочні. Поверхні можуть бути розташовані паралельно або перпендикулярно осі шпинделя. Уступи бувають відкриті і закриті. Пази діляться на призматичні, Т-подібні, косі, сегментні.

Розподіл на елементарні поверхні повинен охоплювати всю різноманітність форм деталей, враховувати конструктивно-технологічну спільність окремих форм деталей і можливість їх утворення при однакових технологічних рішеннях. При цьому вказують наявність отворів в заготовці, а також приводять всі розміри оброблюваних поверхонь та їх шорсткість. Визначається послідовність виконання всіх переходів і припуски для них.

Складання мінімальних комплектів інструментів для відповідних ТС відбувається за методикою [35]. Номенклатуру і розміри різальних інструментів, необхідних для виконання обробки групи деталей, слід вибирати у відповідності з розробленими технологічними схемами обробки елементарних поверхонь і припусками.

Вихідними даними для визначення кількості потрібних інструментів і реалізації технологічного процесу є: номер деталі; програма випуску деталей на відповідний період, номер операції, найменування інструменту; матеріал різальної частини, основний час роботи кожного типорозміру інструмента по програмі управління; стійкість інструмента, що відповідає економічно доцільним умовам обробки. Ці дані вносяться в спеціальну таблицю.

Місткість інструментального магазину визначається часом роботи БВ в автоматичному режимі, наприклад, одну зміну, тобто 8 годин. Тоді потреби інструмента i -го типорозміру на одну зміну визначаються залежністю [35]:

$$P_i = \sum_{r=1}^r P_{ir}, \text{ шт.}, \quad (2.1)$$

де i – типорозмір інструмента;

r – позначення деталі;

P_{ir} – норма витрати i -го інструмента на програму обробки деталі r -го позначення.

Норма витрат інструмента P_{ir} визначається залежністю

$$P_{ir} = N_r \sum_{k=1}^k H_{irk}, \text{ шт.}, \quad (2.2)$$

де N_r – програма випуску деталей за одну зміну в шт.;

k – номер програми управління (операції) при обробці деталі r -го позначення;

H_{irk} – норма витрат інструмента i -го типорозміру на k -ій операції деталі r -го позначення за відповідний період.

Норма витрат інструмента H_{irk} за відповідний період часу визначається залежністю

$$H_{irk} = \frac{t_{oirk} \cdot k_{yi}}{\sum T_{irk}}, \text{ шт.}, \quad (2.3)$$

де t_{oirk} – основний час роботи i -го типорозміру інструмента по конкретній k -ій програмі управління, хв.;

$\sum T_{irk}$ – визначений термін служби i -го типорозміру інструмента, що працює по k -ій програмі управління, хв.;

k_{yi} – нормативний коефіцієнт випадкової втрати інструменту i -го типорозміру.

Період стійкості інструмента при грубій оцінці може прийматись по нормативам. При необхідності більш точної інформації по часу простоювання БВ, пов'язаного зі заміною інструмента, для визначення економічної стійкості T_{ek} можливо користуватись формулою:

$$T_{ek} = \frac{1-m}{m} \left(t_a + \frac{E_u}{C} \right), \quad (2.4)$$

де m – показник степені в формулі залежності швидкості різання від стійкості $V = \frac{C}{T^m}$;

t_a – час, який простоює верстат, пов'язаний зі заміною інструмента, хв.;

E_u – вартість періоду стійкості інструмента;

C – вартість 1хв роботи верстата.

Мінімальну кількість інструментів-дублерів n при діаметрі осьового інструменту $d_i > 6\text{мм}$, можливо визначити із нерівності виду

$$1 - \Phi \left(\frac{\frac{T}{T_e} - n}{\sqrt{n}} \right) \geq P_{\varphi}, \quad (2.5)$$

де $\Phi(x)$ – значення функції Лапласа;

v – коефіцієнт варіації для інструмента кожної групи;

$T = \Phi_T \cdot \eta_T \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3$ – час різання інструментами даної групи;

Φ_T – період заданого часу, який визначається відмовою наладки в відповідних умовах останнього дублера якої-небудь групи інструментів;

η_T – коефіцієнт готовності верстата, який для БВ в середньому складає 0,7;

$\alpha_1 = 0,75$ – доля часу роботи по програмі керування;

$\alpha_2 = t_p / (t_p + t_d)$ – доля часу різання під час роботи;

t_p – час різання при обробці однієї деталі;

t_d – допоміжний час;

$\alpha_3 = t_{p,\varphi} / t_p$ – доля часу різання інструментів кожної групи;

$t_{p,\varphi}$ – час обробки однієї деталі інструментами даної групи;

$P_{\varphi} = P^{\frac{1}{e}}$ – надійність групи інструментів;

P – мінімально допустимий рівень надійності наладки;

e – кількість груп інструментів.

Тоді, наприклад, якщо $P = 0,67$, а кількість груп $e = 10$, то

$$P_{\varphi} = (0,67)^{0,1} = 0,96.$$

Таким чином, потрібний рівень надійності P_{φ} є вихідною інформацією при визначенні мінімально необхідної кількості інструментів дублерів.

Загальна кількість інструментів в інструментальному магазині при його роботі в автономному режимі на протязі однієї зміни визначиться залежністю:

$$H_2 = H_{ipk} + n. \quad (2.6)$$

Таким чином, для розміщення визначеної кількості інструментів потрібен інструментальний магазин відповідної місткості.

Вибір типу магазину визначається не тільки кількістю потрібних інструментів, а і компонованням БВ або ГМ.

Аналіз всієї різноманітності корпусних деталей середніх розмірів, які доцільно оброблювати на БВ, показує, що біля 18% деталей потребують використання не більше 10 інструментів; 50% - до 20; 17% - до 30; 10% - до 40 і 5% - до 50. Тому найбільше розповсюдження отримали інструментальні магазини місткістю до 30 інструментів. Але досвід використання ГМ показує, що при роботі їх в дві або три зміни така місткість магазинів є недостатньою, так як в даному

випадку не враховується зношування інструментів.

2.3.3 Накопичування і переміщення інструментів за допомогою револьверних головок

Револьверні головки, на відміну від інших інструментальних магазинів, є накопичувачами інструментів і одночасно робочими органами МВ, які безпосередньо сприймають сили різання. Тому вони повинні характеризуватись високою міцністю, жорсткістю і точністю позиціювання при повороті. Різальні інструменти не повинні заважати один одному. Заміна інструментів повинна здійснюватись доступно і легко.

Існує багато видів різноманітних револьверних головок. Вони діляться, в залежності від розташування осі головки відносно осі шпинделя, на головки з паралельним розташуванням осей, перпендикулярним і під кутом.

Револьверні головки можуть бути розташовані на супорті МВ або на шпиндельному вузлі. Головки, що розташовуються на шпиндельному вузлі, виконуються з обертальними інструментами. Головки, що розташовуються на супортах, можуть виконуватись з обертальними і нерухомими інструментами.

По формі револьверні головки діляться на прямокутні, дискові, зіркоподібні, конусні та барабанні. Форма головки здебільшого визначається кількістю розташованих в ній інструментів та видом МВ.

В залежності від кількості інструментів револьверні головки бувають 2-16 позиційними. При більшій кількості інструментів зменшується жорсткість головки, а, відповідно, і точність обробки. Якщо в комплект МАЗІ входить револьверна головка і інструментальний магазин, доцільніше використовувати двох позиційну РГ. Це дозволяє підвищити її жорсткість (див. рис.2.3).

Револьверні головки використовуються як самостійні накопичувачі інструментів, так і проміжні, але функції їх є однаковими – бути безпосереднім робочим органом МВ.

На МВ токарної групи здебільше використовуються РГ з нерухомими інструментами. Для розширення технологічних можливостей використовуються РГ з обертальними інструментами. На багатоцільових токарних верстатах іноді монтують по дві револьверні головки. Одна РГ використовується для обробки зовнішніх поверхонь, друга - внутрішніх. Головки можуть працювати як одночасно, так і по черзі. Послідовність їх роботи визначається порядком ходу ТП і конструкцією МВ.

Дискові револьверні головки використовуються здебільшого на патронних токарних верстатах з ЧПУ.

Більші технологічні можливості мають РГ з горизонтальною віссю обертання. Вони уніфіковані і виготовляються в трьох модифікаціях: 6-позиційні, 10-позиційні і 12-позиційні. В 6-позиційних головках різці розташовані радіально. В 10- і 12-позиційних РГ половина інструментів розташовується радіально, інша половина інструментів може розташовуватись як радіально, так і паралельно осі шпинделя. Положення інструментів визначається формою оброблюваної заготовки.

На рис. 2.12 показана 12-позиційна револьверна головка, вісь якої паралеле-

льна осі обертання шпинделя, що дозволяє вести обробку поверхонь заготовок, які розташовані симетрично відносно осі її обертання. Для того, щоб не заважати роботі сусідніх інструментів, деякі позиції можуть залишаються вільними. Положення вільних позицій визначається видом і положенням сусідніх інструментів і їх впливом на роботу ТС, габаритами оброблюваної заготовки та ін.

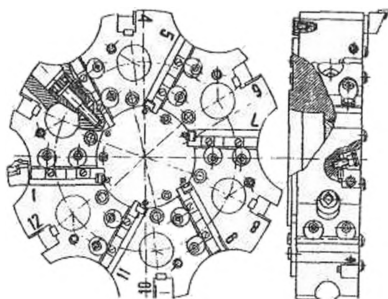


Рисунок 2.12 - Уніфікована револьверна головка для токарних верстатів з ЧПУ для закріплення інструментів з осьовим і радіальним розташуванням

На рис.2.13 показана зіркоподібна 12-позиційна револьверна головка, ось якої розташована перпендикулярно до осі обертання шпинделя. В РГ розміщені токарні різці, осьові інструменти типа свердел, зенкерів, розверток, зенківок. Такі головки можуть обробляти тільки поверхні, які розташовані співвісно з інструментом, що є їх істотним недоліком.

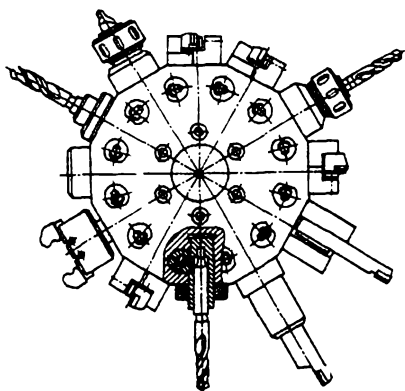


Рисунок 2.13 - Зіркоподібна револьверна головка, в якій ось розташована перпендикулярно осі обертання шпинделя

Налагодження інструментів на обробку заготовок в таких револьверних головках відбувається вручну, що веде до зростання часу простоювання верста- та. Іноді для зменшення часу простоювання використовують змінні револьверні головки, але їх заміна є занадто складною і також потребує багато часу.

На рис. 2.14 показана конструкція рушія обертання шпинделів револьвер- ної головки з інструментами. Обертання шпинделю 1 передається через центральне циліндричне зубчате колесо 2, яке обертається від електродвигуна 5, через конічну зубчасту пару 4 і центральний вал 3.

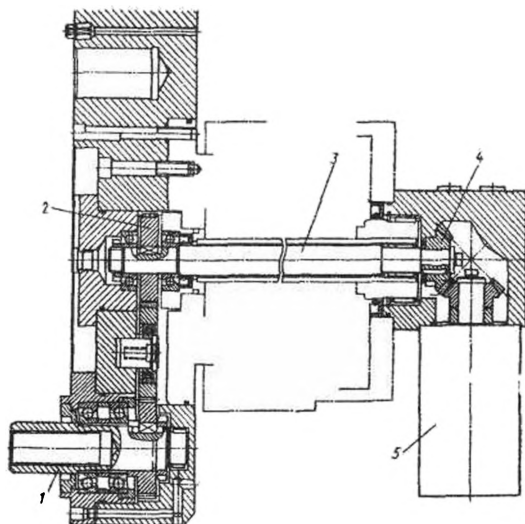


Рисунок 2.14 – Револьверна головка з рушієм для обертання шпинделів з інструментами

Для токарних БВ розроблені РГ, які можуть використовуватись для закріплення різноманітних інструментів. На рис. 2.15 показаний загальний вигляд РГ з комплектом обертальних інструментів, що значно розширює технологічні можливості багатоцільового токарного верста- та. За допомогою цієї головки БВ може виконувати такі переходи, як фрезерування криволінійних пазів; свердління отворів під гострим кутом; свердління отворів на фланці і нарізання різь- би; фрезерування шпонкового пазу; фрезерування канавки на торці; фрезеру- вання шестигранника. Установлення і заміна інструментів відбувається вручну. Велика кількість інструме- тів ускладнює конструкцію РГ та знижує її жорст- кість, що негативно впливає на точність обробки.

Виготовляють також конічні РГ з обертальними шпинделями. Такі рево- льверні головки здебільшого використовують на верстатах свердильно- розточувально-фрезерної групи. Вони можуть монтуватись з горизонтальним, вертикальним або похилим положенням осі обертання. МАЗІ на базі РГ з обер-

тальними шпинделями відзначаються простотою і компактністю, так як вони не мають автооператорів. Час заміни інструмента складає 1 – 4 сек.

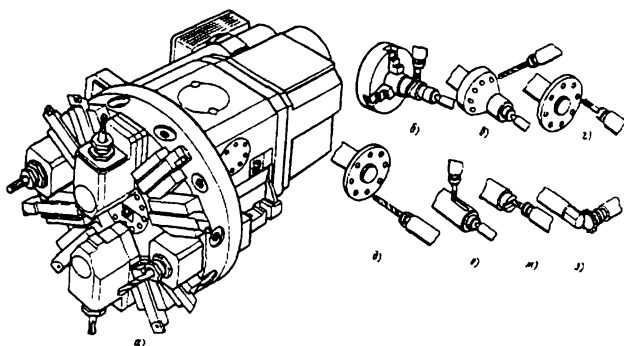


Рисунок 2.15 - Револьверна головка з комплектом обертальних інструментів:

а – загальний вигляд; б – фрезерування криволінійних пазів; в – свердлення отворів під кутом; г, д – свердлення отворів на фланці; е – фрезерування шпонкового пазу; ж – фрезерування канавки на торці; з – фрезерування шести-гранника

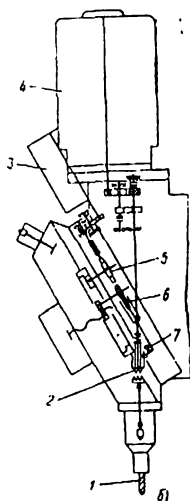


Рисунок 2.16 - Кінематична схема рушія РГ з обертальними шпинделями:

1 – інструмент; 2 – муфта; 3 – рушій; 4 – електродвигун; 5 – черв'якова передача; 6 – рейкове зачеплення; 7 – важіль

На рис. 2.16 показана кінематика рушія для РГ з обертальними шпинде-

лями і похилим їх розташуванням відносно осі шпинделя, який знаходиться на робочій позиції. Шпиндель, що знаходиться на робочій позиції, отримує обертання від кулачкової муфти 2, яка приводиться до обертання електродвигуном 4. Поворот головки, її розтиск і переміщення відбувається за рахунок кулачкової муфти 2 від рушія 3. Черв'якова передача 5 служить для повороту РГ. За допомогою рейкового зачеплення відбувається розтиск і затиск револьверної головки. Рейка при переміщенні повертає важіль 7, який включає і виключає муфту 2.

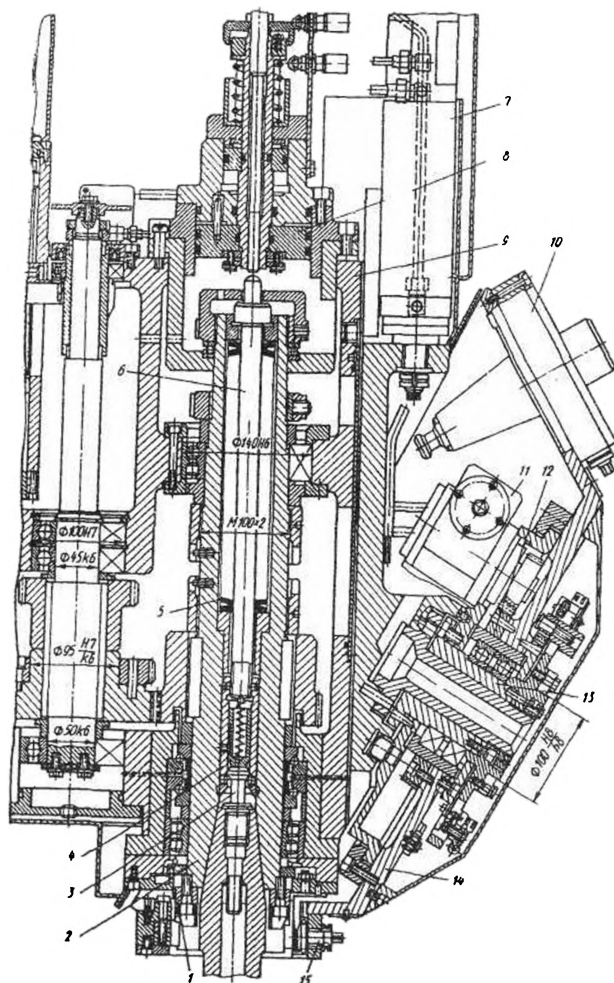


Рисунок 2.17 – Механізм автоматичної заміни інструментів в револьверній головці

Недоліком таких револьверних головок є те, що переміщення інструментів, які розташовані в зоні обробки, обмежені по координатам; кількість інструментів також обмежена 12 одиницями. Шпиндельний вузол має нежорстку конструкцію, а розташування інструментів в РГ обмежує її обслуговування.

Конструкція механізму автоматичної заміни інструментів на базі револьверної головки показаний на рис.2.17. Заміна інструмента на робочій позиції відбувається поворотом РГ на відповідний кут. Після повороту револьверної головки в необхідну позицію шпиндель 2 верстата разом з шпиндельною кареткою 9 гідроциліндром з поршнем 7 переміщується вниз і захоплює хвостовик 3 з інструментальним блоком. Затиск хвостовика здійснюється тарілчастими пружинами 5 при переміщенні поршня гідроциліндра вгору. При цьому штанга 6 під дією тарілчастих пружин піднімається вгору, переміщує втулку 4 з кульками, які захоплюють виступ стрижня на хвостовику 3. Фіксація хвостовика в шпинделі верстата здійснюється за допомогою торцевих шпонок 1, які входять в пази на фланці шпиндельної оправки.

Після закінчення обробки поршень 8 опускається вниз, натискає на штангу 6, яка стискає тарілчасті пружини 5. Втулка 4 опускається вниз. Розташовані в ній кульки переміщуються радіально в кільцеву канавку і звільнюють виступ стрижня 3 на хвостовику. Після цього поршень 7 піднімає шпиндельну каретку 9 вгору, що дозволяє хвостовику вийти з конусного отвору шпинделя. Хвостовик з інструментальним блоком залишається в РГ 14, де утримується фіксатором 15. РГ обертається відносно осі 13 гідрорушійем 11 через зубчасту передачу 12 і здійснює співвісну установку наступного інструментального блока з шпинделем. Після завершення переходу цикл повторюється.

2.3.4 Інструментальні магазини дискового типу

До інструментальних магазинів дискового типу відносяться магазини, у яких робочою поверхнею є торець. В дискових магазинах ось інструмента, що міститься в ньому, розташована паралельно осі магазину. Ось самого магазину може бути розташована вертикально, горизонтально, або похило відносно осі шпинделя (рис. 2.18,а,б,в). По кількості ярусів магазини можуть бути одноярусними і багатоярусними (рис. 2.18,г), однорядними і багаторядними (рис. 2.18,д). Багатоярусні і багаторядні магазини дозволяють збільшити кількість інструментів, що розміщуються в них, і спростити компоновання верстата. Недоліком таких магазинів є зменшення зони доступу руки автооператора до всіх інструментів.

Недоліки багаторядних і багатоярусних магазинів можуть бути усунені за рахунок використання планетарних магазинів (рис. 2.18,е). Особливістю їх конструкції є те, що вони складаються з поворотного диска, на якому встановлюються інструментальні магазини з індивідуальними рушіями. Це дозволяє розташувати інструмент, який підлягає заміні, на позиції, зручній для доступу. Планетарних магазинів може бути до восьми штук. Недоліком планетарних магазинів є складність їх конструкції та велика вага.

На рис. 2.19 показані дисковий магазин з спеціальним пристроєм – кантувачем, який дозволяє забезпечити суміщення осі інструмента з віссю шпинделя.

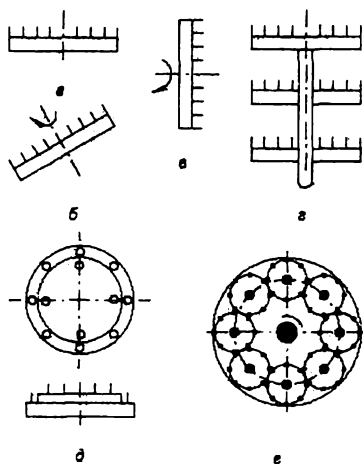


Рисунок 2.18 - Діскові інструментальні магазини:

а - з вертикальною віссю; б - з похилою віссю; в - з горизонтальною віссю; г - багатоярусний; д - багаторядний; е - планетарний

Принцип дії магазину такий: інструментальна оправка 2 установлюється у втулку 3 диска 10, який повертається від електродвигуна на кут, що забезпечує транспортування необхідної оправки з інструментом на позицію перевантаження. Точна зупинка в цій позиції здійснюється за допомогою ділильного диска 9 і фіксатора. На позиції перевантаження втулка з оправкою та інструментом повертається на 90° за допомогою падаючого гнізда 4. Це необхідно для подальшого перевантаження оправки в шпindel верстата.

Діскові магазини доцільно розташовувати безпосередньо на шпindelній бабці, що забезпечує найменшу відстань між осями шпинделя і інструментальної оправки при її перевантаженні з магазину в шпindel. При цьому спрощується конструкція механізму перевантаження, не змінюється відстань магазину відносно осі шпинделя, внаслідок чого зникає необхідність в допоміжному русі шпindelної бабки до магазину для заміни інструмента, а в деяких випадках стає непотрібним і кантувач. Це зменшує витрати часу на заміну інструмента.

Будова кантувача інструментів показана на рис.2.20. Пристрій для повороту оправки з інструментом на 90° приводиться до руху гідроциліндром 1, на штоку якого нарізана зубчата рейка, що входить в зачеплення з шестернею 9. Поворотна частина виконана у вигляді кронштейна 3 і має спрямівницю, по якій за допомогою гідроциліндра 2, переміщується повзун 4. При русі повзуна в гору інструментальна оправка з втулкою 6 знімається з штифта 7, що установлений на торці корпусу 8 інструментального магазину, а потім при повороті кронштейна на 90° переноситься в горизонтальне положення. Після заміни інструмента кантувач знову повертається в вертикальне положення, повзун 4 опускається, а втулка 6 з інструментом установлюється в гніздо магазину.

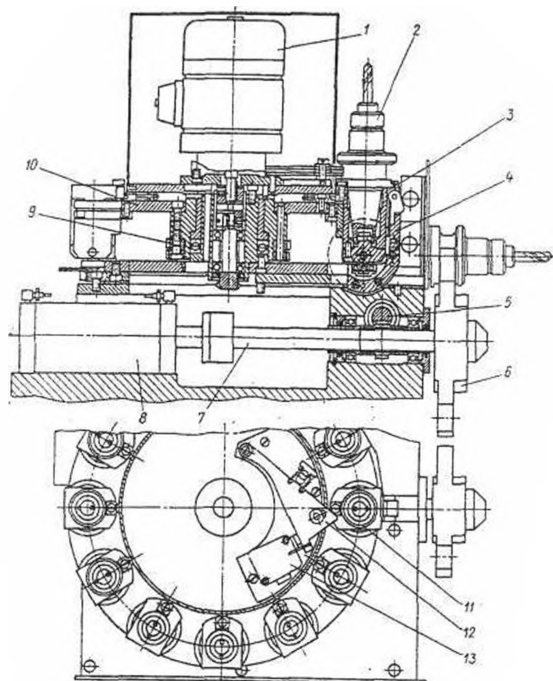


Рисунок 2.19 - Дисковий магазин:

1 – електродвигун; 2 – інструментальна оправка; 3 – втулка; 4 – падаюче гніздо;
5 – рейка повороту руки; 6 – рука; 7 – шток; 8 – гідроциліндр; 9 – ділильний
диск; 10 – диск магазину; 11 – кодові кільця; 12 – важіль; 13 – електровимикач.

При визначенні критичної швидкості обертання дискового магазину доцільно розглянути два випадки: коли вал дискового магазину розташований посередині між двома опорами (рис. 2.21,а) та коли вал з дисковим магазином розташований на одній опорі (рис. 2.21,б).

Магазин на валу посаджений ексцентрично з величиною ексцентриситету e . При його обертанні наявність ексцентриситету викликає появу відцентрової сили P , яка пропорційна прогину вала x , і може бути представлена в такій формі

$$P = kx. \quad (2.7)$$

Значення k може бути визначено, якщо відомі розміри вала та умови кріплення його в опорах. Якщо вал має постійний поперечний перетин, а магазин розташований посередині між двома опорами (рис.2.21,а), то маємо

$$k = \frac{48EI}{l^3}, \quad (2.8)$$

де E – модуль пружності;

I – момент інерції вал 1;
 l – відстань між опорами вала.

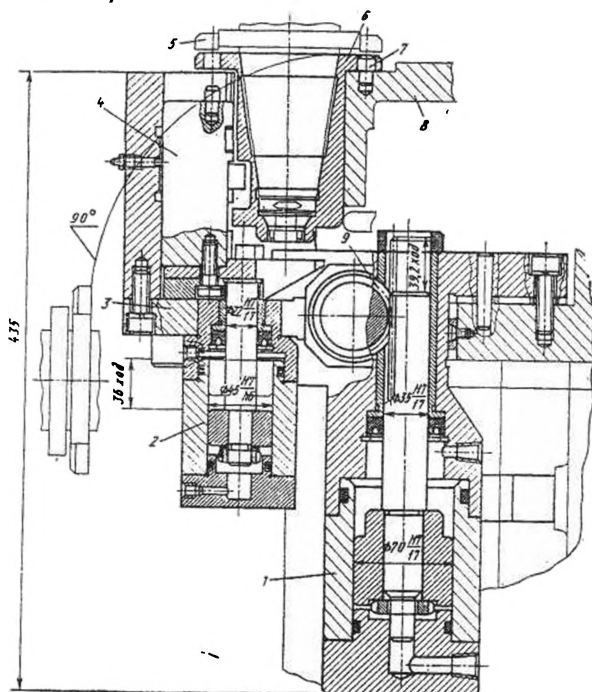


Рисунок 2.20 - Кантувач МАЗІ для дискового магазину:

1, 2 – гідроциліндри; 3 – і ронштейн; 4 – повзун; 5 – оправка; 6 – втулка; 7 – штифт; 8 – корпус; 9 – шестерня

Величина переміщення магазина x може бути визначена з умов рівноваги системи

$$\frac{Q}{q}(x+e)v^2 = kx, \quad (2.9)$$

де $\frac{Q}{q}$ - маса магазина з інструментом,

 ω КУТОВА ШВИДКІСТЬ МАГАЗИНА;

e — величина ексцентриситету вала магазина.

З рівняння (2.9) можливо знайти величину переміщення осі обертання магазину відповідно початкового положення.

Вираз $kq/Q = P^2$ є частотою власних коливань магазину. Коли вона наближається до критичного значення кутової швидкості його обертання, тобто при $P = \omega * k$, маємо

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{kq}{Q}}. \quad (2.10)$$

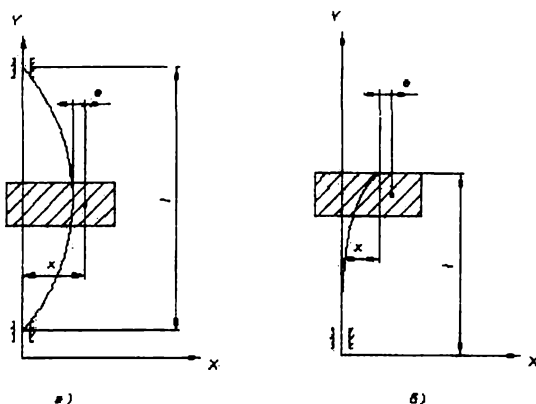


Рисунок 2.21 - Схема коливань вала інструментальних магазинів, що розташовані вертикально:

а - вал опертий на дві опори; б - вал опертий на одну опору

Коли вал магазина закріплений одним кінцем в підшипнику (рис.2.21,б), значення множника k визначається залежністю

$$k = \frac{3EI}{l^3}. \quad (2.11)$$

При кутовій швидкості $\omega_{кр}$ знаменник виразу стає рівним нулю і виникають великі поперечні коливання, при яких x зростає до нескінченності. При кутових швидкостях більших ніж критичні, знову створюються умови спокійного обертання.

2.3.5 Інструментальні магазини барабанного типу

До інструментальних магазинів барабанного (циліндричного) типу відносяться магазини, у яких робочою поверхнею є твірна циліндра. Ось інструментів, що розташовані на них, може бути як паралельною, так і перпендикулярною до осі магазина. Ось магазина може бути розташована відносно осі шпинделя паралельною або перпендикулярною. Магазини можуть бути одноярусними і багатоярусними. Загальний вигляд типових багатоярусних магазинів, що випускає фірма Sandvik, показаний на рис.2.22 а,б,в.

Багатоярусні магазини барабанного типу використовуються для компонування МАЗІ токарних верстатів з револьверними головками. В магазині можуть накопичуватись інструментальні блоки, різцеві головки, або різальні пластини. Фірма Sandvik розробила спосіб закріплення різальних пластин, який дозволяє робити їх автоматичну заміну.

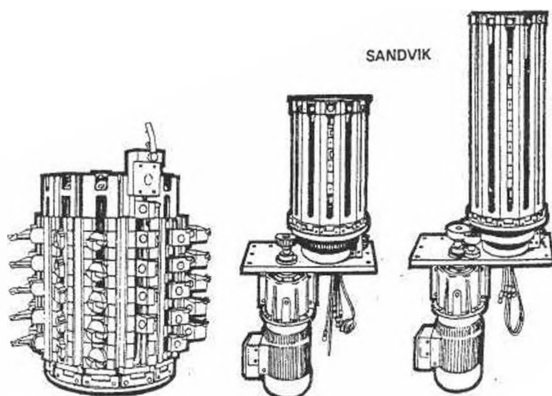


Рис. 2.22 - Інструментальні магазини барабанного типу:
а - барабан з інструментом; б, в - типові конструкції магазинів

Гнізда барабана дозволяють розміщувати інструментальні блоки, яких в магазині може бути від 60 до 240 одиниць. Така місткість магазину дозволяє вести обробку заготовок на форсованих режимах, але при цьому зменшується стійкість інструмента, а, відповідно, збільшуються витрати на його придбання. Магазини барабанного типу мають значно більшу місткість, ніж дискові.

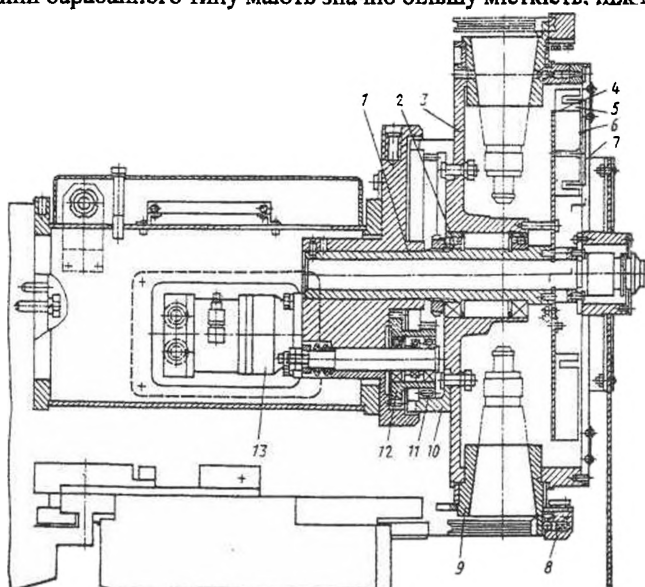


Рисунок 2.23 – Інструментальний магазин барабанного типу:
1 – ось; 2 – кулькові підшипники; 3 – корпус; 4 – плита; 5,6 – вимикачі; 7 – провід; 8 – фіксатор; 9 – втулка; 10 – зубчатий вінець; 11, 12 – зубчаті колеса; 13 – гідромотор

Магазини, які призначені для накопичення інструментальних блоків, виконуються у вигляді багатогранного барабана, який монтується на базовій плиті. Електродвигун постійного струму через зубчасту пару або пасову передачу може повертати барабан до відповідного положення.

Барабанні магазини розташовують поруч з верстатами або безпосередньо на верстатах біля револьверних головок або супортів. Автоматична система дозволяє в необхідний момент проводити заміну інструментів чи блоків.

На рис.2.23 показана конструкція магазина барабанного типу багатоцільового верстата ГФ2117. Корпус 3 магазина установлений на кулькових підшипниках 2 осі 1. На цій же осі змонтована плита 4 з безконтактними кінцевими вимикачами 5 і 6, які при проході через них проводів 7, що закріплені на обертальному корпусі магазина, подають команду від системи ЧПУ на зупинку обертання магазина в потрібній позиції. Поворот інструментального магазина здійснюється гідродвигуном 13 через зубчасті колеса 10, 11, які мають внутрішнє зачеплення.

В багатоярусних магазинах інструменти можуть розташовуватись паралельно осі барабана (дивись рис.2.6,а) або перпендикулярно їй.

2.3.6 Інструментальні магазини ланцюгового типу

Магазини ланцюгового типу відносяться до багатомісних. Ланцюговим магазинам можливо надавати різну конфігурацію, що робить їх компактними і місткими. Місткість ланцюгових механізмів може бути від 40-60 до 100-160 інструментів. Найбільш доцільно використовувати ланцюгові магазини для великих корпусних деталей, що мають значну кількість поверхонь, які підлягають обробці.

Інструментальні магазини ланцюгового типу з гніздами для інструментів можуть бути розташовані вертикально (рис.2.24,а), горизонтально (рис.2.24,б) та похило (рис.2.24,в).

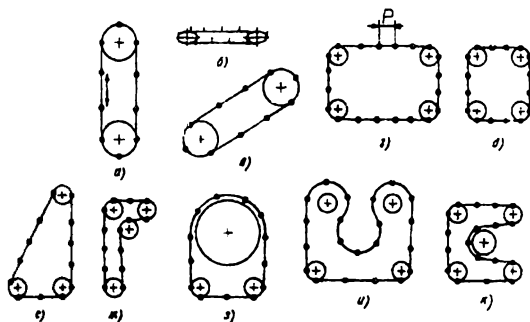


Рисунок 2.24 - Варіанти форм ланцюгових магазинів:

а - вертикальна; б - горизонтальна; в - похила; г,д - прямокутна; е - трикутна;
ж - г-подібна; з,и,к - складна

Можливість придання ланцюгу довільної конфігурації дозволяє забезпечити оптимальне розташування магазина: зони завантаження магазина – в місці, зручному для оператора або для роботи завантажувача інструмента в магазин; зони перевантажування інструмента з магазина в шпindel – в безпосередній близькості від шпинделя.

Ланцюгові магазини з числом інструментів до 60 можуть бути установлені на колоні верстата, але при більшій кількості інструментів, внаслідок збільшення маси магазина, їх встановлюють на окремій стійці-фермі. Це потребує або допоміжних переміщень колони для зміни інструмента і збільшує час його заміни, або потребує допоміжних пристроїв.

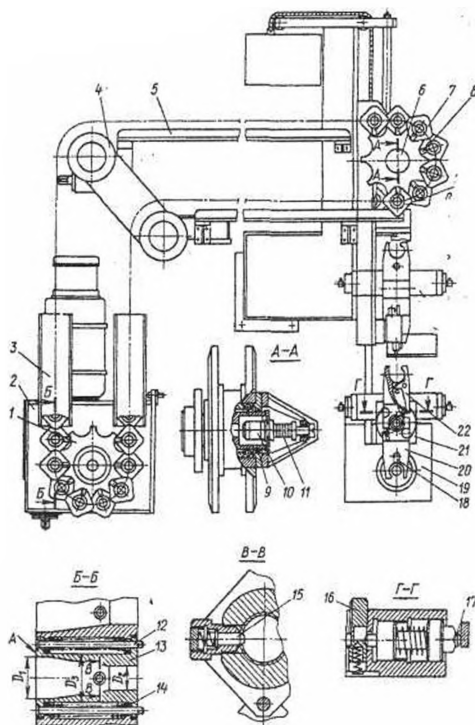


Рисунок 2.25 МА3І з ланцюговою конструкцією магазина

Інструментальний ланцюговий магазин рис.2.25 складається з ланцюга 7, ведучої зірки 1, роликів 4, що підтримують ланцюг, черв'якового редуктора-рушія, датчика положення ланцюга 6. Ланцюг магазина має вигляд набору чарунк-втулок 13, в яких установлюються інструментальні оправки. Базування інструментальних оправок здійснюється по торцю А та виточкам діаметрами Д1, Д2. Кутове положення оправки в чарунці-втулці визначається шпонкою 8. Зачеплення ведучої зірки з чарункою-втулкою відбувається по її зовнішній по-

верхні (діаметром ДЗ). Чарунки одна з одною з'єднані за допомоги осей 12, які установлені на голчатих підшипниках 14. Підпружинені защіпки 15 запобігають осьовому зміщенню оправки. Ролик 4 змонтований на ексцентриковій втулці, поворотом якої здійснюється натягування ланцюга. Горизонтальні ділянки ланцюга при його русі ковзають по сталевим планкам 5, на яких приклеєні фторопластові пластини.

При вертикальному розташуванні інструмента в магазині, ось якого не паралельна осі шпинделя верстата, в МАЗі крім магазина і автооператора потрібен кантувач. Конструкція ланцюгового інструментального магазина з кантувачем показана на рис.2.26. Ланцюг приводиться до руху від гідродвигуна через черв'якову передачу 4. На черв'яковому колесі цієї передачі сидить ведуча зірка. Аналогічна зірка 5 є в передній частині ланцюгового механізму, де відбувається кантування інструмента. В чарунки закріплений стержень з кульковим наконечником 7, який входить в паз зірки. За допомогою цих стержнів ланцюг приводиться до руху від ведучої зірки.

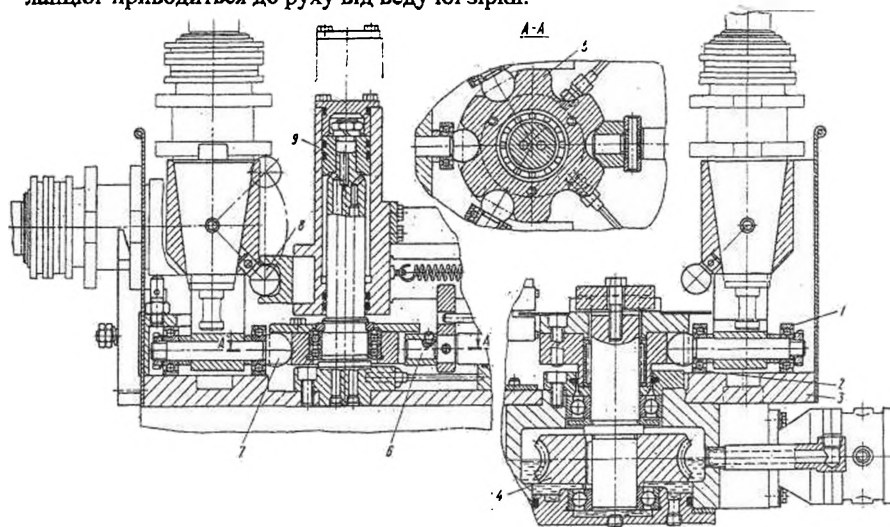


Рисунок 2.26 - Ланцюговий інструментальний магазин з кантувачем

Фіксація зірки при зупиненні ланцюга в момент кантування і зміни інструмента відбувається за допомогою фіксатора 6. Для кантування втулки 3 з інструментом використовуються стержні 8 з кульковими наконечниками. Поворот втулки 3 відбувається за допомогою гідроциліндра. Поворот автооператора відбувається за допомогою двох гідроциліндрів і рейкових передач. Поступальний рух автооператора відбувається від гідрорушії.

Ланцюгові інструментальні магазини для верстатів токарного типу відрізняються від магазинів для верстатів свердильно-розточувальної групи, що пов'язане зі способом кріплення інструмента як на верстаті, так і в магазині.

Інструментальний магазин ланцюгового типу для токарного МВ показаний на рис.2.27. Магазин місткістю на 16 блоків є складовою частиною МАЗІ верстата ТМС-200. Ланцюг отримує рух від електродвигуна через черв'якову передачу і дві зірки $Z=6$. Кожна чарунка ланцюга має ролики 5, які рухаються в пазах корпуса. Інструментальний блок 1 установлюється автооператором так, щоб Т-подібний паз блока надівався на Т-подібний виступ пристрою на чарунці магазину. Потім під дією пружини палець 2 фіксує блок, на якому є відповідні заглибини для пальця. Звільнення від фіксуючого пальця здійснюється з допомогою гідроциліндра 4.

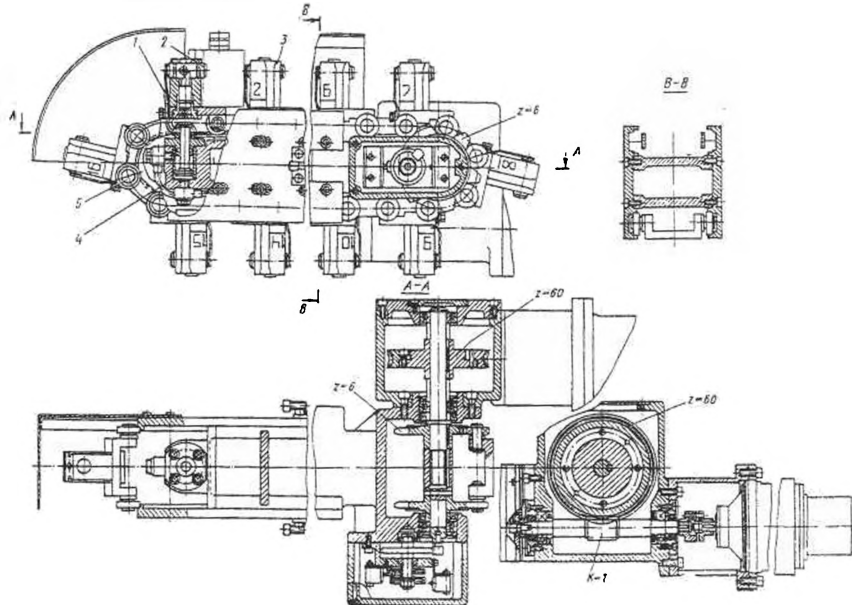


Рисунок 2.27- Ланцюговий магазин БВ ТМС-200

2.3.7 Визначення основних параметрів ланцюгового магазину

Визначення основних параметрів ланцюгового інструментального магазину побудовано на основних принципах роботи ланцюгових конвеєрів [16].

Основним параметром ланцюгового магазину є довжина ланцюга, що визначається кількістю інструментів, які потрібно розмістити. Кількість інструментів та їх розміри визначаються на стадії розробки технології обробки деталей на технологічному обладнанні, для якого розробляється інструментальний магазин.

Довжина ланцюга, яка необхідна для розміщення на ньому потрібної кількості інструментів n , визначається

$$L = \sum_{i=1}^n (a_i + \delta), \quad (2.12)$$

де d_i - діаметр i -го інструмента;

δ - зазор між двома сусідніми інструментами, необхідний для маніпулювання захвата.

Для зменшення похибок позиціювання інструмента, який підлягає заміні, ланцюгові необхідно забезпечити відповідний натяг. Інструментальні магазини з складною формою на кожній ділянці мають різну величину натягування ланцюга. Величина найменшого натягу ланцюга повинна бути не менш ніж $S_{\min}=1,3 \text{ кН}$ [16]. Принцип визначення натягу ланцюга на різних ділянках розглянемо на схемі (рис.2.28).

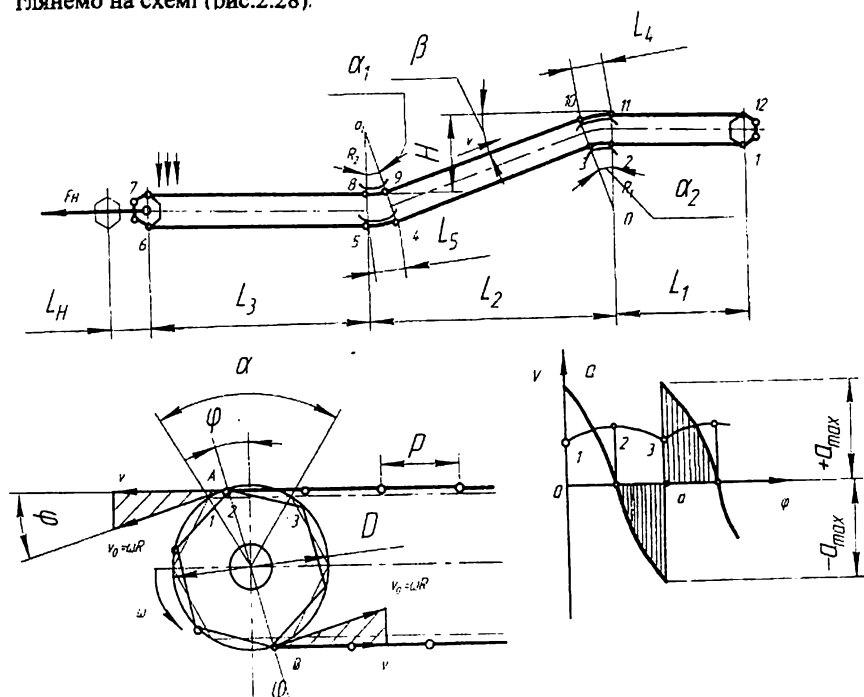


Рисунок 2.28 - Розрахункова схема параметрів ланцюгового магазину:
а - при статичному навантаженні; б - при динамічному навантаженні

В точці 1 $S_1 = S_{\min}$

В т.2 натяг ланцюга

$$S_2 = S_1 \pm W_2, \quad (2.13)$$

де $W_2 = q * L_1 * f$ - натяг ланцюга на ділянці 1-2;

L_1 - довжина ланцюга на ділянці 1-2;

f - коефіцієнт опору, $f = 0,06 - 0,13$ для ланцюгів на котках з підшипниками ковзання; $f = 0,02 - 0,045$ для ланцюгів на котках з підшипниками ка-

чання;

q_i - погонне навантаження від інструментів і ланцюга, кН/м;

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n m_i + \lambda * m}{L},$$

m_i – маса i -го інструмента;

m – маса ланцюга;

λ - коефіцієнт, що враховує вплив маси ланцюга без інструментів на його коливання ($\lambda = 2$ при $L \leq 25\text{м}$; $\lambda = 1,5$ при $L \geq 25\text{м}$)

На ділянці 2 – 3 ланцюг рухається по радіусу R , що викликає допоміжний опір, тоді натяг в точці 3 визначається

$$S_3 = S_2 * e^{\alpha_1} = (S_1 + q * L_1 * f) e^{\alpha_1}, \quad (2.14)$$

де α_1 - кут, що охоплює ділянку ланцюга 2-3 в рад.

Натяг ланцюга в т. 4 визначиться

$$S_4 = S_3 + W_4 = (S_1 + q * L_1 * f) e^{\alpha_1} + q * L_2 * f + q * H, \quad (2.15)$$

де H – різниця висот розташування рівнів ланцюга.

Тоді відповідно в точці 5

$$S_5 = S_4 + W_5 = [(S_1 + q * L_1 * f) e^{\alpha_1} + q * L_2 * f + q * H] e^{\alpha_1}, \quad (2.16)$$

де α_2 - кут, що охоплює ділянку ланцюга в т. 4 – 5.

На ділянці 4 – 5 направляючі перешкоджають підняттю ланцюга в гору.

В точці 6

$$S_6 = S_5 + W_6 = [(S_1 + q * L_1 * f) e^{\alpha_1} + q * L_2 * f + q * H] e^{\alpha_1} + q * L_3 * f. \quad (2.17)$$

Відповідно в точці 7

$$S_7 = k * S_6 \quad (2.18)$$

де $k = 1,05 - 1,1$ – коефіцієнт опору руху ланцюга на зірках.

На ділянці 7 – 8 натяг визначиться

$$S_8 = S_7 + q * L_3 * f. \quad (2.19)$$

Тоді натяг в точці 9

$$S_9 = S_8 * e^{\alpha_1}. \quad (2.20)$$

Натяг ланцюга в інших характерних точках

$$S_{10} = S_9 + q * L_{9-10} * \cos \beta * f + q * L_{9-10} * \sin \beta,$$

де $-L_{9-10} \sin \beta = H$;

$$S_{11} = S_{10} * e^{\alpha_1}; \quad (2.21)$$

$$S_{I2} = S_{I1} + q * L_I * f. \quad (2.22)$$

Робота ланцюгових магазинів характеризується пульсівними рухами ланцюга навіть при постійній швидкості обертання рушійної зірки. Крім того, при пусканні в ланцюгові також виникають динамічні навантаження.

Динамічні зусилля в ланцюгу при пусканні:

$$S_{\text{дн}} = m_n \frac{D}{2} \frac{\varepsilon}{u_p}, \quad (2.23)$$

де ε - кутове прискорення рушія;

D - діаметр зірки;

u_p - передатне число редуктора;

m_n - маса рухомих елементів магазину.

Кутове прискорення рушія

$$\varepsilon = \frac{M_{n.c.p.} - M_c}{I_{np}}, \quad (2.24)$$

де $M_{n.c.p.}$ - середній пусковий момент двигуна;

M_c - статичний момент, який приведений до двигуна;

I_{np} - приведений до двигуна момент інерції всіх рухомих мас магазину.

Час пускання ланцюга магазину

$$t_n \frac{\omega}{\varepsilon}, \quad (2.25)$$

Причиною виникнення пульсівних рухів магазину при постійній швидкості обертання рушійної зірки пов'язані із зміною миттєвого радіуса набігання ланцюга на рушійну зірку від R до $R * \cos \alpha / 2$ (рис. 2.28).

При постійній швидкості обертання зірки швидкість зуба на початковому колі $v_o = \text{const}$, а швидкість ланцюга буде змінюватись по закону

$$v = v_o * \cos \varphi = \omega R \cos \varphi, \quad (2.26)$$

де $\varphi = \omega t$ - кутове переміщення шарніра ланцюга;

ω - кутова швидкість;

R - радіус зірки на початковому колі;

t - час.

Прискорення ланцюга

$$a = \frac{d}{dt} \omega R \cos \varphi = -\omega R \sin \varphi \frac{d\varphi}{dt}, \quad (2.27)$$

$$\text{так як } \frac{d\varphi}{dt} = \omega, \quad \text{то } a = -\omega^2 R \sin \varphi. \quad (2.28)$$

Прискорення змінюється по синусоїдному закону. Максимальна його величина буде при $\varphi = 0 - \alpha$ з точках 1 і 3, нульове при $\varphi = \alpha / 2$ в точці 2, тоді

$$a_{\max} - \pm \omega^2 R \sin \frac{\alpha}{2}, \quad (2.29)$$

$$\text{так як } \sin \frac{\alpha}{2} = \frac{P}{2R}, \quad \text{то } a_{\max} = \pm \omega^2 \frac{P}{2}.$$

Прискорення змінюється від $-a_{\max}$ до $+a_{\max}$ в час, коли зубець контактує з наступним шарніром ланцюга.

Кутова швидкість зірки буде

$$\omega = \frac{2\pi p}{60} = \frac{2\pi v}{z_0 p}, \quad (2.30)$$

де z_0 – кількість зубців зірки;

p – крок ланцюга.

Підставив в формулу (2.29) значення ω отримаємо

$$a_{\max} = \pm \frac{2\pi^2 v^2}{z_0^2 p} = \frac{2\pi^2 v^2}{z_0 (z_0 p)}. \quad (2.31)$$

Із формули (2.31) видно, що прискорення, а, відповідно, і динамічні навантаження в ланцюгу, пропорційні квадрату швидкості обертання і числу зубців та діаметру зірки. Так як сила до ланцюга прикладається миттєво, то виникає удар, тоді динамічне навантаження в ланцюгу буде рівне $4ma_{\max}$. Якщо врахувати інерційну силу, що направлена в сторону руху в ту мить, коли ланцюг рухається сповільнено ($-a_{\max}$), тоді розрахункове динамічне навантаження на ланцюг складе

$$S_y = 4m_{np} a_{\max} - m_{np} a_{\max} = 3m_{np} a_{\max}. \quad (2.32)$$

Приведена маса для ланцюгового магазину

$$m_{np} = (m_s + \lambda m_i) L, \quad (2.33)$$

де m_i і m_s – погонні маси інструментів в рухомих частин ланцюга;

L – довжина ланцюга;

λ – коефіцієнт, що враховує вплив маси ланцюга без інструментів на його коливання ($\lambda = 2$ при $L \leq 25\text{м}$; $\lambda = 1,5$ при $L \geq 25\text{м}$).

Підставив в формулу (2.32) значення $a_{\max}$ отримаємо вираз для динамічних навантажень (сили)

$$S_d = \frac{6(\pi v / z_0)^2 L m_{np}}{p}. \quad (2.34)$$

Динамічні навантаження поширюються вздовж ланцюга з швидкістю звуку

$$V = \frac{\sqrt{E_y}}{\rho_y}, \quad (2.35)$$

де E_y – модуль повздовжньої пружності;

$\rho_y = \frac{m_y}{A_y}$ - щільність матеріалу ланцюга;

A_y - середня площа перетину ланцюга;

m_y - маса 1м ланцюга.

Підставив значення ρ_y в формулу (2.35), отримаємо

$$V = \sqrt{\frac{c_0}{m_y}}, \quad (2.36)$$

де $c_0 = E_y A_y$ - поперечна жорсткість ланцюга.

Для того, щоб запобігти резонансних режимів швидкості ланцюга, його швидкість не повинна бути близькою до величини

$$V = k_1 p L \sqrt{\frac{A}{g}}, \quad (2.37)$$

де $k_1 = 3000 - 4000$ - коефіцієнт;

$\frac{p}{L}$ - відношення шагу ланцюга до його довжини;

A - площа перетину пластини ланцюга.

Повне розрахункове зусилля в ланцюгу магазина буде

$$S_{роз} = S_c + S_d,$$

де S_c - зусилля при статичному навантаженні.

Тягове зусилля на рупійних зірках

$$T = S_{I2} - S_I + (k - 1)(S_I + S_{I2}). \quad (2.38)$$

Потужність рушія визначиться формулою

$$N = k_2 \frac{Fv}{10^3 \eta}, \quad (2.39)$$

де $k_2 = 1,15 - 1,20$ - коефіцієнт запасу;

η - коефіцієнт корисної дії рушія.

Руйнуюче навантаження на один ланцюг

$$S_p = \frac{S_{max} n_y}{k_n}, \quad (2.40)$$

де k_n - коефіцієнт нерівномірності навантаження, для одноланцюгового магазина $k_n = 1$, для дволанцюгового $k_n = 1,8$;

$n_y = 6-7$ - запас міцності ланцюга.

Магазин інструментів ланцюгового типу має, в більшості, горизонтальну ось обертання і горизонтальне розташування осі інструментів. Рушій для обертання магазина має вигляд реверсивного двоступінчатого редуктора. Ланцюг магазина приводиться до руху від гідравлічного або електричного двигуна. Ін-

струментальні гнізда магазина бувають двох типів, в залежності від способу кодування гнізда чи інструменту. При кодуванні гнізда, коли використовується датчик, який складається з чотирьох індуктивних кінцевих перемикачів, пошук інструмента відбувається найкоротшим шляхом. При кодуванні інструмента його установка здійснюється в вільне гніздо, і відбувається перекодування інструмента.

Існують нормалізовані модифікації ланцюгових інструментальних магазинів (табл. 2.1), що розроблені ЕНДІМВ [35].

Таблиця 2.1

Модифікації ланцюгових магазинів

Конус	t	P	d_{imax}	D_{imax}	L	m , кг
	мм					
№ 40	38,1	76	75	225	400	15
	44,45	88	85	250	400	15
	38,1	114	110	250	400	15
	44,45	133	130	250	400	15
	38,1	152	150	250	400	15
№ 50	50,8	101	100	300	500	30
	44,45	133	130	300	500	30
	50,8	152	150	300	500	30
	44,45	177	170	300	500	30
	50,8	203	200	300	500	30

Показники: P – шаг гнізда магазина; d_{imax} – максимальний діаметр інструмента, що розміщується в магазині, коли сусідні гнізда заповнені; D_{imax} – максимальний діаметр інструмента, що розміщується в магазині при пустих сусідніх місцях; L – загальна довжина інструмента з оправкою та хвостовиком; m – маса інструмента.

Використання нормалізованих інструментальних магазинів не завжди задовольняє проектувальника, так як їх місткість не завжди відповідає критерію оптимальної вартості верстата. В таких випадках удаються до корегування технологічного процесу обробки деталей з метою зменшення кількості інструментів, необхідних для його реалізації.

2.3.8 Лінійні накопичувачі

Лінійні накопичувачі бувають різних видів: маломісткими і багатомісткими. Схема гнучкого виробничого модуля фірми Hüleer Hille, який оснащений лінійним накопичувачем 1 інструментальних касет 2, що розташовані на окремих стелажах, показана на рис.2.30. Стелажі пов'язані з ГВМ через транспортний автооператор, який захоплює потрібний інструмент і переміщує його на позицію очікування 5, де інструмент повертається на 90° із вертикального положення в горизонтальне. Двохзахватний автооператор 6 на позиції очікування замінює інструмент, що відпрацював, на новий інструмент і відправляє його в шпиндель верстата. Транспортний автооператор відправляє інструмент, що від-

працював, в магазин. Заміна касет з інструментами, які відпрацювали, відбувається за допомогою роботизованого візка 3 (робочара).

Підставка з касетою 2, в якій знаходяться інструменти, що відпрацювали, дістається з магазину і установлюється на візок 3, який відвозить її на склад, а замість неї привозить нову. Перевагою лінійних накопичувачів є простота їх конструкції, можливість оперативної заміни зношених інструментів або заміни інструментів при переході на запуск нової продукції.

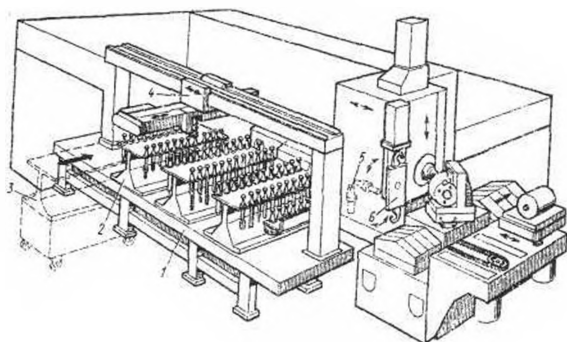


Рисунок 2.30 - Схема заміни інструментів за допомогою лінійних накопичувачів:

- 1 - магазин касет; 2 - інструментальні касети; 3 - роботизований візок;
4 - транспортний автооператор; 5 - позиція очікування; 6 - двохзахватний автооператор

Недоліком лінійних накопичувачів є громіздкість конструкції всієї системи інструментального забезпечення. Монтування їх на одному фундаменті з БВ є недоцільним, так як це веде до коливань всієї ТС при пошуку інструмента автооператором. Тому такі магазини доцільно розміщувати на окремих фундаментах.

Прості форми лінійних накопичувачів у вигляді супортів представлені на рис.2.31. Вони можуть мати форму чотирикутника (рис.2.31,а) або лінійну (рис.2.31,б). Інструменти на спеціальних оправках (рис.2.31,в) кріпляться до супортів. Сьогодні лінійними супортами оснащуються різні типи токарних автоматів. На чотирикутних супортах може кріпитись до 8 інструментів, тому їх можливо розглядати як комбіновану конструкцію, що об'єднує в собі чотирикутний поворотний та лінійні супорти. Заміна робочої позиції відбувається автоматично, а заміна інструмента вручну.

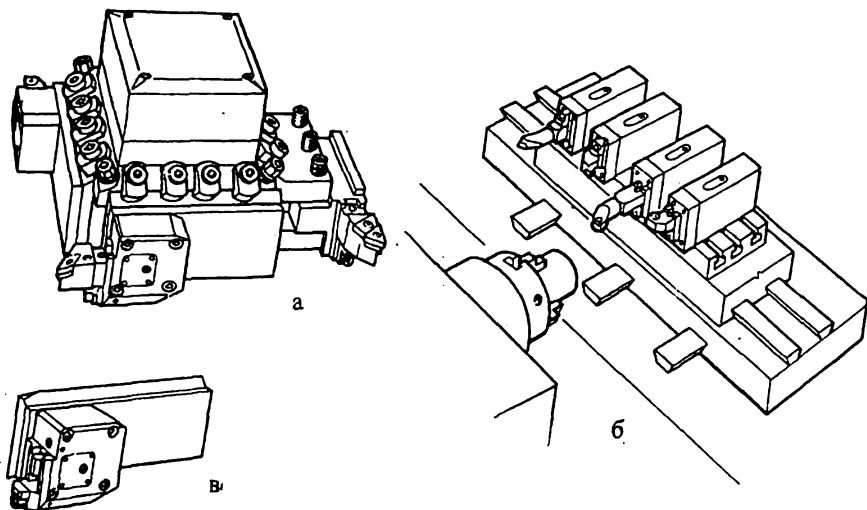


Рисунок 2.31 - Типи лінійних супортів:
 а - поворотний чотирикутний; б - чотирьохпозиційний з лінійним розміщенням інструментів; в - оправка для кріплення різальних інструментів

2.4 Автооператори для заміни інструментів

2.4.1 Загальна характеристика автооператорів

Інструментальні автооператори призначені для заміни інструмента в шпинделі верстата та його транспортування в зону перевантаження. Автооператори, що призначені безпосередньо для заміни інструментів, є стаціонарними, в той час як автооператори для переміщення інструменту в зону перевантаження, можуть бути як стаціонарними, так і переміщуватись разом з інструментом по порталі або спеціальних спрямівницях.

Автооператори, що виконують завантажувальні функції, відносять до основних, а автооператори, що виконують транспорту і перевантажувальні функції, до допоміжних.

Стаціонарні автооператори можуть бути з одним, двома або багатьма захватами. Якщо відстань між шпинделем верстата і магазином не перевищує 250-300 мм, а осі шпинделя і інструмента в магазині паралельні, то можливо використовувати автооператори з одним захватом. При відстані між інструментом в магазині і шпинделем верстата більшій ніж 250-300 мм використовуються автооператори з двома захватами. Автооператори з багатьма захватами використовуються в тих випадках, коли потрібна часта зміна невеликої кількості інструментів, наприклад, свердел, зенкерів, зенковок та розверток при послідовній їх роботі.

Допоміжні автооператори можуть бути оснащені одним або двома захватами; що визначається прийнятим способом заміни інструментів. Але найбільш

ше розповсюдження отримали двохзахватні автооператори, так як вони забезпечують мінімальні витрати часу на заміну інструмента.

За допомогою автооператорів інструментальний блок захоплюється і витягується із гнізда магазину, переміщується до шпинделя, де вставляється в отвір. При таких переміщеннях виникає нерівномірність руху, зупинки, переходи від обертального до пос упального руху і навпаки. При цьому можуть створюватись інерційні поштовхи, удари, дія яких стає небезпечною, особливо при виникненні зазорів, що утворюються при зношуванні.

В таких умовах автооператори повинні забезпечити надійне закріплення інструмента, легке звільнення його, точність кінцевих переміщень інструмента із магазину в шпіндель та безударну установку інструмента. В зв'язку з цим для БВ з обмеженими можливостями по кількості інструментів, точності і іншим характеристикам для зменшення вартості верстата використовують МАЗІ без автооператорів. При великій кількості інструментів і підвищених вимогах до БВ по його продуктивності, точності, зручності обслуговування, видаленню стружки доцільно виносити магазин на бокову або верхню поверхню верстата, а іноді і віддаляти його від робочої зони. Це досягається розташуванням магазину на окремій стійці.

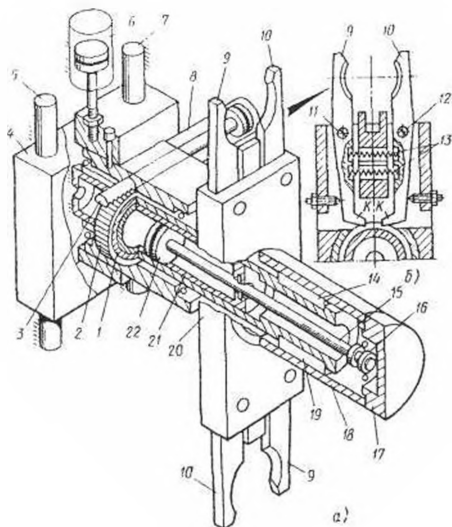


Рисунок 2.32 - Автооператор

Будова автооператора показана на рис.2.32. Захвати автооператора виконані у вигляді важелів 9 і 10, між якими розташовані пружини 13, які прагнуть повернути важелі відносно осей 11 і 12. Захвати знаходяться в корпусі 20, який з'єднаний з гільзою 18. В кришці 17 гільзи закріплені кульовий підшипник 16 посаджений на кінцевий шток 15 гідроциліндра 21. При переміщенні поршня

22 з штоком рухається і гільза 18 з захватами. Цей рух використовують для витягування інструментальних блоків із гнізда магазина або посадочного конуса шпинделя. Після цього потрібно поміняти інструменти місцями, для чого руку захвата повертають на 180° . Гідроциліндр 8 поворотного пристрою має шток, що з'єднаний з рейкою 3, яка знаходиться в зачепленні з зубчатим вінцем, який закріплений на стакані 1. Правий кінець стакана зчеплений з гільзою 18 двома довгими шпонками 14 і 19. Тому гільза, а разом з нею і корпус захвата, повертаються одночасно з стаканом 1. Довгі шпонкові пази дозволяють гільзі з захватом здійснювати необхідні повздовжні переміщення без втрати зв'язку з стаканом. Для захвата інструмента із магазина корпус автооператора 4 піднімається гідроциліндром 6 по штангам 5 і 7 в крайнє верхнє положення, при якому один із захватів автооператора охоплює своїми важелями фланець інструментальної оправки, що підготовлена шляхом відповідного повороту магазина, для подачі в шпиндель верстата.

При витягуванні оправки із магазина і перенесенні її в шпиндель верстата вона утримується пружинами 13. Для того, щоб в момент повороту корпусу захватів на 180° оправка з важким інструментом не вискочила із захвата під дією відцентрових сил, передбачений запобіжний пристрій. В крайньому правому положенні корпусу захватів внутрішні кінці К важелів захватів (рис.2.32,б) розташовуються по обох сторонах шпонок 14 і 19. Шпонки не дозволяють важелям зблизитися і звільнити оправку.

Автоматична зміна інструментів відбувається в такому порядку:

1. пошук інструмента, що підлягає заміні, поворотом магазина;
2. витягнення інструмента із магазина, для чого автооператор здійснює переміщення вгору, захоплює інструмент за оправку, рухом вперед вздовж осі витягає її із гнізда, опускає в нижнє положення і рухом назад впродовж осі зупиняється в положенні підготовки до заміни інструмента;
3. піднімання шпиндельної бабки в позицію заміни інструмента, затискання захватами автооператора оправки з інструментом, що відпрацював, в кінці руху шпиндельної бабки;
4. заміна інструмента в шпинделі рухом автооператора вперед, поворотом його на 180° навколо осі;
5. повертання шпиндельної бабки в робочу позицію;
6. перенесення інструмента, що відпрацював, в вільне гніздо магазина, шляхом переміщення автооператор вперед, вгору і назад вздовж осі;
7. опускання автооператора в нижнє положення для того, щоб його верхній захват не заважав повороту магазина для пошуку наступного інструмента.

Час, що витрачається безпосередньо на заміну інструмента в шпинделі, складає бс, а час на заміну від "стружки до стружки" може складати 16 – 21 с, в залежності від того, на якій відстані знаходиться шпиндельна бабка від позиції заміни після закінчення попереднього робочого переходу.

Принципова кінематична схема роботи автооператора зображена на рис.2.33,а. Двохзахватний оператор здійснює три основні рухи. Рух 1 необхідний для введення його руки в зону заміни інструмента та виведення в зону отслювання. Він здійснюється за допомогою одного або двох гідрорушіїв.

Рух 2 забезпечує зміну положення правої руки на місце лівої і навпаки, тобто здійснює поворот на 90° або 180° . Поворот рук здійснюється за допомогою гідрорушії з'єднаного з зубчатою паркою рейка-шестірня. Кріплення інструмента в захватному пристрої здійснюється за допомогою пружини або іншого рушія (рух 3).

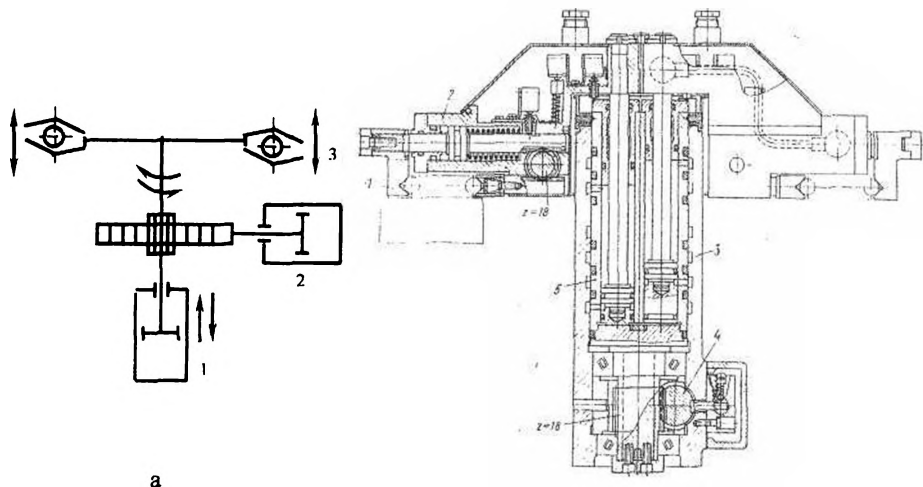


Рисунок 2.33 – Автооператор верстата:
а – схема дії; б – конструкція

Конструкція інструментального двохзахватного автооператора БВ токарного типу ТМЦ- 200 зображено на рис.2.33,б. Захоплення інструмента в магазині відбувається за допомогою лівого захвата 1. В той час правий захват затискає інструмент, що знаходиться в шпинделі МВ. Захватні губки, що мають форму призми, приводяться в дію від гідроциліндра 2. Призматична форма захватів визначається формою планки інструментального блока, яка використовується для його захвата автооператором. Поворот автооператора здійснюється від штока 4 гідравлічного рушія. Шток 4 знаходиться в зачепленні з шестернею $Z=18$, яка виконана за одне ціле з валом, на якому змонтований автооператор. Вертикальне переміщення правої і лівої частини автооператора відбувається за допомогою гідроциліндрів 3 і 5. Наявність двох гідрорушіїв дозволяє маніпулювати правим і лівим захватами незалежно один від одного. Це забезпечує скорочення часу заміни інструмента до 4-6 с.

Розглянемо роботу механізму автоматичної заміни інструментів на прикладі роботи багатоцільового горизонтально-фрезерного верстата з ЧПУ (рис.2.33). Після отримання команди “заміна інструмента” стіл 1 верстата відводиться по осям X і Z від шпинделя, а шпиндельна бабка 2 підіймається вгору по направляючим стійки в положення заміни. Автооператор 3 повертається із вихідного положення на 90° і захоплює одночасно інструментальні оправки в

шпинделі і кантувачі, потім висувається вздовж осі Z на 150 мм і повертається на 180° . Потім знову зміщується назад та здійснює заміну інструмента в шпинделі і кантувачі. Після затиску інструмента в шпинделі 2 верстата автооператор 3 повертається в вихідне положення, а кантувач повертається на 90° , піднімається догори і здійснює установку інструмента та його фіксацію в гнізді магазину 5 за рахунок опускання інструментальної оправки вздовж її осі на 36 мм.

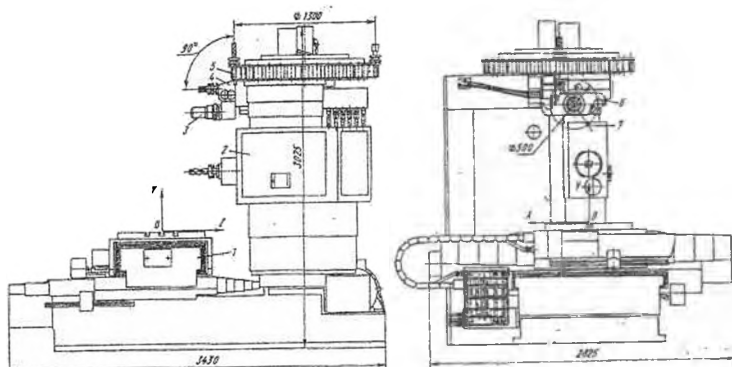


Рисунок 2.34 - Багатоціповий горизонтально-фрезерний верстат з ЧПУ і МАЗІ, розташований на шпиндельній бабці

Шпиндельна коробка 2 і стіл верстата 1 здійснюють установче переміщення по осям X , Y в положення початку обробки шойно установленим інструментом, а інструментальний магазин 5 обертається і здійснює пошук наступного інструмента. Після зупинки магазину в заданій позиції кантувач 4 захоплює інструментальну оправку із гнізда магазину 5, зміщує її вгору на 36 мм, а потім повертає в горизонтальне положення, де чекає початку наступного циклу заміни інструмента. Магазин знову повертається в положення вільного гнізда для наступної установки в нього інструмента, що підлягає заміні.

Принципова гідросхема механізму заміни інструментів зображена на рис.2.34. Поворот автооператора на 90° і 180° здійснюється за допомогою рейки, нарізаної на штоку кожного із циліндрів, і зубчатих коліс. Осьове переміщення руки здійснюється гідроциліндром, одночасно відбувається переключення приводної шестерні механізму повороту.

Якщо задатись трапецієподібним законом руху і обмежити граничну величину швидкості поступального руху інструментів (з урахуванням радіуса дуги, на якій вони розташовані при виконанні обертального руху), можна визначити час t_i , окремих етапів циклу і тривалість часу заміни інструмента t_{cm} . При цьому ураховують час установчих переміщень стола $t_{уст}$ і шпиндельної бабки, суміщений з ним і частково з часом робочого циклу час перевантаження ін-

струмента із кантувача в магазин $t_{пер}$ і час повороту магазину при пошуку наступного інструмента та вільного гнізда $t_{маз}$. Тоді можливо побудувати циклограму роботи верстата (табл.2.2).

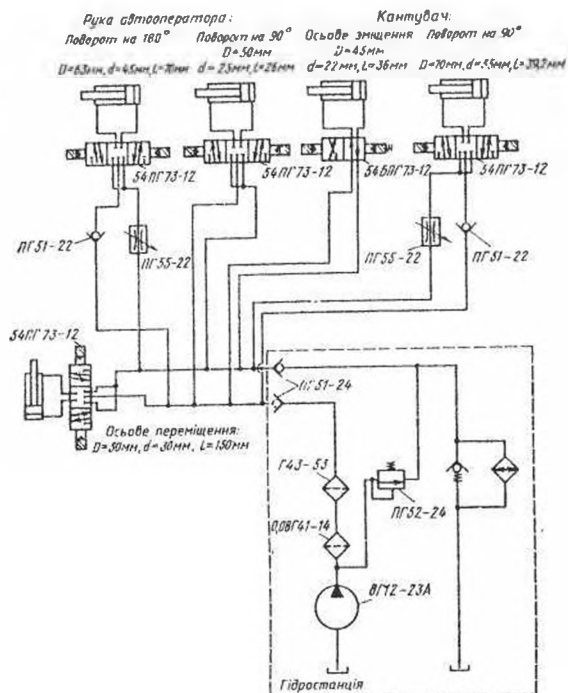


Рисунок 2.35 – Принципова гідросхема МАЗІ

Основними конструктивними елементами автооператора (рис.2.36) є гідравлічні рушії 2 і механізм повороту руки 1 відповідно на кут 180 і 90°, що установлені паралельно один одному в корпусі 6. зубчаті рейки, які нарізані на штоках гідроциліндрів, за допомогою двох зубчатих передач 4 здійснюють обертальний рух шестерні 5, яка посаджена на шліцьовий вал 7, розміщений в корпусі 6 на підшипниках. Двохзахватна рука автооператора обертається разом з валом 7 і може переміщуватись відносно нього в осьовому напрямку під дією гідроциліндра 10, шток якого жорстко з'єднаний з вилкою 8, яка входить в кільцевий паз у фланці руки. При осьовому переміщенні руки вперед разом з нею рухається тяга 9, яка переміщує шестірню 5 і розчіплює її з зубчатым колесом рушії повороту на 90°. При поверненні руки в осьовому напрямку підпружинений плунжер 11 зміщується вперед, затискує пружину і звільнює фіксатор 12 затискного механізму, який здійснює розфіксацію інструментальної оправки.

Кантувач може бути складовою частиною як автооператора, так і магазину, що залежить від компонувань МАЗІ. Особливості конструкції кантувачів зображені на рис.2.20.

Циклограма роботи МАЗІ горизонтально-фрезерного верстата

№	Найменування етапів	Тривалість етапів циклу, t
1	Установче переміщення стола верстата по осях X і Z.	
2	Установче переміщення шпиндельної коробки по осі Y	
3	Поворот руки автооператора на 90° із вихідного положення	
4	Поворот руки автооператора у вихідне положення	
5	Висунення руки автооператора вздовж осі Z на 150 мм.	
6	Повернення руки автооператора в початкове положення	
7	Поворот руки автооператора на 180° із вихідного положення	
8	Поворот кантувача в вертикальне положення	
9	Поворот кантувача в горизонтальне положення	
10	Виведення інструментальної оправки із гнізда магазина при її осьовому переміщенні на 36 мм	
11	Установка інструментальної оправки в гніздо магазина	
12	Поворот і позиціювання інструментального магазина	
13	Зажим інструмента в шпинделі	
14	Розжим інструмента в шпинделі	
15	Установлююче переміщення шпиндельної коробки по осям	
16	Установлююче переміщення столу БВ по осям	

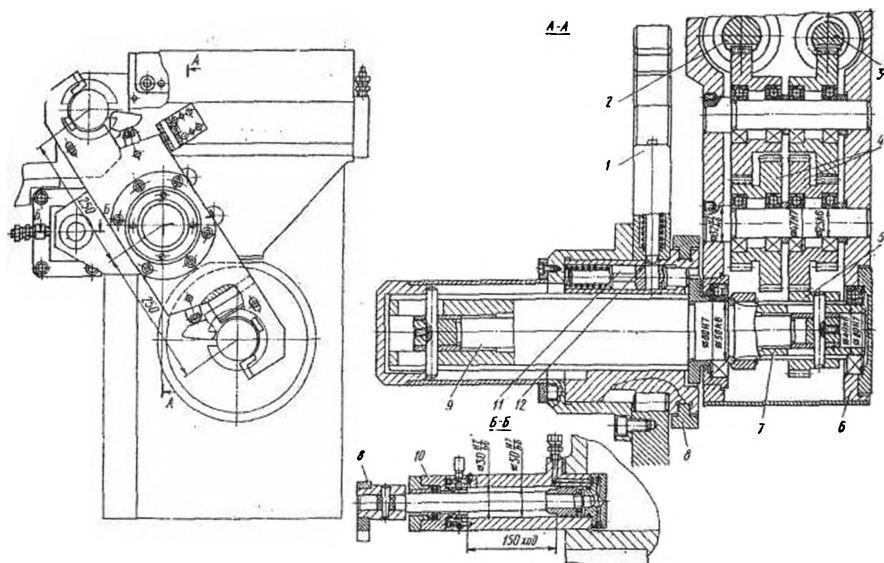


Рисунок 2.36 - Конструкції основних вузлів автооператора:

1- рука автооператора; 2- гідроциліндри; 3-механізми повороту руки; 4- зубчата передача; 5- шестірня; 6- корпус; 7 – вал; 8- вилка; 9 – тяга; 10- гідроциліндр; 11-плунжер; 12- фіксатор

2.4.2 Захватні пристрої автооператорів

Одним із важливих елементів інструментального автооператора є захватний пристрій, який утримує інструмент за рахунок сили затиску. Найбільше розповсюдження для верстатів свердлильно-розточувальної групи отримали захватні пристрої з радіальним затиском інструментальної оправки за її циліндричну поверхню. Рідше використовуються захватні пристрої з осьовим затиском за фланець оправки. Закріплення інструментальної оправки в захваті відбувається при стисненні губок за рахунок сил тертя (в затискачах кліщового типу) або за допомогою фіксуючого пристрою (в затискачах типу дужки що охоплює, або в затискачах з губками для осьового затиску).

Захвати кліщового типу або типу охоплюючої скоби з фіксуючим пристроєм (рис.2.37,а,б) використовуються при закріпленні інструментів за допомогою інструментальних оправок на верстатах свердлильно-розточувальної і фрезерної груп.

Захват кліщового типу для захоплення інструмента з силовим закріпленням, показаний на рис.2.37,а, складається із рушії і передавального механізму, який повинен бути з самогальмувальним механізмом для підвищення надійності закріплення. Втулка, на якій установлені на осях серги 2, переміщується вздовж осі захвата разом з штоком гидро- або пневморушії. Протилежні кінці кожної серги шарнірно закріплені на важелях 3, в передній частині яких уста-

новлюються змінні затискні губки 1, які мають профіль трапеції для захоплення інструментальної оправки з V-подібною кільцевою канавкою.

Ось качання 7 кожного з важелів 3 закріплена в корпусі 6. Розтиск інструмента відбувається при русі штока вперед, а затиск – при його відході назад під дією пружини 5.

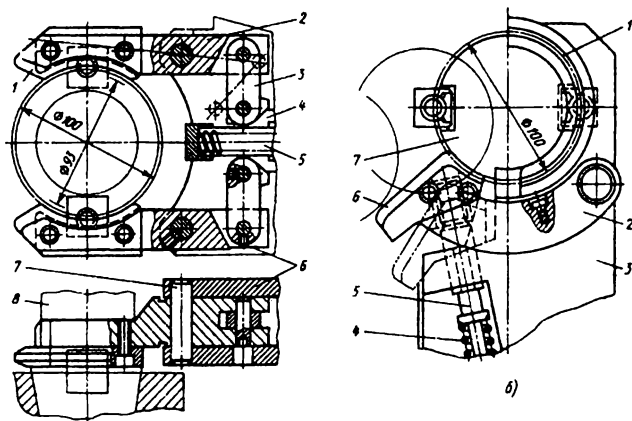


Рисунок 2.37 - Захватні пристрої:

а - клешового типа, 1 – захватні губки; 2 – серга; 3 – важіль; 4 – шток; 5 – пружина; 6 – корпус; 7 – ось; 8 – інструментальна оправка

б - типа охоплюючої скоби з фіксуючим пристроєм, 1 – скоба; 2 – серга; 3 – важіль; 4 – пружина; 5 – стержень; 6 – фіксатор; 7 – інструментальна оправка

Конструкція захватного пристрою типу дужки, що охоплює, з фіксуючим пристроєм показана на рис.2.37,б. Скоба з V-подібним профілем, яка необхідна для захвату інструмента за кільцеву канавку, кріпиться гвинтами на поворотній руці автооператора. Фіксатор 6, що має такий же поперечний профіль, установлений на важелі 3, який може повертатися відносно руки. Фіксатор під дією пружини 4 притискується стержнем 5 до інструментальної оправки при її затиску.

На МВ токарної групи відбувається здебільшого заміна не всього інструмента, а інструментальної вставки. Для цього використовуються спеціальні захвати, конструкція яких залежить від типу і конструкції магазину, положення револьверної головки, а також від конструкції самих інструментальних блоків чи вставок. Одна із конструкцій таких захватів показана на рис. 2.38.

Захват має пальці 6, що відповідають формі канавок на інструментальних блоках. Підпружинені кульки 1 надійно утримують блоки при транспортуванні. Отвори 2 призначені для подачі стисненого повітря з метою обдубання блока від стружки. В корпусі 3 вмонтований блок керування 4, який живиться через провід 5. Захвати можуть мати вигляд двох призм, якими здійснюється захват інструментальних блоків при заміні.

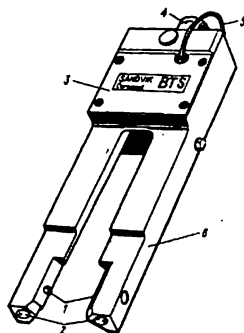


Рисунок 2.38 - Загальний вигляд захвата для заміни інструментальних блоків:

- 1 – підпружинені кульки; 2 – отвори для подачі стисненого повітря; 3 – корпус;
4 – блок керування; 5 – кабель; 6 – пальці захвата

Захвати повинні задовольняти таким вимогам: забезпечувати надійність захвата і утримання інструмента при розгоні і гальмуванні рухомих елементів автооператора; гарантувати точність базування інструмента в захваті; не допускати пошкоджень інструментальної оправки; мати можливість швидкої заміни захватів.

Надійність утримання інструмента, перш за все, визначається співвідношенням між силою рушія P і силою на губках Q , або моментом на захватному пристрої за умовою статичної рівноваги.

Розрахункова схема для визначення сили на рушії захвата автооператора показана на рис.2.39.

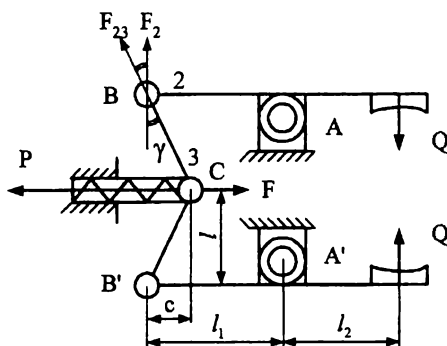


Рисунок 2.39 - Схема до визначення сили на рушії захвата автооператора

В умовах рівноваги сума всіх сил в точці є рівна нулю, тоді маємо

$$P - 2F_2 \cdot \sin \gamma = 0, \quad (2.41)$$

$$\text{звідки } F_{23} = \frac{P}{2 \sin \gamma},$$

$$\text{де } \sin \gamma = c/l$$

Так як сума моментів відносно точки А рівна нулю, то

$$\frac{P \cdot \cos \gamma}{Q \cdot 2 \cdot \sin \gamma} \eta = \frac{l_1}{l_2},$$

звідки сила на рушії захватного пристрою рівна

$$P = 2Q \frac{l_1}{l_2} \operatorname{tg} \gamma, \quad (2.42)$$

де $\eta = 0,95$ – ккд шарнірів.

Сила затиснення, яка потрібна для утримання інструментального блоку в процесі його переміщення, визначиться

$$Q = k_1 k_2 k_3 m g,$$

де m – маса інструментального блоку;

g – коефіцієнт прискорення вільного падіння;

$k_1 = 1,2$ – коефіцієнт безпеки, який залежить від прискорення, з яким працює захват автооператора;

k_2, k_3 – коефіцієнти, $k_2 = 1 + a/g$; $k_3 \approx 3L/l$;

l – ширина фланця інструментальної оправки;

L – відстань від середини фланця інструментальної оправки до її центра ваги.

Коли для зворотного ходу губок використовується рушій у вигляді пружини з силою F , то сила на рушії захватного пристрою дорівнює

$$P_p = P - F \quad (2.43)$$

2.4.3 Визначення основних параметрів автооператорів

Головними показниками маніпуляційних пристроїв є: короткий час робочого циклу, несталість маси і моменту інерції виконавчих органів, великі динамічні навантаження, коливання і удари в механізмах рушіїв під час перехідних процесів (при розгоні, гальмуванні і реверсі). Тому забезпечення високих вимог до швидкодії, точності, довговічності маніпуляційних пристроїв можливо тільки при обґрунтованому виборі параметрів їх рушіїв.

Рушії маніпуляторів – це система, яка складається із органів управління та датчиків положення, швидкості, сил та ін. Як двигун рушіїв маніпуляційних пристроїв використовуються гідро- і пневмоциліндри, гідро- і пневмодвигуни з обертовим або неповнообертальним коливальним рухом ротора, електродвигуни постійного і змінного струму, лінійні двигуни і електромагніти. Передавальними механізмами можуть бути редуктори типу зубчастої рейки, планетарні або хвильові. Як перетворювачі руху використовуються зубчато-рейкові, кривошипні, важільні, кулачкові та інші механізми. Загальний коефіцієнт передачі

механізму з поступальним рухом [31]

$$K_n = \frac{V}{\omega_\delta} = i_p t_m, \quad (2.44)$$

де, V - швидкість виконавчого органа;

ω_δ - кутова швидкість двигуна;

i_p - передатне число;

t_m - шаг механізму перетворення руху.

Перехідні режими виконавчих органів маніпуляторів характеризуються законом зміни швидкості V та руху в часі t , що суттєво впливає на час зміни інструмента, сталість роботи автооператора.

Закони зміни швидкості робочих органів в МАЗІ показані на рис. 2.40.

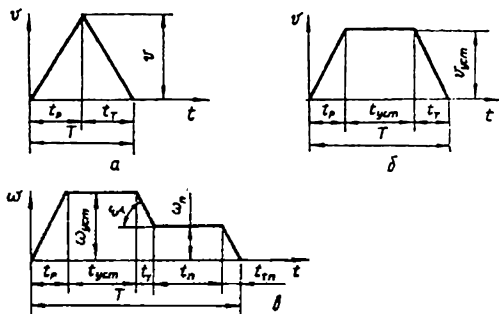


Рисунок 2.40 - Закони зміни швидкості руху робочих органів МАЗІ:
а – трикутний; б – трапецієподібний; в – трапецієподібний з позиціонуванням
(для обертового руху)

З позиції найбільшої швидкості оптимальним є трикутний закон зміни швидкості (рис.2.40,а). Але, великі енергетичні витрати, миттєвий закон зміни прискорення при переході від розгону до гальмування викликають великі динамічні навантаження, що веде до перерозподілу зазорів в механізмах і появи ударів. При цьому перехідний процес здійснюється в два етапи: розгін з максимально можливим прискоренням, а потім гальмування з найбільшим уповільненням a_r до повної зупинки. Прискорення при цьому обмежується максимальним крутним моментом двигуна $M_{\delta max}$, статичним моментом навантаження M_c , сумарним динамічним моментом інерції I_Σ двигуна і механізмів, приведеним до вала двигуна, з урахуванням загального коефіцієнту передачі [31]

$$K_n : M_c' = K_n \cdot F_c, \quad (2.45)$$

де F_c - сила опору руху виконавчого органа;

$$K_n = \frac{V}{\omega_\delta} = t_p * t_m - \text{загальний коефіцієнт передачі механізму з постійним}$$

рухом (при $K_n : M_c' = K_n * F_c$);

t_p, t_m - відповідно число редуктора і крок механізму перетворюючого ру-

ху;

ω_δ - кутова швидкість двигуна;

v - швидкість виконавчого органу;

M_c - статичний момент навантаження.

Недоліком маніпуляційних пристроїв є їх неврівноваженість через перемінні маси виконавчих органів. Унаслідок цього виникає додатковий момент опору, який змінюється в залежності від положення цих органів при русі. На рис.2.41 показана розрахункова схема для визначення моменту неврівноваженості M_n механізму заміни інструмента з горизонтальною віссю обертання

$$M_n = (m_1 - m_2)gr \sin \varphi \quad (2.46)$$

де m_1, m_2 - маси інструментів;

φ - кутове положення руки автооператора;

r - відстань між осями автооператора і інструмента;

g - прискорення сили ваги інструмента.

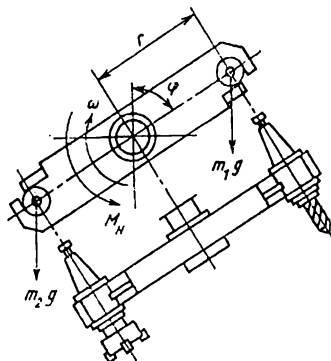


Рисунок 2.41 - Схема визначення моменту неврівноваженості руки автооператора

Напрямок дії моменту M_n може змінитися в залежності від положення руки автооператора. Мінімальний час перехідного процесу визначається по трикутному закону зміни швидкості, рис.2.40,б

$$t_{\min} = \frac{2 \cdot l}{v_{\max}}, \quad (2.47)$$

де l - шлях переміщення виконавчого органу.

Максимальний момент рушійного двигуна $M_{\delta \max}$ і його потужність $N_{\delta \max}$, при умовах оптимальної швидкості і практично постійному статичному моменті навантаження M_c і динамічному моменті інерції I_Σ рушія, визначаються залежностями

$$M_{\delta \max} \geq \frac{4 \cdot I_x \cdot \Delta \varphi_{\delta}}{t^2 (1 - k_n^2)} \quad (2.48)$$

$$N_{\delta \max} = \frac{8 \cdot I_x \cdot \Delta \varphi_{\delta}^2}{t_{\min}^3 (1 - k_n^2)}$$

де m – маса виконавчого органа;

$I_x = I_{\delta} + K_n^2 \cdot m$, – сумарний динамічний момент інерції;

$\Delta \varphi_{\delta}$ – кут повороту вала двигуна;

$k_n = G_c / M_{\delta \max}$ – коефіцієнт навантаження двигуна по моменту.

Миттєва зміна знака прискорення на початку гальмування призводить до появи ударів. Необхідність використання двигуна великої потужності робить трикутний закон зміни швидкості менш раціональним в порівнянні з трапецієподібним законом. При обмеженні швидкості V і прискорення при розгоні a_p і гальмуванні a_z , які відповідають трапецієподібному закону зміни швидкості, зменшуються габарити двигуна і витрати енергії, знижуються ударні навантаження на механізм рушія та збільшується його довговічність.

Загальний час руху механізму автооператора при трапецієподібному законі зміни швидкості

$$t = \sqrt{\frac{2l(a_p + a_z)}{a_p a_z (1 - \tau^2)}}, \quad (2.49)$$

де $\tau = t_z / t$ – параметр, що характеризує діаграму швидкості руху: при трапецієподібному законі $\tau > 0$, при трикутному законі $\tau = 0$.

Так як сумарний час розгону і гальмування $t_p + t_z = t(1 - \tau)$, то більш прийнятною є формула для визначення загального часу руху механізму

$$t = \sqrt{\frac{l}{a_z}} \cdot \frac{1 + k_a (V / \sqrt{(a + l)^2})}{V / \sqrt{a_z l}}, \quad (2.50)$$

де l – загальний шлях виконавчого органа;

a_z – модуль прискорення при гальмуванні;

$k_a = a_p / a_z$ – коефіцієнт, що залежить від співвідношення прискорення при розгоні a_p і гальмуванні a_z ;

V – швидкість рівномірного руху.

Оптимальну швидкість руху виконавчого органа автооператора можливо визначити, якщо прийняти як критерій мінімальне значення функції, яка є лінійною комбінацією значення швидкості t і енергомисткості або потужності рушія і обернено пропорційна t^3 . Значення $(V / \sqrt{a_z l})_{\min} = 0,5 \dots 0,6$ дозволяє установити, що $K_{\text{опт}}$ залежить від довжини ходів: при малих переміщеннях не потрібно високих швидкостей руху, а зі збільшенням довжини ходу значення $V_{\text{опт}}$ збільшується. Оптимальне значення швидкості поступального руху робочих органів автооператора складає 0,4 – 1,2 м/с.

Номінальне значення прискорення обмежується рівнем коливань механі-

зму рушія. Для зменшення цих коливань необхідно, щоб час гальмування t_r був більше періоду власних коливань рушія T_k . В більшості випадків $T_k=0,02-0,04$ с і $t_r=0,08-0,1$ с. При малих ходах ($l=0.15-0.3$ м) для виконання цих умов необхідно, щоб $a_r=5-6$ м/с², при більших ходах ($l=0.7-0.8$ м) $a_r=10-12$ м/с².

Максимальний момент рушійного двигуна $M_{\delta \max}$ та його потужність $N_{\delta \max}$, при трапецієподібному законі зміни швидкості визначаться

$$\begin{aligned} M_{\delta \max} &\geq \frac{4 \cdot I_z \cdot \Delta \phi_0}{I_{\min}^2 (1 - k_x^2)(1 - \tau^2)} \\ P_{\delta \max} &= \frac{8 \cdot I_z \Delta \phi_0^2}{(1 - k_x^2)(1 - \tau^2)(1 + \tau)} \end{aligned} \quad (2.51)$$

Якщо прийняти за основу трапецієподібний закон руху при обмеженні граничних значень швидкості поступальних переміщень інструментів і відомому радіусі дуги, на якій вони розташовані, коли виконуються обертальні рухи, можна визначити час t_i окремих етапів циклу і тривалість заміни інструмента t_{zm} . При цьому враховується час установчих переміщень столу і шпіндельної головки верстата $t_{уст}$, частково суміщенні з часом робочого циклу, час переваження інструмента із кантувача в магазин і час повороту магазину при пошуку наступного інструмента і вільного гнізда t_{mag} .

Приклад 2.1

Визначити час повороту руки автооператора на 90° і 180° при радіусі дуги траєкторії центра захвата автооператора $R=250$ мм.

Швидкість лінійного руху інструмента при його повороті на 90° можливо визначити із співвідношення $V_1 = 0.6 \sqrt{a_x l_1}$. При $a_{x1}=7$ м/с² і $l_1=\pi R/2=0.39$ м $V_1=1$ м/с.

Час повороту руки на 90° визначиться

$$t_1 = \frac{1 + k_a (V_1 / \sqrt{a_{x1} l_1})^2}{V_1 / \sqrt{a_{x1} l_1}}$$

При $k_a=1$; $t_1=0.5$ с $t_2=0.6$.

Час повороту руки на 180° при тих же умовах $t_2=1$ с

Приклад 2.2

Визначити час висування руки автооператора. Швидкість переміщення автооператора вздовж його осі знаходиться з виразу $V_2 = 0.6 \sqrt{a_{x2} l_2}$, $a_{x2}=3$ м/с² і $l_2=150$ мм, тоді $V_2=0.4$ м/с. Якщо прийняти прискорення при розгоні $a_{p2}=5$ м/с², $k_a=a_p/a_r=1.67$, то час висування руки автооператора

$$t_2 = \frac{1 + k_a (V_2 / \sqrt{a_{x2} l_2})^2}{V_2 / \sqrt{a_{x2} l_2}} = 0.6$$

Приклад 2.3

Визначити час, який необхідно витратити безпосередньо на заміну інструмента, якщо час потрібний на закріплення або розкріплення інструмента в шпинделі верстата складає, $t_r=0.5$ с. Тоді

$$T_{zm}=t_1+t_1+t_2+t_3+t_4+t_4=0.5+0.5+0.6+1=0.5+0.5=4.2$$

Визначення необхідних параметрів гідродвигуна розглянемо на прикладі рухів механізму автоматичної заміни інструментів (рис.2.41,а), де потрібно забезпечити поворот руки A на кут φ за час t .

Обертальний момент, необхідний для приведення в рух руки A , визначається рівнянням

$$M_{\text{об}} = m_1 g l_1 \cos \varphi - m_2 g l_2 \cos \varphi + (I_1 + m_1 l_1^2) \ddot{\varphi} + (I_2 + m_2 l_2^2) \ddot{\varphi} + M_{\text{тр}}, \quad (2.52)$$

де m_1 і m_2 – маси інструментів, що підлягають заміні;

l_1 і l_2 – відстані від вісі повороту до центра ваги інструментів;

I_1 і I_2 – приведені моменти інерції плеч руки A ;

$\ddot{\varphi}$ – кутове прискорення;

φ – кут повороту;

$M_{\text{тр}}$ – момент від сил тертя.

Найбільший обертальний момент

$$M_{\text{об. макс}} = (m_1 l_1 - m_2 l_2) g + (I_1 + I_2 + m_1 l_1^2 + m_2 l_2^2) \ddot{\varphi}_{\text{макс}} + M_{\text{тр}}. \quad (2.53)$$

Найбільше кутове прискорення необхідно вибирати з урахуванням заданого кута повороту $\varphi = \pi$, найбільшого допустимого часу t і динамічних характеристик механізму автоматичної заміни інструмента.

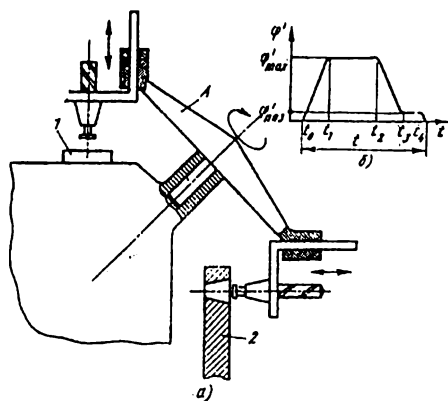


Рисунок 2.42 - Схеми робота МАЗІ:

а – механізм: 1 – шпиндель верстата, 2 – інструментальний магазин;

б – закон руху

Кут повороту φ може бути представлений, в відповідності з заданим законом ступінчатої трапеції (рис.2.42,б), таким виразом

$$\varphi = \frac{t_1 - t_2}{2} \ddot{\varphi}_{\text{макс}} + (t_2 - t_1) \dot{\varphi}_{\text{макс}} + \frac{t_3 - t_2}{2} \dot{\varphi}_{\text{макс}} + (t_4 - t_3) \dot{\varphi}_{\text{макс}}, \quad (2.54)$$

де $\varphi_{\max}$ – найбільша кутова швидкість;

$\varphi_{\max}$ – кутова швидкість, з якою відбувається позиціонування руки A .

Взагалі, час розгону t_p приймають рівним часу гальмування t_z , тобто

$$t_p = (t_1 - t_p) = t_m = (t_3 - t_2).$$

Орієнтовно час розгону, гальмування і позиціонування $t_{\text{поз}} = (t_4 - t_3)$ можливо вибирати, виходячи із найменшої власної частоти ланок механізму автоматичної заміни інструмента.

В першому наближенні найменша власна частота плеча руки A визначається залежністю

$$\omega_A = \sqrt{\frac{j_{\text{пр}}}{I_{12} + m_{\max} l_{1,2}^2}}, \quad (2.55)$$

де $j_{\text{пр}}$ – приведена жорсткість;

$m_{\max}$ – найбільша маса інструмента, що підлягає заміні.

Відповідно, час розгону та гальмування, якщо виходити з найбільшого значення «постійно» часу для руки A , з деяким запасом складає не менше $6/\omega_A$, тобто $t_p = t_z = 6/\omega_A$. Для позиціонування взагалі достатньо прийняти $t_p = (6 \dots 10) \omega_A^{-1}$.

Таким чином, якщо виходити із заданого закону руху, кута повороту і найбільшого допустимого часу повороту, можливо знайти найбільшу кутову швидкість

$$\dot{\varphi}_{\max} = \frac{\varphi - (6 \dots 10) \omega_A^{-1} \varphi_{\text{поз}}}{t - (12 \dots 16) \omega_A^{-1}}. \quad (2.56)$$

Якщо прийняти рух рівноперемінним, то найбільше прискорення можливо прийняти рівним

$$\ddot{\varphi}_{\max} = \frac{\dot{\varphi}_{\max}}{6 \omega_A^{-1}}. \quad (2.57)$$

При відомому найбільшому прискоренні можливо оцінити, який найбільший момент обертання $M_{\text{об max}}$ повинен розвивати мотор.

При виборі привідного мотора по потужності використовують нерівність

$$N_M \geq \frac{M_{\text{об max}} \cdot \dot{\varphi}_M}{\eta \cdot i_{\text{ред}}}, \quad (2.58)$$

де $\dot{\varphi}_M$ – кутова швидкість вихідного вала мотора при прийнятій потужності;

$i_{\text{ред}} = \frac{\dot{\varphi}_M}{\dot{\varphi}_{\max}}$ – передатне відношення редуктора;

η – загальний коефіцієнт корисної дії.

Якщо вибирати рушійний мотор по моменту на вихідному валу, необхід-

но мати на увазі не тільки нерівність $M_{M \max} \geq M_{об \max} \pi i_{ред}$, а діапазон зміни швидкості обертання вала мотора $\dot{\phi}_{M \max} \geq \dot{\phi}_{max} i_{ред} ; \dot{\phi}_{M \max} \leq \dot{\phi}_{min} i_{ред}$.

Передатне відношення $i_{ред}$ необхідно вибирати таким, щоб задовольнити всі ці нерівності.

При виборі параметрів моментного циліндра користуються методикою, викладеною в роботі [31].

Таблиця 2.3

Характеристика рушіїв, що використовуються в БВ

Тип рушія	Вид механічної частини рушія	Жорсткість Нм/рад	Приведений накопичуваний зазор, мм
Гідромотор	Зубчатий редуктор	12000	7,5
Гідроциліндр	Зубчато-рейкова передача:		
	З паразитними колесами	40000	8,5
	Без проміжних передач	67000	4,2
Поворотний гідродвигун	Шліцові з'єднання	77000	2,8
Асинхронний двигун	Кулачковий механізм	4000	11,2
	Мальтійський механізм	5000	3,0

З таблиці 2.3 видно, що кращі показники мають гідромеханічні рушії - поворотний гідродвигун та гідроциліндр з рейкою.

2.5 Механізми для автоматичного кріплення інструментів

2.5.1 Загальна характеристика механізмів автоматичного кріплення інструментів

Механізм автоматичного кріплення інструментів (МАКІ) є одним з найбільш відповідальних елементів, так як він повинен забезпечувати високу надійність і стабільність роботи на протязі всього робочого часу ТС. Це, перш за все, пов'язано з роботою БВ в умовах „безлюдного” або „малолюдного” режиму. Крім того, МАКІ розміщуються в обмеженому конструктивному просторі, тому основною вимогою до них є мінімальні габарити при забезпеченні необхідних сил кріплення інструмента. МАКІ повинні бути швидкодіючими для того, щоб забезпечити мінімальні витрати часу на закріплення інструмента, а, відповідно, і на його заміну.

Для МАКІ здебільш використовуються рушії з внутрішнім енергетичним джерелом, так як використання рушіїв з зовнішнім підводом енергії може призвести до аварії в випадку призупинення її подачі. До рушіїв з внутрішнім енергетичним джерелом належать тарілчасті пружини, які забезпечують надійну роботу МАКІ. Але, для розкріплення інструменту потрібно їх стиснути, для чого використовується допоміжний рушій з зовнішнім джерелом енергії у вигляді стисненого повітря, олії або електроенергії. У цьому випадку немає потреби використовувати обертальні механізми для підведення енергії до рушіїв, так як

вони установлюються не на шпинделі, а на окремій стійці. Така конструкція МАКІ також виключає вплив осової сили рушія на роботу підшипникових вузлів шпинделя.

При визначенні виду рушія, необхідного для розкріплення інструменту, визначають, якими характеристиками повинен володіти рушій. Характеристика рушіїв і їх передавальних механізмів приведена раніше (див. табл.2.3).

Вид механізмів для автоматичного кріплення інструментів в значній мірі залежить від типу БВ. За типом БВ МАКІ можливо розділити на такі групи:

- механізми для верстатів свердильно-розточувальної і фрезерної групи;
- механізми для верстатів токарної групи;
- механізми для верстатів шліфувальної групи.

За останні роки технологічні можливості кожної групи верстатів значно розширилися. Наприклад, токарні верстати оснащуються фрезерними, свердильними та шліфувальними головками, тобто оснащуються інструментами, характерними для верстатів інших технологічних груп. Тому виникають вимоги до уніфікації елементів кріплення і пошуку нових способів кріплення інструментів.

Механізми, що використовуються для автоматичного кріплення інструмента, визначають особливості конструкцій захватів. Для всіх інструментів, що використовуються на даному БВ, елементи кріплення інструментів повинні бути ідентичними. Це забезпечує стійке їх положення як в інструментальному магазині, так і при роботі на БВ. Крім того, спрощується пошук і заміна інструмента.

Верстати, що працюють в умовах „безплодного” режиму, іноді не оснащуються механізмами автоматичної заміни інструментів. Це відбувається тоді, коли заміна інструменту відбувається шляхом зміни робочої позиції револьверної головки. Заміна таких інструментів при їх зношуванні відбувається вручну або шляхом заміни револьверної головки.

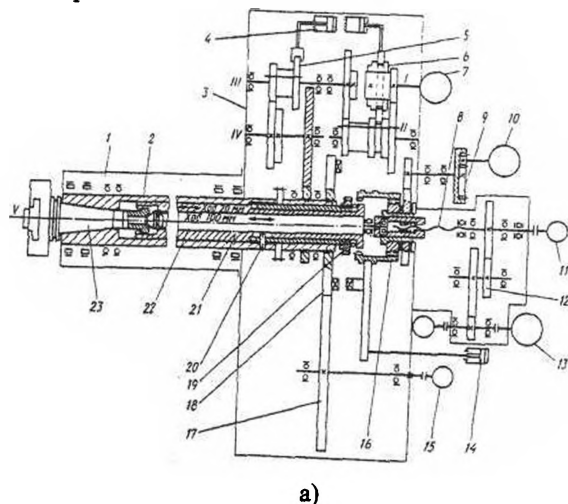
Доцільно систематизувати елементи кріплення інструментів не за видом обладнання, а за формою елемента кріплення. За таким критерієм можливо виділити три основні групи елементів кріплення інструментів:

- у вигляді конічної інструментальної оправки;
- у вигляді циліндричної інструментальної оправки;
- у вигляді призматичного елемента.

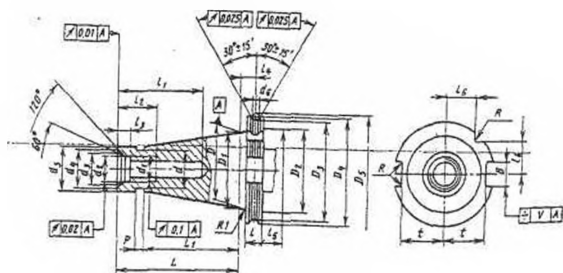
2.5.2 Будова механізмів автоматичного кріплення інструментів

Механізм автоматичного кріплення для обертальних інструментів є невід’ємною частиною шпиндельного вузла. На рис.2.43,а показана принципова кінематична схема шпиндельного вузла токарного верстата ТМЦ-200 з механізмом автоматичного кріплення інструментів. В коробці швидкостей розташований датчик зворотного зв’язку 15 обертального трансформатора типу БОКТ, що контролює кутове положення шпинделя при заміні інструментальних оправок. Кінематичний зв’язок датчика з шпинделем здійснюється за допомогою двох

циліндричних зубчатих коліс 17 і 18 з передатним відношенням 1:1. Для усунення зазору в зачепленні одне із коліс зроблено розрізним. Вузол механізму затиску інструментальних оправок складається із електродвигуна 10 ($N=0,5$ кВт, $n=1410$ мин⁻¹), редуктора 9, накидної муфти 16, гайки 19 з внутрішньою прямокутною різьбою і тяги 21, на передньому кінці якої є шостизубий захват інструментальних оправок.



а)



б)

Рисунок 2.43 - Шпиндельний вузол токарного верстата ТМЦ-200:
а – кінематична схема шпиндельного вузла; б – шпиндельна оправка

Цикл роботи механізму закріплення такий. Рука механізму автоматичної заміни інструмента установлює інструментальну оправку 23 в посадковий конусний отвір шпинделя. Хвостовик оправки має шість зубців, які входять між зубцями захвата тяги 21. Потім за допомогою гідроциліндра 14 муфта 16 одягається на гайку 19, при цьому внутрішні зубці муфти входять в зачеплення з зовнішніми зубцями гайки 1. Таким чином, замикається кінематичний ланцюг від електродвигуна 10 до гайки 19. Після цього вмикається електродвигун 10, і гай-

ка 19 починає обертатися та переміщуватися по різьбі вздовж осі. При цьому ролик 20, розташований на шпинделі, за допомогою спірального паза, який виконаний на затискній тязі 21, розвертає її на кут 30° , внаслідок чого зубці тяги устанавлюються проти зубців інструментальної оправки. Подальший рух тяги 21 виконує затиск оправки. Після затиску оправки електродвигун 10 вимикається, а накидна муфта 16 скидається з гайки 19 за допомогою гідроциліндра. Контроль сили затиску, яка для більшості верстатів складає 15000Н, здійснюється за допомогою реле струму.

Аналогічно здійснюється розжим інструментальних оправок, відмінність є в напрямку обертання ротора електродвигуна, а, відповідно, і гайки 19.

Для кріплення інструментів в шпинделях верстатів свердильно-розточувальної, фрезерної, токарної груп використовується шпиндельна оправка, показана на рис.2.43,5. Вона має конічний хвостовик з конусністю 7:24. Завдяки цьому конус є не самогальміваним, що полегшує виведення оправки з шпинделя верстата. На дисковій хвостовика оправки виконані два пази, які служать для передачі крутного моменту від шпинделя БВ до шпиндельної оправки за допомогою шпонок. Наявність вирізу під кутом 90° забезпечує постійну орієнтацію оправки в захваті автооператора, а, відповідно, і в інструментальному магазині.

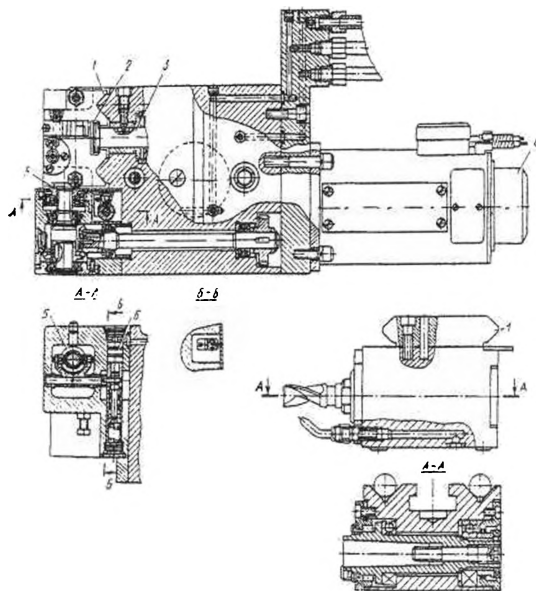


Рисунок 2.44 - Інструментальна головка токарного верстата:
1-блок з інструментом; 2-Т-подібний паз; 3- шток; 4-електродвигун; 5-вал;
6-поршень; 7-планка інструментального блока

На рис.2.44 зображена інструментальна головка верстата, який призначе-

ний для обробки деталей, що кріпляться в патроні або в центрах. Крім робіт, які можуть виконуватися на універсальних токарно-гвинторізних верстатах, на даному БВ можливо нарізати різьбу фрезою, вести роботи обертальним інструментом паралельно і перпендикулярно осі шпинделя. Верстат має хрестовий супорт, на якому розташована інструментальна головка. На базовій V-подібній поверхні головки можливо встановлювати блоки з нерухомими і обертальними інструментами. Т-подібний паз 2 дозволяє закріпити блок 1 в інструментальній головці і в ланцюговому магазині. Кріплення блока здійснюється за допомогою штока гідроциліндра 3. Інструмент в головці обертається від електродвигуна 4. На інструментальному блоці є планка 7, за яку він захоплюється захватом при переміщенні з магазину на супорт верстата.

Механізм автоматичного кріплення інструментів за допомогою електродвигунів

Закріплення інструментів в шпинделі БВ відбувається при нерухомому шпинделі, тому рушій може бути з'єднаним з шпинделем тільки при закріпленні або розкріпленні інструмента, а це виключає використання допоміжних механізмів у вигляді тарілчастих пружин.

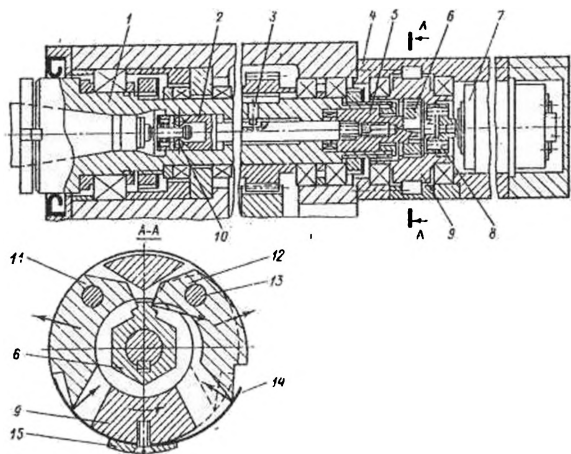


Рисунок 2.45 - Механізм автоматичного кріплення інструментів за допомогою електромеханічного рушія:

- 1 - шпиндель; 2 - тяга; 3 - штифт; 4 - корпус; 5 - гайка; 6 - поводок; 7 - електродвигун; 8 - муфта; 9 - маховик; 10 - захват; 11, 12 - центральні кулачки; 13 - осі; 14 - пружина; 15 - планка

Будова електромеханічного рушія, в якому для закріплення-розкріплення використовується енергія маховика, показана на рис.2.45. В шпинделі 1 розташована тяга 2, яка через кульковий захват 10 пов'язана з хвостовиком оправки. На другому кінці тяги є різьба, на якій посаджена гайка 5, що має

можливість вільного обертання. В корпусі 4 на підшипниках обертається маховик 9, який пов'язаний муфтою з двигуном 7. В ободі маховика розміщені два центральних кулачка 11 і 12, які вільно обертаються на осях 13. На довші плечі кулачків діє пластинчата пружина 14, що утримується на ободі маховика прижимною планкою 15. При затиску інструмента включається електродвигун, і маховик починає розганятися. При збільшенні відцентрової сили кулачки 11 і 12 з нерівними плечами повертаються та деформують пружину, а при досягненні визначної величини кінетичної енергії маховика короткі плечі входять в зачеплення з зубом повідка 6. Гайка 5 починає обертатися і при цьому переміщує тягу з направляючим штифтом 3 до тих пір, поки не витратиться запас енергії маховика, що забезпечує необхідну силу закріплення. При розкріпленні двигун включається в зворотному напрямку.

Експериментальні дослідження механізмів показали, що для затиску з осьовою силою 15 кН від двигуна потужністю 24 В потрібно часу біля 1,5 с.

Осьова сила, яка необхідна для закріплення інструментальної оправки в шпинделі верстата, може бути визначена [38]

$$Q_x = \frac{4M_{рв} * k * \sin \alpha}{\mu * (D_1 + D_2)(1 - 0,04 * \Delta \alpha)}, \quad (2.59)$$

де $M_{рв}$ – кружний момент, що виникає на інструменті при різанні;

D_1 і D_2 – максимальний і мінімальний діаметри конуса хвостовика;

μ – коефіцієнт тертя між поверхнею конуса хвостовика інструментальної оправки і внутрішньою поверхнею конуса шпинделя;

α – кут конусності;

$\Delta \alpha$ – сумарна похибка виготовлення конусів хвостовика і шпинделя.

Якщо при роботі інструмента виникає осьова сила P_x , то величина сили Q_x визначається

$$Q = Q_x - P_x. \quad (2.60)$$

Рівняння (2.59) дозволяє визначити силу, яка необхідна для закріплення інструментальної оправки без урахування витрат, пов'язаних з силами тертя в захваті хвостовика оправки. Ю.Н. Кузнецов визначив витрати, пов'язані з силами тертя в цангових механізмах [23].

Сила, яка необхідна для закріплення інструментальної оправки в шпинделі БВ за допомогою цанги, визначається залежністю

$$W = Q_x(1 + 2f^* \operatorname{tg} \alpha), \quad (2.61)$$

де $f^* = 0,2$ – коефіцієнт тертя між цангою і хвостовиком;

α – кут конусності хвостовика.

Потрібна сила затиску інструмента, яка отримана на основі рівнянь (2.59) і (2.60), повинна перевищувати силу, яку може створити механізм затиску верстата, що рівна 15 кН.

Механізм автоматичного закріплення інструментів з гідравлічним рушієм

Будова шпindelного вузла визначається його функціональним призначенням. Він забезпечує обертальний і поступальний рух інструмента, тому його конструкція визначається кінематичними зв'язками з рушіями, які забезпечують такі рухи.

Обертальний рух від електродвигуна до шпindelа передається через кінематичний ланцюг коробки швидкостей. Механізм подач пов'язаний з будовою самого шпindelа, тому схему механізму кріплення розглянемо разом з схемою механізму подач (рис.2.46). На задньому кінці шпindelа 3 розташовано повзун 7 з кронштейном, в якому закріплений корпус кулькової гайки 15. При обертанні кулькового гвинта 16 двигуном М, повзун разом з шпindelем рухається з заданою осьовою подачею. Шпindel може обертатись в повзуні на упорних підшипниках 6 і 8. Кульковий гвинт має опори кочення у вигляді двох кулькових підшипників 18 та упорних 17, 19, а також радіального кулькового підшипника 14, який є продовженням гвинта 16. Вал з'єднаний з двигуном муфтою 12. Для точної зупинки шпindelа існує гальмувальна муфта 13.

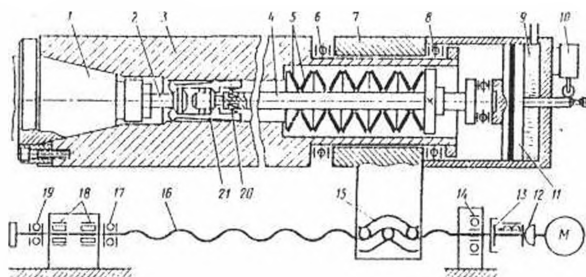


Рисунок 2.46 - Схема механізму автоматичного кріплення інструмента і рушія подач:

1 - інструментальна оправка; 2 - гвинт; 3 - шпindel; 4 - тяга; 5 - тарілчасті пружини; 6, 8 - підшипники; 9 - гідроциліндр; 10 - мікроперемикач; 11 - шток; 12 - муфта; 13 - гальмувальна муфта; 14 - кулькові підшипники; 15 - кулькова гайка; 16 - гвинт; 17, 19 - підшипники; 18 - підшипники голчасті; 20 - пружини; 21 - важелі

В середині шпindelа розміщений механізм кріплення інструментальних оправок 1, який за допомогою тяги 4 під дією тарілчастих пружин 5 утримує їх в відповідному положенні за гвинт 2 важелями 21. Для розкріплення оправки існує гідроциліндр 9 односторонньої дії. При подачі оливи в праву порожнину гідроциліндра його шток через упорний підшипник діє на тягу, зміщує її праворуч і стискує комплект тарілчастих пружин. Важелі 21, після того як попали в порожнину шпindelа, звільнюють гвинт 2, а тяга при подальшому русі виштовхує оправку з інструментом із шпindelа на 6 мм. Після цього її забирає оператор.

Для надійного захоплення оправки важелями 21 існують пружини 20, які

притискують ліві кінці важелів до гвинта хвостовика при русі тяги праворуч.

Для блокування включення обертання шпинделя при незакріпленій інструментальній оправці установлений мікроперемикач 10, який керується подовженим правим кінцем штока 11 гідроциліндра 9.

Конструктивна будова шпиндельного вузла БВ IP500МФ4 з механізмом автоматичного кріплення інструмента показана на рис.2.47. Особливістю шпиндельного вузла є повне його розвантаження від сил, що викликають прогин шпинделя. Це досягається за рахунок того, що зубчаті колеса $Z=33$ і $Z=66$ можуть передавати крутний момент через зубчасту муфту 2, що дає можливість підвищити точність і вібростійкість вузла. Втулка з підшипниками шпинделя установлена в корпусі коробки швидкостей. В диску 1 є паз, в який входить ролик, що орієнтує положення шпинделя при заміні інструмента.

Закріплення інструментальної оправки 5 в шпинделі відбувається за допомогою тарілчастих пружин 6 після переміщення гідроруціці 10 вліво. Пружини через шток 7 переміщують сепаратор 8, який через кульки 9 закріплює інструментальну оправку 5.

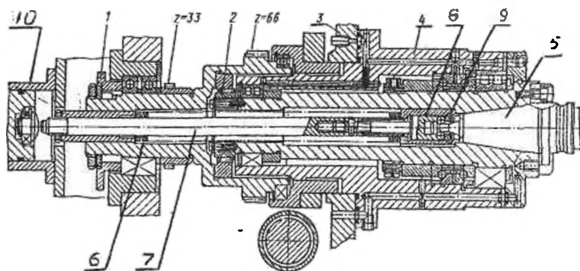


Рисунок 2.47 - Шпиндельний вузол БВ IP500МФ4:

1 – диск; 2 – зубчаста муфта; 3 – корпус; 4 – втулка з підшипниками; 5 – інструментальна оправка; 6 – тарілчасті пружини; 7 – шток; 8 – сепаратор 9 – кульки; 10 – рушій гідравлічний

Сила, що створює одна тарілчаста пружина, визначається залежністю [20]

$$P_n = \frac{4E\delta\lambda_0}{(1-\mu^2)D^2A} \left[(h-\lambda_0) \left(h - \frac{\lambda_0}{2} \right) + \delta^2 \right] \quad (2.62)$$

де E - модуль пружності;

λ_0 - осад однієї тарілки;

D - зовнішній діаметр тарілки;

δ - товщина тарілки;

h - висота внутрішнього зрізаного конуса (рис. 2.47);

$\mu=0,3$ - коефіцієнт Пуассона.

Кількість тарілчастих пружин, яка необхідна для закріплення інструментальної оправки, визначається залежністю

$$h = Q_x / P_i, \quad (2.63)$$

де Q_x – осьова сила, яка необхідна для закріплення інструментального блока;

P_i – осьова сила, що створюється однією тарілчастою пружиною.

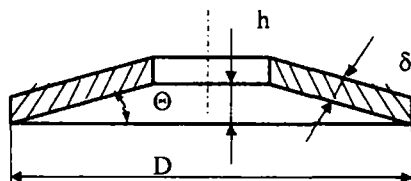


Рисунок 2.48 – Тарілчаста пружина

2.5.3 Пристрої для захватування хвостовиків інструментальних оправок

Пристрій для захватування виконує функції захвата і утримання інструментального блока після того, як автооператор введе його в шпиндель БВ. Після розкріплення інструментальної оправки пристрій повинен забезпечити вільний вихід інструментального блока із шпинделя, тобто вивести хвостовик з контакту зі шпинделем.

Основними вимогами до механізмів захвату хвостовиків інструментальних оправок є надійність закріплення, швидкість дії, простота конструкції, технологічність, безпечність в роботі.

Вид механізму захватування визначається конструкцією хвостовика оправки, величиною сили кріплення та іншими факторами. Основні різновиди механізмів захватування показані на рис.2.49.

На рис.2.49,а показаний захват у вигляді цанги з пелюстками 3. В оправку 1 вкручений хвостовик-гвинт 2 з конусною головкою, який взаємодіє з пелюстками 3, які розташовані проміж виступами штока-хрестовини 4. Хрестовина з'єднана різьбою з стержнем 5. При затиску оправки хвостовик-гвинт 2 контактує з пелюстками по конусній поверхні. Коли оправка затиснута, головки пелюстків упираються в циліндричну поверхню отвору шпинделя 6. При русі стержня 5 вліво головки пелюстків попадають в кільцеву камеру шпинделя 6, оправка звільнюється, хвостовик-гвинт 2 і оправка виштовхується торцем хрестовини.

Механізм з трьома радіально розташованими сухарями 2, показаний на рис.2.49,б, використовується при великих силах кріплення. Закріплення оправки 1 в конусному отворі шпинделя відбувається при контакті сухарів 2 з головкою гвинта 6, коли тяга 3 під дією пакету тарілчастих пружин переміщується вправо, втулка 5 при цьому утоплює сухарі. Пружина 4 прижимає втулку 5 до торця отвору в шпинделі.

В механізмі з кульками, який показаний на рис.2.49,в, для захоплювання хвостовика оправки 1 використовуються кульки 3. Коли шток 4 знаходиться в

лівому положенні під тиском гідроциліндра, кульки входять в камеру, і кінець інструментальної оправки входить в конус шпинделя. Під дією тарілчастих пружин шток 4 переміщується в праве положення, кульки 3 входять в звужену частину втулки, де захоплюють виступ інструментальної оправки і затягують її в шпиндель.

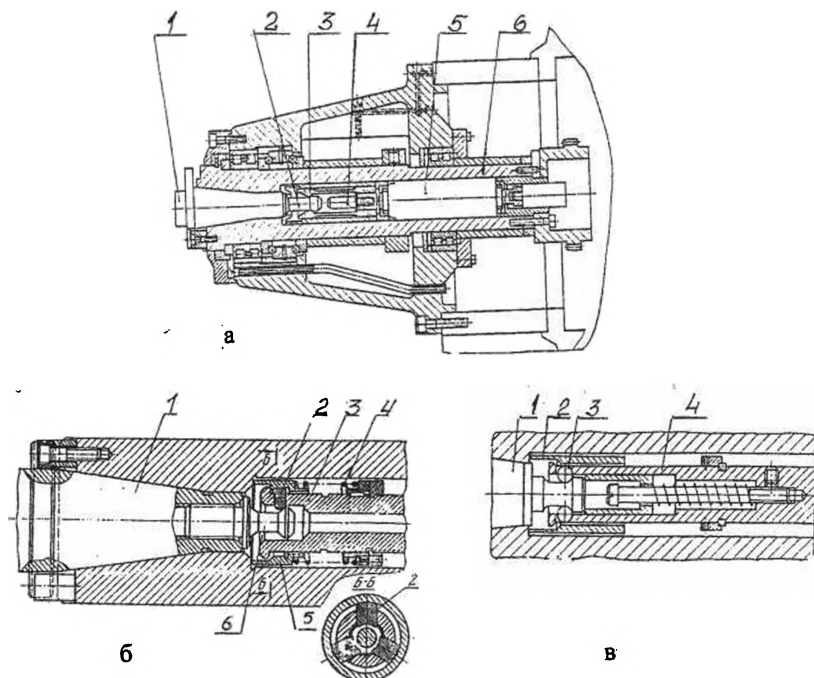


Рисунок 2.49 - Види механізмів для захватування інструментальних оправок:

а - з цанговим механізмом; б - з трьома радіально розташованими сухарями; в - з кульковим механізмом

Найбільш широке використання отримали цангові механізми і механізми з сухарями, так як вони забезпечують більш надійне закріплення інструментальних оправок. Кулькові механізми не забезпечують надійного кріплення інструментальних оправок, тому широкого розповсюдження в виробництві не отримали.

2.5.4 Пристрої для захватування різцевих головок

Заміна різальних інструментів та верстатах токарної групи розвивається по двох напрямках. Перший напрямок – це заміна різальних пластин, що закріплені на державці різця. Заміна різальної пластини вручну є досить простою

задачею, але автоматизувати цей процес дуже складно. Другий напрямок - автоматизація процесу заміни різцевих головок є значно простішим, тому він набув ширшого розповсюдження.

Варіант кріплення різцевої пластини на державці різця при автоматичній її заміні показаний на рис. 2.50. Для підвищення надійності роботи токарного різця різальна пластина 2 встановлюється на опорній пластині 1. Механізм закріплення різальної пластини включає шток 8, пакет тарілчастих пружин 7 і важіль 10 з двома плечами, який установлюється на осі 9. В стакані 12 переміщується підпружинений диск 11. При русі штока 8, який розміщений в державці 6, праворуч два підпружинені штовхачі упираються в бокові поверхні пластини 2 і затискають її. Переміщення штоку 8 відбувається від дії гідравлічного рушія.

Закріплення пластини відбувається за допомогою тарілчастих пружин. Шток 8 звільняється від дії гідрорушія, переміщується під дією тарілчастих пружин ліворуч і прижимає різальну пластину 2 до опорної пластини через важіль 10 і зажимний елемент 4.

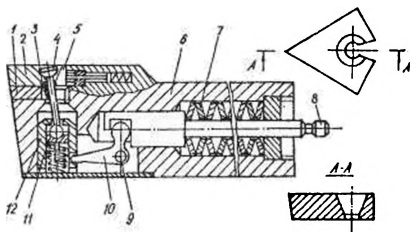


Рисунок 2.50 - Пристрій для автоматичної заміни різальної вставки

Слід відмітити, що сьогодні існує значна кількість видів пристроїв для заховування різцевих головок, що говорить про розвиток цього напрямку автоматичної заміни інструментів. При використанні такого способу заміни інструмента замінюється тільки його робоча частина, а державка є складовою частиною супорта або револьверної головки. В інструментальних магазинах взагалі відсутні державки, а є відповідні гнізда для утримання різцевих головок. Такий спосіб заміни токарних інструментів значно спрощує МАЗІ.

В тих випадках, коли токарні модулі оснащуються як інструментами токарної групи, так і свердлильно-фрезерної груп, конструкція МАЗІ значно ускладнюється і стає більш громіздкою. Тоді потрібні окремі рушії для кожного виду інструментів. Різцеві головки можуть кріпитись на спеціальних блоках, а їх заміна відбувається одночасно з блоком.

Фірма Kennametal (США) розробила систему KV інструментального оснащення токарних верстатів, у яких базовою поверхнею різцевих головок є укорочений конус (рис.2.51). Величина конусності складає 7:24. В середині конуса 12 є порожнина 11, в яку входить стержень 8 з кульками 4. При русі праворуч тяги 6 кульки 4 переміщуються по конусній поверхні порожнини і зтя-

гують конус 12. Рухом в осьовому напрямку вони переміщують втулку 3 до тих пір, поки фланець 1 різцевої головки не досягає площини 2. Гумове кільце 9 при змищенні втулки 8 затискується, і при зворотному русі тяга 6 повертає втулку 3 в попередній стан.

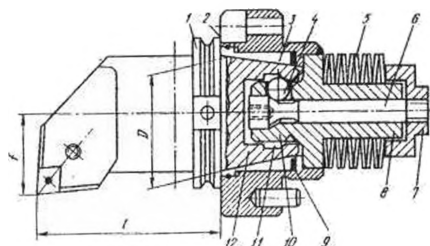


Рисунок 2.51 - Блок для кріплення різцевих головок системи KV:

1 фланець; 2 площина фланця; 3 втулка; 4 кулька; 5- тарілчасті пружини; 6- тяга; 7- кришка; 8- втулка; 9- кільце; 10- штифт; 11- порожнина; 12- конус

Тарілчасті пружини 5 при закріпленні різальної головки в блоці виконують функції рушія. Для розкріплення головки гідравлічний рушій натискає на кришку 7, яка в свою чергу діє на тарілчасті пружини і стискає їх. При цьому різцева головка розкріплюється.

Фланець з канавкою V-подібної форми служить для закріплення головки в захваті автооператора. Форма фланця є уніфікованою з фланцями верстатів свердлильно-фрезерної групи, що дозволяє використовувати ті самі захвати, а відповідно, уніфікувати всі механізми автоматичної заміни інструментів для всіх типів БВ.

Фірма Herttal (Германія) розробила систему захватних пристроїв FTS, основою якої є самоцентруюче торцеве зубчасте зачеплення за допомогою муфти Хирта (рис.2.52). Вона забезпечує щільне з'єднання між різцевою головкою і блоком.

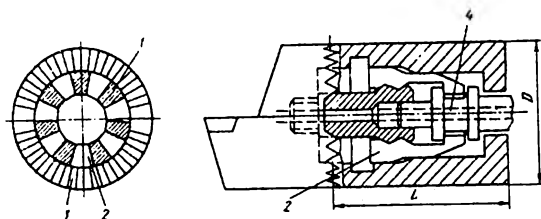


Рисунок 2.52 - Кріплення різцевих головок FTS:

1 гумові прокладки; 2 затискна цапга; 3- зубчасте з'єднання; 4- тяга

Затискна цапга 2 складається з металевих пелюсток з гумовими проклад-

ками 1. При переміщенні тяги 4 ліворуч цанга розкривається, що забезпечує можливість заміни різцевої головки. Рух тяги праворуч забезпечує кріплення головки на блоці.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ДО РОЗДІЛУ 2

1. Яка структурна схема МАЗІ?
2. Які існують способи заміни інструментів без автооператора?
3. Які існують способи заміни інструментів з автооператорами?
4. В чому полягає особливість заміни інструментів при двох інструментальних магазинах?
5. В чому полягає особливість способу заміни багатошпиндельних головок?
6. Які існують види накопичувачів різальних інструментів?
7. Як визначити місткість інструментального магазину?
8. Як визначити потрібну кількість різальних інструментів?
9. Як визначити потрібну кількість інструментів дублерів?
10. Яка область використання накопичувачів інструментів у вигляді револьверних головок?
11. Які особливості конструкцій револьверних головок з обертальним рухом?
12. Які існують види інструментальних магазинів дискового типу?
13. Які функції та область використання кантувачів?
14. Як визначається критична швидкість обертів дискового магазину?
15. Які існують види магазинів барабанного типу? Яка область їх використання?
16. Які існують форми магазинів ланцюгового типу? Яка область їх використання?
17. Як визначаються основні параметри ланцюгових інструментальних магазинів?
18. Яка область використання лінійних накопичувачів? Їх види.
19. Які функції виконують інструментальні автооператори?
20. Які основні рухи виконує автооператор?
21. Які функції виконують захватні пристрої? Їх види.
22. Як забезпечується надійність закріплення інструментального блоку в захваті?
23. Які параметри автооператора необхідно знати для його успішної експлуатації?
24. Від чого виникає неврівноваженість руки автооператора?
25. Які існують види механізмів автоматичного закріплення інструментів?
26. Як визначити силу, яка необхідна для закріплення інструментального блоку?
27. Які функції виконують тарілчасті пружини при кріпленні інструментів?
28. Які існують види механізмів захватування хвостовиків інструментальних оправок?

3 КОМПОНОВКА МЕХАНІЗМІВ АВТОМАТИЧНОЇ ЗАМІНИ ІНСТРУМЕНТІВ

3.1 Загальні принципи проектування БВ

3.1.1 Етапи проектування верстатів

При проектуванні верстатів на рівні світових зразків необхідно враховувати такі фактори [21]:

- необхідна не модернізація верстата, а створення принципово нового зразка;
- час життя нового зразка повинен обмежуватись 6-8 роками;
- верстат повинен бути конкурентноздатним на світовому ринкові;
- термін створення нової конструкції повинен бути мінімальним (не більше одного року).

Створення нового верстата, як і створення іншої ТС, проходить такі основні стадії: наукову, конструкторську, технологічну, організаційну.

Розподіл процесу проектування на послідовні етапи в деякій мірі є умовним, так як в процесі проектування доцільно переглядати і уточнювати раніше прийняті рішення. Наприклад, при проектуванні одного з найважливіших вузлів верстата, яким є МАЗІ, може стати необхідним створення нової компоновки верстата або внесення змін в його кінематичну схему. Поява нових прогресивних комплектуючих виробів (шпиндельних опор, направляючих, пристроїв управління, засобів контролю і вимірів) також впливає на кінцеве оформлення конструкції окремих вузлів, а іноді і всього верстата в цілому. Тому при визначенні оптимальних варіантів компоновок МАЗІ використовують етапи, які характерні для проектування всього верстата.

3.1.2 Проектні критерії

Основною метою проектуванні будь-якого верстата, чи комплексу верстатів, є забезпечення можливості обробки на ньому великої кількості деталей різних форм і розмірів. Деталі, що підлягають обробці, характеризуються загальним річним випуском N , номенклатурою U , ритмічністю випуску, або кількістю переналагоджень на протязі року P .

Забезпечення річного випуску відповідної кількості деталей при мінімальних витратах доцільно розглядати як цільову функцію при проектуванні комплексу верстатного обладнання [1]:

$$A = \frac{N}{\sum C} \rightarrow \max, \quad (3.1)$$

де $\sum C$ - сума приведених витрат.

Річний випуск деталей можливо замінити виразом

$$N = \frac{T_0 \cdot \eta}{T}, \quad (3.2)$$

де T_0 - річний фонд часу;

η - коефіцієнт використання фонду часу;

T - середній час обробки однієї деталі.

Тоді цільова функція має вид

$$A = \frac{T_0 \cdot \eta}{T \cdot \sum C} \rightarrow \max. \quad (3.3)$$

Коли відомо T_0 і T , то

$$\sum C \rightarrow \min \\ \eta \rightarrow 1 \quad (3.4)$$

При підвищенні ступеню автоматизації технологічного обладнання зменшуються поточні витрати на обслуговування, а в сумі приведених витрат найбільша частина припадає на вартість самих верстатів. В сучасних ГВС вартість обладнання, віднесена до одного року експлуатації, складає 60-80% усіх приведених витрат, а інколи і більше. Тому при конструюванні нових верстатів, які будуть входити до складу різних комплексів технологічного обладнання, необхідно намагатися підвищувати їх продуктивність, так як при цьому можливо зменшити кількість верстатів в комплексі і його вартість. При зменшенні кількості верстатів підвищується надійність всієї системи. Тоді цільову функцію необхідно приймати в такому вигляді

$$T(\sum C) \rightarrow \min. \quad (3.5)$$

Крім цільової функції при проектуванні верстата або верстатного комплексу необхідно щоб задовольнялись відповідні обмеження.

Проектні обмеження можуть бути пов'язані з функціональними вимогами, характером виробництва, на якому будуть виготовлятися верстати, і з умовами виробництва, де вони будуть працювати. Найважливішими функціональними проектними обмеженням є вимоги до необхідної точності оброблюваних деталей. Вимоги до точності обробки деталей обумовлюють відповідні обмеження на допустимі геометричні, кінематичні, пружні, динамічні, температурні погрешності всього комплексу чи верстата. Враховують також обмеження на технологічність виготовлення і складання верстата, використання спеціальних деталей або вузлів, якщо існують уніфіковані вузли такого типу. Важливими також є питання ергономіки та ряд інших обмежень.

3.2 Завдання компоновки БВ

Ефективність використання БВ визначається можливістю послідовного виконання ряду операцій при одній установці заготовки на верстаті, що забезпечує високу точність і продуктивність обробки. Способи реалізації таких можливостей визначаються компоновкою верстатів.

Під компоновкою розуміють сукупність вузлів верстата, їх тип, взаємне положення, сполучення і переміщення, що забезпечує виконання заданого технологічного процесу.

Уявлення про компоновку нерідко асоціюється з технологічною схемою побудови верстата, кінематичною структурою, несучою системою або з конструкцією верстата. Компоновка це поняття більш широке, воно відповідає окремій стадії ескізного проектування, яка слідує за розробкою технологічної схеми та обґрунтуванням технічних характеристик. Вона передувє розробці конструкції вузлів (модулів) верстата.

Побудова компоновки верстата має свої послідовні етапи.

Першим і основним етапом є розробка технологічних схем побудови верстата. На цьому етапі у відповідності до технічного завдання визначають необхідну кількість робочих і установчих рухів, кількість шпинделів, ступінь універсальності верстата, концентрацію операцій чи переходів, кількість робочих або завантажувальних позицій. Цей етап називають технологічною компоновкою.

Другим етапом побудови компоновки верстата є конструктивна компоновка, яка розкриває склад і порядок координатних рухів вузлів, визначає тип верстата по різновиду базових вузлів (модулів). Конструктивна компоновка уточнює конструктивне виконання верстата.

Третім етапом є виділення компонентних факторів різних компоновок і порівняння їх між собою.

Існуючий стандарт ОСТ 2Н62-1-78 для обґрунтування компоновок верстатів свердлильно-фрезерно-розточувальної групи визначає такі критерії:

- габарити оброблюваних деталей, які визначають робочу зону верстата;
- маса деталі, що визначає несучу здатність вузлів, які її переміщують;
- виконавчі рухи, які визначають вид і кількість переміщень, та число керованих координат;
- номенклатура технологічних операцій, що визначає виконання формотворюючих рухів, належність верстата до тієї чи іншої групи, вимоги до системи ЧПУ;
- потрібна кількість інструментів, яка визначає місткість інструментального магазину, його тип та розташування;
- можливості вбудовування в автоматизовану дільницю, що визначає здатність верстата працювати в комплексі з іншим обладнанням: роботами, автооператорами, інструментальними магазинами та інше.

Крім того, існує ряд порівняльних критеріїв компоновок, до яких слід віднести:

- точність обробки, що включає такі складові, як геометрична помилка несучої системи, її пружні і теплові деформації;
- продуктивність верстата, яка визначається режимами різання, допоміжними операціями (заміна інструмента та заготовки), концентрацією операцій (багатошпиндельна обробка);
- вартість верстата;
- зручність обслуговування верстата;
- зручність відведення стружки, подачі і відводу МОР;
- рівень уніфікації вузлів і агрегатів;

– інші критерії, які визначаються конкретними умовами.

Необхідно відзначити, що, на відміну від універсальних верстатів з ЧПУ, багатоцільові верстати не спеціалізуються по виду інструмента, так як на них використовуються різці, осьові інструменти, фрези та інше. Тому універсальність багатоцільових верстатів – це універсальність більш високої категорії, ніж універсальних верстатів. Крім того, для них характерною рисою є концентрація обробки, яка характерна для агрегатних верстатів.

Під якістю компоновки розуміють властиві їй потенціальні можливості створення верстата більш високого рівня, ніж з іншими компоновками. Якість компоновки визначається шляхом числового порівняння показників компоновок. Порівняльний аналіз якості компоновок на ранній стадії проектування відбувається при мінімальній конкретизації конструкції. Основними техніко-економічними показниками є продуктивність, точність, зносостійкість, вартість верстата та собівартість продукції. Всі ці показники можуть бути визначені кількісно.

Кожний верстат складається з технологічних модулів, складовими частинами яких є рухомі і стаціонарні блоки. Тобто, технологічний модуль це найменший склад блоків компоновки, необхідний для виконання операції формотворення. Кількість технологічних модулів визначає універсальність верстата. Для БВ є характерним велика кількість технологічних модулів, що говорить про їх широку універсальність.

При класичному методі проектування верстат розбивають на окремі вузли (модулі). Але це не створює незалежності між цими вузлами, а тільки дозволяє розподілити між цими вузлами функції, які характерні лише для них. Це дозволяє приблизити умови роботи вузлів як найближче одне до одного.

Якісна сторона модульної системи оцінюється рівнем технологічної пристосованості системи до виробничих умов. О.І. Авер'янов [1] ділить по цьому признаку модульні системи на чотири рівні.

Модульна система першого рівня дозволяє створити верстати для обробки геометрично подібних заготовок різних розмірів. В основу побудови верстатів входить блочний принцип. Кожний блок складається одночасно з декількох модулів.

Модульна система другого рівня дозволяє створювати обладнання для комплексної обробки деталей одного типу, які відрізняються не тільки розмірами і кількістю оброблюваних поверхонь, а і їх відносним розташуванням.

Системи третього рівня дозволяють створювати верстати різного рівня автоматизації з МАЗІ або без них.

Модульна система четвертого рівня призначена для створення БВ і комплексно автоматизованих дільниць з більшим рівнем спеціалізації, наприклад, шляхом оснащення верстатів багатошпиндельними головками.

Аналіз рівнів автоматизації модульних систем показує, що для створення системи автоматичної заміни інструментів найбільш придатною є модульна система третього рівня, коли вирішується задача, яка відповідає автоматизації БВ.

О.І. Авер'янов розподілив БВ на модулі такого виду: модуль 1 – це шпиндельна бабка; модуль 2 – каретка зі спрямівниками в нижній частині, на якій

закріплюється шпindelна бабка; модуль 3 – вертикальна стійка з напрямними, по яким може переміщуватись каретка 2; модуль 4 – станина, на якій жорстко кріпиться стійка; модуль 5 – основа під оброблювані деталі (верхня частина основи узгоджена для сполучення з площиною шпindelної бабки); модуль 6 – поворотний стіл, що має можливість стикуватись з кареткою; модуль 7 – станина хрестового столу з рушієм подач. Сюди слід додати модуль 9 – механізм автоматичного завантаження інструментів. Це модульна система МАЗІ яку розглядають як самостійну систему.

До модульної системи МАЗІ, що розроблена ЕНІМСом, відносяться: модуль 1 – інструментальний магазин; модуль 2 – автооператор; модуль 3 – кантувач; модуль 4 – пристрій для автоматичного закріплення інструменту. Крім того, сюди можливо віднести модуль контролю стану інструментів; роботизований візок та тару для комплекту різального і допоміжного інструменту, а також ряд інших складових частин МАЗІ.

На рис.3.1 показана система МАЗІ та деякі її складові частини, що розроблені ЕНІМСом.

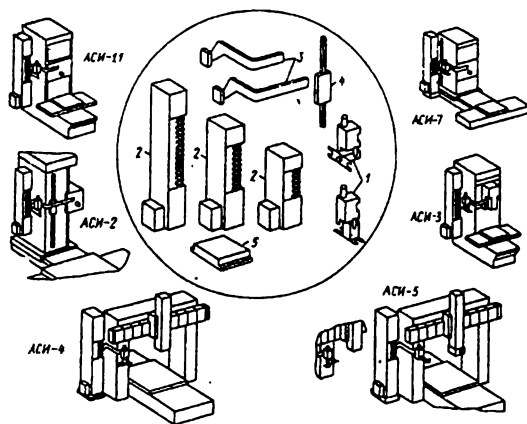


Рисунок 3.1 - Модульна система МАЗІ яка розроблена ЕНІМСом:

- 1 – автооператор; 2 – інструментальний магазин; 3 – траверса; 4 – механізм слідування; 5 – підставка

Нова система отримала назву АКМ-2-АСУ (система автоматичної заміни інструментів). Вона спроектована в декількох модифікаціях, які відрізняються компоновками МАЗІ і розмірами відповідних елементів. Місткість ланцюгових магазинів, що складають систему, може змінюватись від 20 до 100 шт, максимальна маса інструмента 15 – 31 кг, довжина 400...500 мм.

Розташування шпindelа на верстаті може бути різним: горизонтальним,

вертикальним, горизонтальним і вертикальним (для БВ з поворотним шпинделем або з двома взаємно перпендикулярними шпинделями). МАЗІ (рис.3.2) для всіх верстатів є універсальним, він дозволяє подавати інструмент із магазину в шпиндель як в горизонтальному, так і в вертикальному положенні. Переміщення каретки автооператора по траверсі і поворот автооператора А відбуваються від загального рушія. На корпусі 11 каретки установлений гідравлічний або електричний високомоментний двигун 17, який може регулюватись. Він обертається разом з розташованими на ньому електричними муфтами 7 та 10. При включенні муфти 10 оберти вала двигуна через зубчате колесо 8 передаються проміжному валу і зубчатым колесам 9, 12, 13 і 14. На кінцях вала закріплені зубчаті колеса 15 і 19, що зчеплені з верхньою рейкою 22, яка розташована на направляючій 21, та нижньою рейкою 25 траверси 23. Зубчато-рейкові передачі забезпечують переміщення каретки по траверсі.

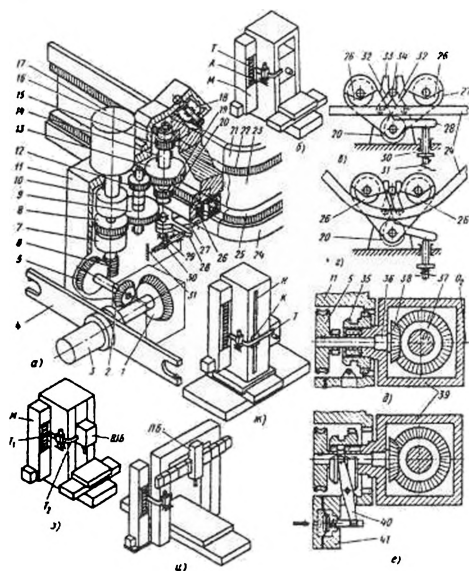


Рисунок 3.2 - Уніфіковані конструкції МАЗІ:

а – загальний вигляд МАЗІ; б – компоновка верстата з горизонтальним шпинделем; в, г – схема розташування роликів для переміщення каретки; де – механізм повороту інструмента

Якщо замість муфти 10 включити муфту 7, той самий двигун буде обертати черв'як 6 і черв'якове колесо 5, які сполучені конічною передачею 2-1 з автооператором А. В наслідок цього відбудеться поворот автооператора відносно горизонтальної осі O_1 .

Розташування МАЗІ на верстаті з горизонтальною компоновкою показано

на рис.3.2,б. Автооператор А переносить інструмент від магазину М до шпинделя по траверсі Т, яка складається з трьох дільниць: двох прямолінійних і середньої – криволінійної.

Базування каретки автооператора на направляючих траверси забезпечують верхній опорний ролик 18, два бокових 16 і 20 та два віджимних ролики 26 (рис.3.2,а,б,г). Ці ролики розташовані на осі 29 важелів 27 і 28, що гойдаються, і пов'язані тягами 32 з роликами 34, які знаходяться в пазу кронштейна 33. Для усунення люфтів в рухомих сполученнях каретки спрямівна пружина 31 підтискує обидва ролики до спрямівниці 24. Шарнірна система, що пов'язує притискач 26 і боковий ролик 20, забезпечує стійке положення каретки при русі по прямолінійним і криволінійним дільницям траверси 24.

Для верстатів з вертикальним і комбінованим розташуванням шпинделів необхідно забезпечити поворот інструмента в вертикальне положення. В цьому випадку замість простої конічної передачі використовують механізм, що показаний на рис. 3.2,д,е.

Поворотний корпус автооператора 39 одітий маточиною на вал 26 конічної шестерні 38 рушія. На маточині знаходиться муфта 35 з зовнішніми (праворуч) і внутрішніми (ліворуч) зубцями. В правому положенні муфти її зовнішні зубці зчеплені з внутрішніми зубцями корпусу каретки автооператора, а внутрішні – з зовнішніми зубцями маточини корпусу 39. При обертанні черв'якового колеса 5 разом з ним обертаються конічні шестерні 37 і 38, і автооператор А обертається відносно горизонтальної осі O_1 таким же чином, як на рис.3.2,а. Якщо муфта 35 зміщена ліворуч (рис.3.2,е), вона своїми внутрішніми зубцями з'єднає маточину черв'якового колеса 5 і поворотного корпусу 39. Одночасно муфта вийде із зачеплення з корпусом 11 каретки автооператора. Тепер при обертанні черв'якового колеса 5 разом з ним буде обертатися корпус 39 автооператора відносно осі O_2 . Після повороту на 90° вісь інструмента, що знаходиться в захваті автооператора 4, займе вертикальне положення. Такий механізм дозволяє автооператору робити поворот відносно двох взаємно перпендикулярних осей. Переключення муфт 35 забезпечується гідравлічною діафрагмовою камерою 41, шток якої пов'язаний з муфтою важелем 40.

Осьове переміщення автооператора у всіх варіантах МАЗІ забезпечується гідроциліндром 3, корпус якого несе автооператор, а шток з'єднаний з конічною шестернею. Подача оливи під тиском в гідроциліндр забезпечується через отвір, що є в штоку. Захват інструмента із магазину або із шпинделя відбувається в крайніх положеннях каретки автооператора на траверсі.

На рис.3.2,б,ж,і показані деякі варіанти компоновок системи АКМ-26-АСУ. Конструкція АСУ-1 (рис.3.2,б) призначена для верстатів з горизонтальним розташуванням шпинделя між стійками порталу. Ланцюговий магазин М закріплений на боковій стійці порталу, траверса Т, що несе каретку автооператора, – на шпиндельній бабці ШБ. Заміна інструмента в шпинделі може проводитись при будь якому положенні шпиндельної бабки по висоті.

Конструкція АСУ-2 (рис.3.2,ж) рекомендується для верстатів з консольним розташуванням шпиндельної бабки. Для переміщення траверси з кареткою вгору-вниз використовується каретка К механізму стеження, яка розміщується

на вертикальних спрямівниках Н. Механізм стеження забезпечує піднімання або опускання траверси з автооператором для заміни інструмента.

Конструкція АСУ-3 (рис.3.2,з) призначена для БВ з вертикальним розташуванням шпинделя. Магазин М закріплюється на стійці верстата ліворуч, а траверса виконується складеною (T_1, T_2). Прямолінійна частина T_1 закріплюється нерухомо на стійці. Тут знаходиться каретка автооператора в очікуванні команди на заміну інструмента. Закруглена частина T_2 траверси кріпиться до шпиндельної бабки ШБ і переміщується по вертикалі разом з нею. Заміна інструментів відбувається завжди в крайньому положенні шпиндельної бабки, коли обидві частини траверси суміщені.

Конструкція АСУ-4 (рис.3.2,и) призначена для одної з компонок продовжньо-оброблюваних БВ. Ланцюговий магазин великої місткості розташовано на фундаменті поряд з верстатом. Траверса МАЗІ знаходиться на лівій стійці верстата під поперечиною. Для заміни інструмента повзункова бабка (ПБ) повинна піднятися вгору і зміститися в крайнє положення по поперечині.

Для приведенного вище типу верстатів існують також інші компоновки.

Загальна методика компонок БВ розроблена в роботах О.І. Авер'янова [1] та Ю.Н. Кузнецова [21]. Особливості компоновки МАЗІ для БВ, розроблені О.І. Авер'яновим, базуються на системі часткових показників якості БВ. Основою для вибору оптимальної компоновки є метод евристичного прогнозування, суть якого зводиться до анкетного опитування експертів про склад критеріїв " α_i " і визначення їх значущості за допомогою вагових коефіцієнтів. Якщо виконується аксіома незалежності показників якості системи, можливо виразити загальний показник якості БВ

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n \beta_i \alpha_i, \quad (3.6)$$

де β_i - нормований ваговий коефіцієнт і-го часткового показника.

Дисперсія оцінок, яка характеризує розкид поглядів відносно $\hat{\beta}_i$,

$$\hat{D}(\beta) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\hat{\beta}_i - \beta_i)^2, \quad (3.7)$$

де $\hat{\beta}_i$ - узагальнений погляд експертів;

$\hat{\sigma} = \sqrt{\hat{D}(\beta)}$ - середнє квадратичне відхилення.

Під час створення БВ, поряд з загальними питаннями компоновочного і технічного характеру, вирішуються задачі зміни рівня автоматизації шляхом оснащення верстатів МАЗІ. Аналіз показує, що оснащення БВ МАЗІ дає економічний ефект за рахунок скорочення допоміжного часу його роботи. При використанні верстатів з МАЗІ при середній частоті заміни інструменту 20 шт/год і економії на кожну заміну 20 с скорочення часу роботи БВ складає майже 10% від часу його роботи.

Скоротити час на пошук нових технічних рішень при розробці МАЗІ мо-

жливо за рахунок створення типових уніфікованих конструкцій. Але такий підхід не є завжди виправданим, так як різні вимоги і умови як споживачів, так і виробників, приводять до того, що одні й ті самі базові моделі БВ можуть оснащуватись різними МАЗІ. Але загальні тенденції, наприклад, види інструментальних магазинів які використовуються на тих чи інших БВ, зберігаються.

Дослідженнями [1] встановлено, що ланцюгові механізми використовуються в 61% випадків, в той час як барабанні – в 39% випадків (рис.3.3,а). Крім типу інструментального магазину на компоновки БВ значно впливають: положення осі шпинделя; місце установки магазину; взаємне розташування шпинделя та магазину; наявність і тип автооператора; кількість захватів автооператора; наявність револьверної головки та інше.

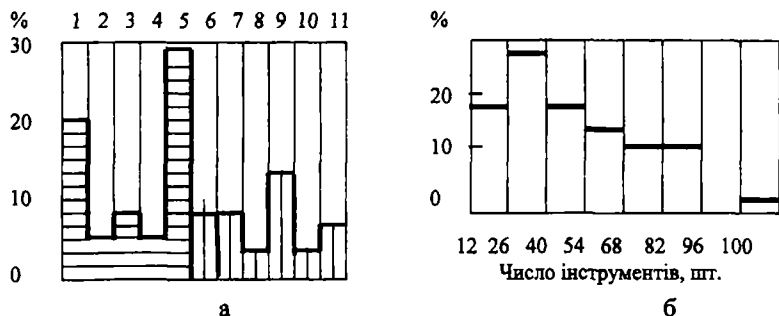


Рисунок 3.3 - Гістограма розподілу частоти використання:
а – інструментальних магазинів ланцюгового і барабанного типу; б – міс-
ткості інструментальних магазинів

Будова МАЗІ в гістограмах представлена в семизначному коді:

- в позиції 1 - код записаний ключовим словом Т;
- позиція 2 – тип інструментального магазину, де 1 – барабанний ма-
газин, 2 – ланцюговий магазин;
- позиція 3 – положення осі обертання магазину, де 1 – паралельно
осі Х, 3 – паралельно осі Z;
- позиція 4 – місце установки магазину, де 1 – на стійці, 2 – на шпин-
дельній бабці, 3 – на станині, 5 – автономно;
- позиція 5 – взаємне розташування шпинделя і магазину під час за-
міни інструмента, де 1 – будь яке, 2 – задане;
- позиція 6 – наявність і тип автооператора, де 1 – без автооператора,
2 – є автооператор з двома захватами;
- позиція 7 – наявність револьверної головки і розташування її в про-
сторі, де 0 – револьверна головка відсутня.

Гістограма розподілу, яка отримана на базі статистичних даних (рис.3.3,а) має такі види МАЗІ, які позначені кодами: 1 – код Т335220; 2 – код Т335120; 3 – код Т313220; 4 – код Т311220; 5 – код Т311220; 6 – код Т135220; 7 – код Т131220; 8 – код Т111120; 9 – код Т112120; 10 – код Т111220; 11 – код Т111120.

Питання місткості інструментальних магазинів БВ залишається дискусійним. Спостерігається дві тенденції: одна тенденція спрямована на збільшення місткості інструментальних магазинів, друга – на зменшення їх місткості. Існуючий розподіл місткості інструментальних магазинів представлений на рис.3.3,б.

Збільшення місткості інструментальних магазинів веде до розширення технологічних можливостей БВ, а, відповідно, до збільшення їх завантаження. В той же час росте вартість верстата, а, відповідно, і собівартість продукції. Зменшення місткості інструментальних магазинів досягається за рахунок використання більш прогресивних технологій, що є перспективним напрямком в підвищенні ефективності ГВС. Аналіз місткості інструментальних магазинів за останні роки показує, що більшість верстатів оснащується магазинами з кількістю інструментів 30–60 шт.

Спостерігається тенденція скорочення координатних рухів вузлів МАЗІ; досягнення максимального суміщення часу заміни інструментів з часом роботи верстата; скорочення або усунення при зміні інструмента координатної установки по осям X і Y з метою досягнення високої співвісності поверхонь деталі при обробці отворів різномірним інструментом; виключення впливу маси інструментів на точність верстата та обробки взагалі; забезпечення зручного обслуговування магазину під час роботи верстата та безпечного нагляду за процесом обробки; зменшення забруднення магазину без істотної зміни основних вузлів верстата; забезпечення можливостей здійснення незалежного (модульного) принципу побудови МАЗІ.

3.3 Сучасні види компоновок МАЗІ

3.3.1 Загальна характеристика існуючих компоновок МАЗІ

Експертні оцінки, які використовуються сьогодні для визначення якості тієї чи іншої компоновки, базується на вже існуючих їх видах. Так як досвід експерта може бути накопичений на існуючих механізмах, то він є не завжди позитивний, тому що МАЗІ ще не є зовсім удосконаленими. Але і недостатній досвід є основою для аналізу, що не дозволить повторити помилок, які були допущені конструкторами попередниками.

Оцінка ефективності використання МАЗІ по критерію мінімальної собівартості показує, що іноді бувають випадки, коли собівартість продукції значно зростає. Але це ще не говорить про те, що використання МАЗІ взагалі є збитковим. Це перший сигнал до того, що його компоновка не є оптимальною, так як при оптимальній компоновці ТС стає прибутковою. Тому необхідно проаналізувати всі, або більшість, МАЗІ з урахуванням як їх переваг, так і недоліків.

По розташуванню МАЗІ відносно шпинделя БВ їх можливо розділити на компоновки із співвісними, паралельним та кутовим розташуванням інструментів у магазині і в шпинделі. Вид компоновки МАЗІ може визначатись видом верстата: із вертикальним розташуванням шпинделя; горизонтальним, а також компоновкою для повздовжньо-обробного БВ.

3.3.2 Компоновки механізмів автоматичної заміни інструментів без автооператора

Механізми автоматичної заміни інструментів без автооператора можуть бути розташовані відносно осі шпинделя верстата співвісно і паралельно. Це визначається компоновкою верстата, його призначенням, технологічними можливостями та інше.

При співвісному розташуванні інструментів в гнізді магазину й шпинделі при заміні достатньо повернути магазин до суміщення гнізда інструмента з віссю шпинделя, а потім перемістити його вздовж осі. Після цього інструмент виштовхується із магазину і закріплюється в шпинделі. Повернення інструмента, що відпрацював, в магазин відбувається у зворотному порядку. Схема дій таких механізмів показана на рис. 3.4,а,б.

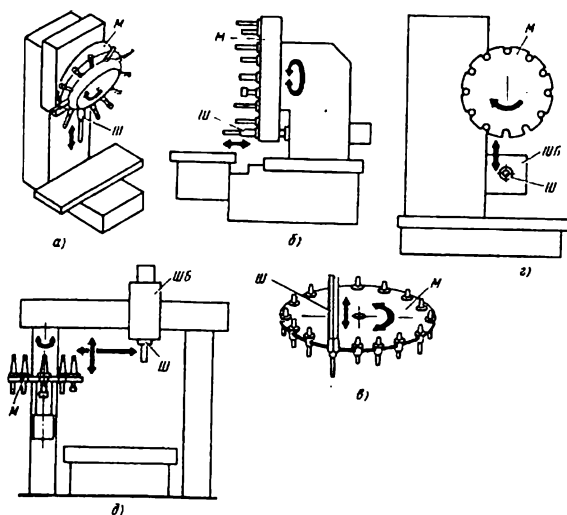


Рисунок 3.4 - Схема компоновки МАЗІ при заміні інструментів без автооператора:

а,б,в – співвісне розташування магазину і шпинделя; г,д – паралельне розташування

На рис.3.4,а показана компоновка БВ, у якого інструментальний магазин виконаний у вигляді конусного барабана з похилою віссю повороту. Ось інструментального гнізда, яке знаходиться в момент заміни інструмента в нижньому положенні, суміщається з віссю шпинделя. При русі вниз шпиндель захоплює інструмент за оправку і переміщує її до заготовки. Закріплення оправки в шпинделі відбувається автоматично. Кількість інструментів в таких магазинах складає 12 штук.

На рис.3.4,б показана компоновка верстата з горизонтальним співвісним розташуванням осі магазину і шпинделя верстата. Магазин вміщує 20 інструме-

птів. Видача інструмента із магазина відбувається при русі пінолі шпинделя вперед, таким же чином, як і в схемі рис.3.4,а.

Розглянуті схеми компоновок мають суттєві недоліки: піноль шпинделя здійснює тривалі допоміжні рухи, необхідні для подачі інструмента в зону обробки; збільшення довжини пінолі веде до зниження її жорсткості, а відповідно, і зниження точності обробки; зменшення місткості інструментальних магазинів, що пов'язано із необхідністю збільшення простору між інструментами для виключення можливості перешкоди сусідніх інструментів роботі того інструменту, який зараз працює; для пошуку інструменту магазин повинен відводитися від заготовки на значну відстань; інструментальний магазин знаходиться в робочій зоні верстата або на незначній відстані від неї, через що різальний і допоміжний інструмент, механізми магазина легко забруднюються стружкою та МОР.

Схеми компоновки верстатів без автооператора при паралельному розташуванні осі шпинделя і інструментів приведені на рис. 3.4,в,г. Щоб розташувати інструментальний магазин за робочою зоною верстата, його піднімають над шпиндельною бабкою, або виносять на спеціальну стійку (колону). У цих випадках осі інструментів в магазині і шпинделі верстата паралельні, але не співпадають між собою.

На рис.3.4,в показаний дисковий магазин, який розміщений на вертикальних спрямівницях стійки над шпиндельною бабкою. В порівнянні з розглянутим раніше способом зміни інструментів, тут додається рух, який необхідний для суміщення осі інструмента, який замінюється, і шпинделя. Після суміщення осі інструмента з віссю шпинделя відбувається хід повзункової бабки вперед, і інструментальний блок закріплюється в шпинделі верстата. Після цього магазин піднімається за межі робочої зони. Дисковий магазин розташований на боковій стійці і може виконувати два рухи: поворот для пошуку інструмента, що змінюється, і переміщення вздовж своєї осі для заміни інструмента.

Загальним недоліком всіх цих схем компоновок є значні витрати часу на допоміжні ходи магазина або шпиндельної бабки, велика їх вага, ускладнення конструкції та збільшення вартості БВ.

3.3.3 Компоновки МАЗІ з автооператором

Компоновка МАЗІ, у яких інструмент в магазині розташовується паралельно осі шпинделя

На БВ з горизонтальним шпинделем інструментальні магазини М встановлюються на стійці верстата (рис.3.5,а). Для зв'язку магазина із шпинделем верстата використовується автооператор А. Дві принципові схеми роботи автооператорів показані на рис.3.5,б,в. В першій схемі (рис.3.5,б) автооператор здійснює рух знизу вгору, захоплює оправку інструмента, що знаходиться в гнізді, і виводить її в напрямку осі. Інструмент, що знаходиться в шпинделі, забирається другим захватом при переміщенні корпусу автооператора вниз. Після цього автооператор рухом вздовж осі шпинделя виводить інструмент, що відпрацював, із шпинделя. Відбувається поворот автооператора навколо своєї осі на 180°, до шпинделя підводиться новий інструмент і вводиться в отвір, де він автома-

тично закріплюється спеціальним пристроєм. Після цього каретка автооператора переміщується вгору для перенесення інструмента, що відпрацював, в магазин.

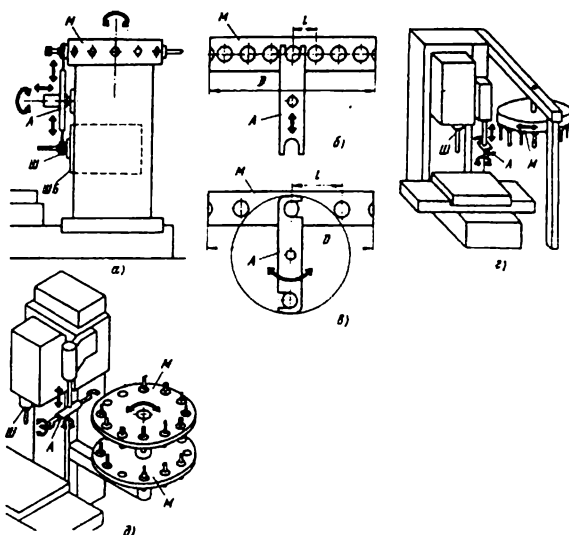


Рисунок 3.5 - МАЗІ з автооператором:

а – при горизонтальному розташуванні шпинделя; б,в – при вертикальному розташуванні шпинделя

В іншій схемі (рис.3. і,в) автооператор не має вертикального переміщення. При заміні інструмента він обертається навколо горизонтальної осі, одночасно захоплює інструмент із магазину і шпинделя, а потім рухом вздовж осі виводить їх, поворотом на 180° здійснює обмін місцями і вставляє, відповідно, в шпиндель і магазин. Цикл заміни закінчується поворотом автооператора в горизонтальне нейтральне положення, при якому він не заважає повороту магазину і вертикальному переміщенню шпиндельної бабки.

Друга схема є простішою ніж перша, але вона має один суттєвий недолік: при повороті руки автооператора на 180° вона може зачепити інструменти, що розташовані в сусідніх гніздах. Для усунення цього недоліку відстань між інструментами збільшують, але це при постійному діаметрі магазину веде до зменшення його місткості. Для збереження постійної місткості магазину потрібно збільшувати його діаметр.

В верстаті СМ213 інструментальний магазин на 30 інструментів винесено за межі робочої зони верстата, де він встановлюється на поперечному брусі (рис.3.5,г). Автооператор, установлений збоку шпиндельної бабки, після зупинки шпинделя захоплює оправку з інструментом, що відпрацював, і інструмент з

магазину. При русі вниз автооператор виводить обидва інструменти з гнізд і обертається на 180° навколо осі. Після обміну місцями інструменти вводяться в шпindel і магазин, де автоматично закріплюються, а оператор повертається в середнє нейтральне положення і не заважає вертикальному переміщенню шпинделя.

Для збільшення місткості інструментальних магазинів їх виготовляють багатоярусними. На рис.3.5,д показаний верстат з двоохрусним магазином дискового типу, який вміщує до 40 інструментів. Багатоярусні магазини розміщують на брусах, які кріпляться до верстатів. Велика висота таких магазинів обмежує робочу зону верстата, крім того, збільшується величина вертикальних переміщень автооператора, що робить його конструкцією громіздкою. Це є істотним недоліком компоновок таких МАЗІ.

Розглянуті раніше компоновки МАЗІ дозволяють виконувати заміну інструментів при одному положенні шпиндельної бабки, що є їх суттєвим недоліком. Цього недоліку не мають МАЗІ для великих БВ з горизонтальним розташуванням шпинделя і магазинами на окремих колонах. Інструментальні магазини можуть бути як диски вими (рис.3.6,а), так і ланцюговими (рис.3.6,б). Захвати автооператора можуть висуватись з корпуса каретки, а вся каретка переміщуватись вгору і вниз за стійці верстата в напрямку паралельному осям магазину М і шпинделя Ш. В нижньому положенні каретки, яке показане на схемі, лівий захват автооператора висовується і захоплює інструмент із магазину. При русі каретки вздовж осі інструмента він виводиться із магазину, і каретка переміщується по стійці в положення проти шпиндельної бабки ШБ. Правий захват здійснює аналогічний цикл і виймає інструмент із шпинделя. Після цього відбувається поворот автооператора і заміна інструментів.

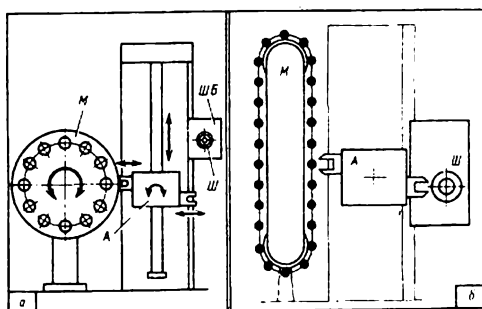


Рисунок 3.6 - МАЗІ з автооператором і магазином, розміщеним на стійці:
а – дисковим; б – ланцюговим

Недоліком такої компоновки є розміщення дискового або ланцюгового магазину близько до верстата, що зменшує робочу зону і створює незручності при завантаженні і розвантаженні магазину. Роздільний рух захватів ускладнює конструкцію автооператора

Компоновка МАЗІ для БВ з кутовим розташуванням інструментів відносно осі шпинделя

Схема такої компоновки показана на рис.3.7,а. Магазин барабанного типу розміщено на стійці БВ з горизонтальним розташуванням шпинделя. Інструментальні оправки з інструментом розташовані в магазині перпендикулярно осі шпинделя. Коли гніздо з інструментом попадає на позицію завантаження, воно здійснює поворот на 90° , і його ось стає паралельною осі шпинделя. Автооператор за допомогою гідроциліндра Ц_1 повертається із нейтрального положення в положення захвата інструмента, де одночасно захоплює інструменти з позиції завантаження і шпинделя верстата. Потім рухом циліндра Ц_2 автооператор виводить інструменти з гнізда магазину і шпинделя верстата, обертається разом з ним на 180° і міняє місцями інструменти. Після повернення автооператора в нейтральне положення шпиндель починає виконувати наступний перехід.

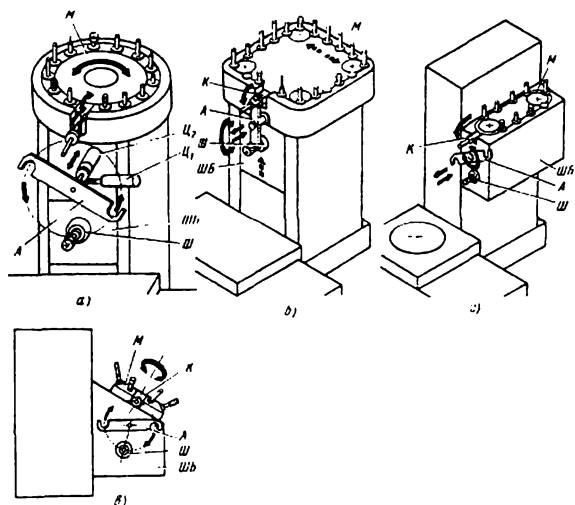


Рисунок 3.7 - Компоновка механізмів МАЗІ при їх розташуванні:
а,б – на стійці; в,г – на шпиндельній бабці

Замість барабанного магазину може бути установлений ланцюговий (рис.3.7,б). Принцип роботи МАЗІ лишається незмінним.

Вертикальне або похиле положення інструмента в магазині, у порівнянні з горизонтальним, має деякі переваги: магазин з інструментом має менші розміри в плані, спрощується утримання інструментальної оправки в гнізді магазину за рахунок її власної ваги, зменшується можливість травмування наладчика, що обслуговує верстат.

В деяких БВ інструментальний магазин розміщується на корпусі шпиндельної бабки (рис.3.7,в,г). Місткість магазину взагалі невелика від 16 до 24 інструментів. Перевагою такої компоновки є те, що шпиндельну бабку або карет-

ку автооператора не потрібно переміщувати при заміні інструмента. Але бокове, по відношенню до стійки, розташування шпиндельної бабки приводить до нерівномірної жорсткості гвинделя при зміні напрямку сили різання. В поєднанні з великою масою шпиндельної бабки вібрації, що виникають при роботі автооператора, істотно ускладнюють досягнення високої точності обробки. Перевагою бокового розташування магазина є те, що спрощується його завантаження інструментом при заміні.

Компоновка МАЗІ при боковому розташуванні магазина на верстатах з горизонтальним розташуванням шпинделів показана на рис.3.8,а,б. Ланцюгові магазини, якими оснащуються БВ, розташовані на боковій стороні стійки. Така компоновка спрощує роботу наладчика, але ускладнює конструкцію МАЗІ. В першому випадку (рис.3.8,а) така конструкція потребує двох автооператорів A_1 та A_2 для передачі інструмента з інструментального магазину в шпиндель БВ і навпаки. В другому випадку це досягається за рахунок виконання інструментального ланцюгового магазину Г-подібної форми. Але кожне гніздо магазину повинне оснащуватись кантувачем, а це також ускладнює конструкцію МАЗІ.

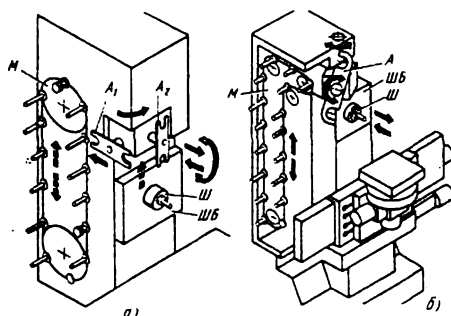


Рисунок 3.8 - Компоновка МАЗІ при горизонтальному розташуванні шпинделів:

а – з двома автооператорами; б – з одним автооператором, магазином Г-подібної форми і кантувачем

Таким чином, недоліком компоновки МАЗІ на боковій стороні стійки при горизонтальному розташуванні шпинделів є ускладнення конструкції вузла заміни інструментів.

Для усунення указаних вище недоліків використовують компоновки БВ з розміщенням МАЗІ на передній поверхні стійки (рис.3.9). Для зменшення розмірів стійки інструментальний магазин ланцюгового типу виконують Г-подібної форми. Це значно спрощує конструкцію МАЗІ, але ускладнює доступ до інструментального магазину. Доступ до нього можливий тільки при зупиненому верстаті. Тому заміна інструмента в магазині неможлива при роботі верстата, що негативно впливає на його продуктивність. Але така компоновка верстата дозволяє вести обробку деталей по п'яти поверхням без зміни її технологічної бази.

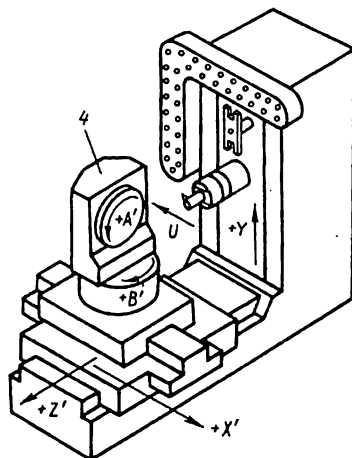


Рисунок 3.9 - Компонівка БВ при горизонтальному розташуванні шпинделя з МАЗІ на передній поверхні стійки

Компоновка МАЗІ при заміні інструментів за допомогою револьверних головок

На рис.3.10,а показана компоновка верстата з горизонтальним розташуванням шпинделя. Револьверна головка РГ встановлена на шпиндельній бабці ШБ. Горизонтальний робочий шпиндель РШ отримує обертальний рух від двигуна головного руху. Другий шпиндель СШ знаходиться в цей час в положенні заміни інструмента і не обертається. Запас інструментів (30 шт) створюється в дисковому магазині М, який встановлено зверху шпиндельної бабки. Для передачі інструментів із магазину в револьверну головку, і навпаки, служить автооператор А. Для виведення інструментальної оправки із шпинделя включається хід штока гідроциліндра Ц₂ праворуч, оправка переноситься до свого гнізда і за допомогою гідроциліндра Ц₁ вставляється в нього. Автооператор відводиться в нейтральне положення, і відбувається поворот магазину на потрібний кут. Інструмент, що підготовлений для заміни, уже знаходиться проти шпинделя, який звільняється. Автооператор переносить інструмент в посадочний отвір шпинделя. Всі ці дії виконуються під час роботи шпинделя.

Після закінчення робочого переходу револьверна головка РГ обертається відносно осі О₁ на 180°, і новий інструмент вступає в роботу. Інструмент, що відпрацював, попадає в позицію заміни.

Істотним недоліком такого МАЗІ є низька жорсткість шпинделя револьверної головки. Тому таку компоновку МАЗІ доцільно використовувати для верстатів, де виникають малі сили різання.

На рис.3.10,б показана схема компоновки верстата з вертикальним розташуванням робочого шпинделя револьверної головки. Автооператор А захоплює інструмент із дискового магазину, обертається відносно горизонтальної осі і

вставляє інструмент в гніздо revolverної головки. Перед цим інструмент, що відпрацював, виводиться з гнізда revolverної головки другим захватом автооператора. Для переміщення вздовж осі O_2 служить гідроциліндр Ц. Недоліком такої компоновки МАЗІ є низька жорсткість шпиндельних вузлів revolverних головок.

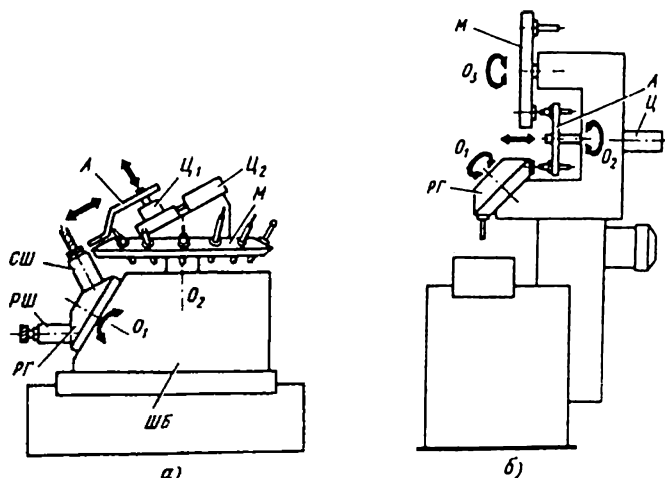


Рисунок 3.10 - Схема компоновки МАЗІ з revolverними головками:
а – при горизонтальному розташуванні шпинделя верстата; б – при вертикальному розташуванні шпинделя верстата

Компоновка МАЗІ на базі магазинів касетного типу

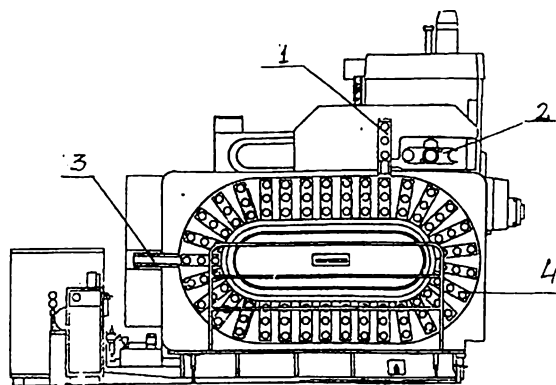


Рисунок 3.11 - Компоновка МАЗІ на базі магазину ланцюгового типу і касет:

1 – касета; 2 – автооператор; 3 – позиція вивантаження

МАЗІ такого типу дозволяють не чекати поки будуть використані інструменти всього магазину, а безперервно в автоматичному режимі проводити часткову заміну використаного або зношеного інструмента. Для цього використовують магазини барабанного або ланцюгового типу, які можуть вміщувати до 33 касет, в кожному з яких входить по три інструмента. Необхідна касета по команді ЧПУ автоматично подається із магазину в положення завантаження 1 (рис.3.11). Із касети потрібний інструмент автооператором 2 подається в шпindel БВ. Касета із трьох інструментів забезпечує достатньо тривалу роботу БВ, тому магазин має час для заміни необхідної касети на позиції вивантаження 3. Її заміна відбувається автоматично. Недоліком касетних магазинів є громіздкість їх конструкції.

Компоновка МАЗІ з трьома магазинами

Оснащення БВ декількома інструментальними магазинами значно розширює його технологічні можливості, особливо при обробці заготовок підвищеної складності, які потребують великої кількості інструментів. Для зменшення габаритів БВ може виникнути необхідність установа декількох магазинів малої місткості замість одного. Це дозволяє також спростити конструкцію кожного магазину і скоротити час пошуку інструмента. Так, наприклад, в БВ Cincinnati-Milacron (США) (рис.3.12) устаноується до трьох ланцюгових магазинів місткістю до 30 інструментів кожний.

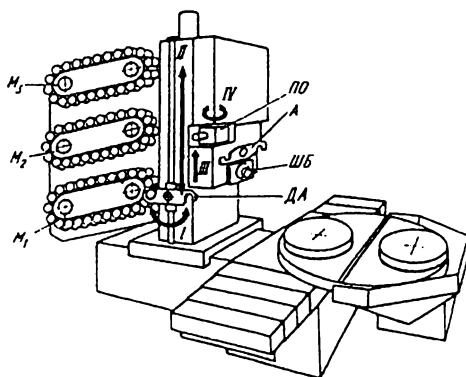


Рисунок 3.12 - Компоновка верстата з горизонтальним шпинделем і трьома магазинами ланцюгового типу:

М1, М2, М3 – інструментальні магазини ланцюгового типу; А – основний автооператор; ДА – допоміжний автооператор; ПО – позиція очікування; ШБ – шпиндельна бабка

Всі магазини взаємозамінні, що дозволяє в разі необхідності за допомогою роботизованого візка зробити заміну магазину. Заміна інструментів відбувається в позиції очікування. Поворотне гніздо позиції очікування ПО і автооператор А розташовані на шпиндельній бабці ШБ. Заміна інструмента відбу-

вається при будь-якому положенні ШБ. Це досягається за рахунок установки допоміжного автооператора ДА, який, на відміну від інших моделей з ПО, може переміщуватися для переносу інструмента з магазину на позицію зміни і зворотно. Також він може здійснювати вертикальне переміщення по спеціальним спрямівникам, що розташовані на стійці. Автооператор ДА може взяти оправку з інструментом в будь-якому магазині. Для цього ДА обертається навколо горизонтальної осі (рух I на схемі) і виводить оправку з магазину, потім по спрямівникам переносить її на позицію ПО (рух II), де вставляє в гніздо (рухи III, IV). Позиція очікування разом з оправкою обертається на 180°. На цьому підготовка до зміни закінчується. Безпосередня заміна інструмента в шпинделі БВ виконується автооператором А.

Недоліком такої компоновки є наявність двох автооператорів і допоміжної позиції очікування, а також громіздкість конструкції. Але наявність трьох магазинів малих розмірів дозволяє робити їх заміну без зупинки БВ, що забезпечує йому високу продуктивність.

3.3.4 Компоновки МАЗІ при оснащенні БВ змінними багатошпиндельними головками

Оснащення агрегатних верстатів змінними багатошпиндельними головками дозволяє придати їм гнучкість, в той час як оснащення багатоцільових верстатів змінними багатошпиндельними головками забезпечує підвищення їх продуктивності.

На автоматичному агрегатному обладнанні зі змінними шпиндельними головками виконують операції обробки стержневим інструментом (свердління, зенкерування, нарізання різьби, розвертування), розточування і підрізання торців. До похибок обробки, які характерні для традиційного агрегатного обладнання, на обладнанні із змінними багатошпиндельними головками додаються ще похибки, пов'язані з неточністю фіксації головок.

Базування силових головок на шпиндельному вузлі відбувається по площині і двом конусним штирям. Такий спосіб базування забезпечує повторюваність точності фіксації шпиндельних головок $\pm 0,01$ мм. Деякі провідні світові фірми гарантують цей показник вдвічі меншим.

Компоновочні рішення агрегатного автоматичного обладнання зі змінними шпиндельними головками відрізняються великою різноманітністю. Основним критерієм визначення компоновок таких верстатів є їх призначення. Верстати можуть оснащуватись як багатошпиндельними головками, так і одиничними інструментами.

Агрегатний верстат зі змінними багатошпиндельними головками показано на рис.3.13,а. Багатошпиндельні головки установлюються на поворотно-ділильному столі 3. Кількість головок може бути від 4 до 12 в залежності від їх розмірів і діаметра столу. Механізм подач і рушій вмонтовані в силовий стіл 2. Поворотний стіл 6 для заготовки забезпечує можливість її обробки з чотирьох сторін. Стіл переміщень 5 використовується при завантаженні і налагодженні верстата. Багатошпиндельні головки 4 на верстаті розташовані горизонтально. Недоліком таких верстатів є те, що для їх розташування потрібні значні площі.

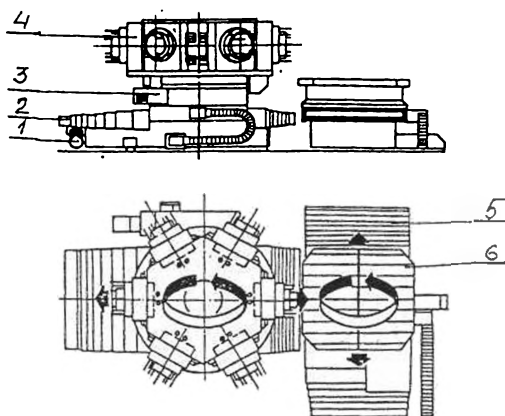


Рисунок 3.13 - Компонівка агрегатного верстата з ЧПУ і змінними багатопшпіндельними головками:

1 – рушій; 2 – силовий стіл подач; 3 – поворотний стіл; 4 – багатопшпіндельні головки; 5 – стіл переміщень заготовки; 6 – поворотний стіл для заготовки

При наявності технологічних можливостей верстата з багатопшпіндельними головками комплектують вертикальними. Такий верстат показаний на рис.3.14. Шпіндельні головки розміщені навколо шпіндельної бабки 1 в магазині 3, що має кільцеву замкнуту форму. В магазині розміщені спрямівниці, по яким переміщуються шпіндельні головки 3.

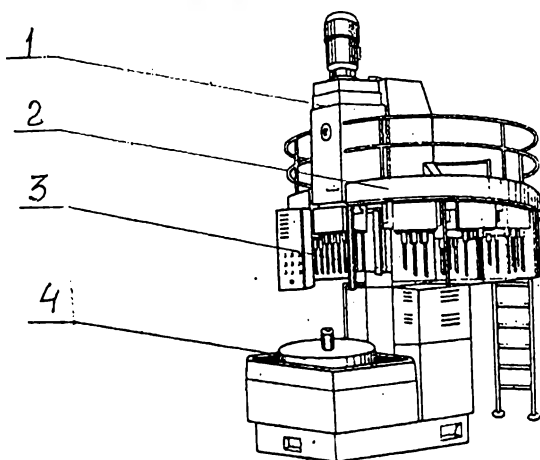


Рисунок 3.14 - Загальний вигляд вертикального багатопшпіндельного верстата моделі 2175МФ2

Кожна з головок послідовно проходить по спрямівниках під шпindelною бабкою 1, яка розташована над поворотним столом 4, з розміщеною на ньому заготовкою.

На рис.3.13 та рис.3.14 розглянуті БВ, у якого ось шпindelних головок збігалась з напрямком осі шпинделя. В деяких випадках така компоновка ускладнює конструкцію верстата. Тоді використовують компоновку БВ, при якій ось шпindelних головок розташовується перпендикулярно осі шпинделя. Схема такого агрегатного верстата показана на рис.3.15.

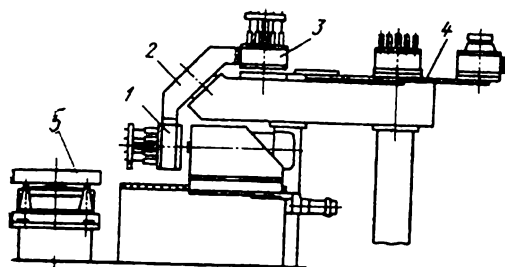


Рисунок - 3.15 - Схема агрегатного верстата, у якого ось шпинделя перпендикулярна осі шпindelних головок:

1,3 – багатошпindelні головки, відповідно в робочій позиції і в магазині;
2 – автооператор; 4 – багатопозиційний поворотний стіл; 5 – силовий стіл

Змінні багатошпindelні головки 3 устанолюються в спеціальному магазині 4 на багатопозиційному поворотному столі. За допомогою автооператора 2, що обертається навколо похилої осі, головка переноситься до шпинделя агрегатної силової головки верстата 1. Заготовка устанолюється на поворотному силовому столі 5, який забезпечує її обробку з чотирьох сторін.

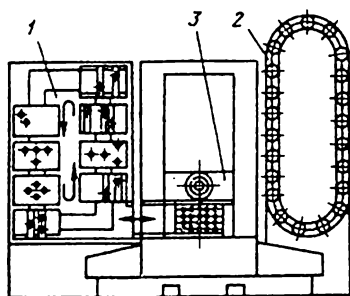


Рисунок 3.16 - Компоновка багатоцільового верстата з двома магазинами:
1 – лінійний магазин для багатшпindelних головок; 2 – ланцюговий магазин для одиничних інструментів; 3 – автооператор

Багатошпindelні верстати, що можуть працювати як автономно, так і в автоматичних лініях, для накопичення одиничних інструментів оснащуються допоміжними магазинами ланцюгового, барабанного або дискового типу. Компонівка багатошпindelного верстата, оснащеного магазином для накопичення багатошпindelних головок і одиничних інструментів, показана на рис.3.16.

Багатошпindelний верстат має двошрядний лінійний магазин 1 для накопичення багатошпindelних головок і ланцюговий магазин 2 для накопичення одиничних інструментів. Зміна одиничних інструментів і багатошпindelних головок відбувається за допомогою автооператора 3. Магазины встановлено на окремих стійках, що робить БВ громіздким, але при цьому зменшується вплив роботи магазинів на точність обробки заготовок.

При наявності двох магазинів, які розташовані по різних сторонах шпindelної бабки, одним автооператором їх обслуговувати неможливо, тому використовують два автооператори. Багатошпindelний верстат оснащений двома магазинами барабанного типу, в яких розміщуються як багатошпindelні головки, так і одиничні інструменти, показаний на рисунку 3.17.

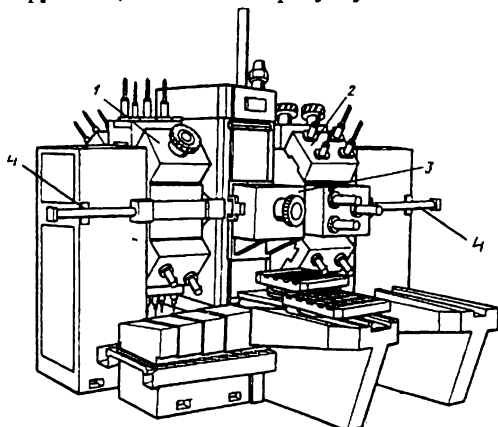


Рисунок 3.17 - Компонівка багатошпindelного верстата з двома магазинами барабанного типу:

1 – магазин барабанний лівий; 2 – магазин барабанний правий; 3 – робоча позиція; 4 – автооператори

Магазины (1,2) розміщуються по правій і лівій сторонах шпindelної бабки. Кріплення інструментів і шпindelних головок здійснюється за допомогою ластівчинного хвоста. Кожний магазин оснащено своїм автооператором, що значно прискорює заміну інструмента або шпindelної головки.

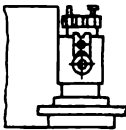
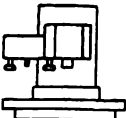
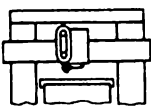
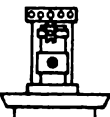
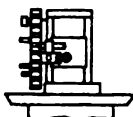
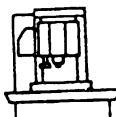
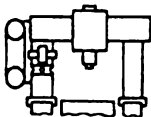
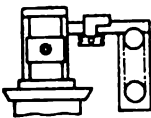
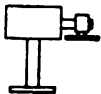
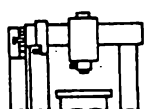
3.4 Групування варіантів компоновок по спільності їх конструктивних елементів

Незважаючи на велику кількість конструкцій МАЗІ, О.І. Авер'янов [1]

систематизував їх компоновки по спільності конструктивних елементів. В табл.3.1 представлені в схематичному варіанті відомі рішення МАЗІ в залежності від компоновки БВ.

Таблиця 3.1

Класифікація варіантів компоновок МАЗІ

Розташування магазина	БВ з горизонтальним шпинделем		БВ з вертикальним шпинделем		БВ з двома стійками	
	Номер компоновки	Схема	Номер компоновки	Схема	Номер компоновки	Схема
На шпиндельній бабці	11		21		31	
На стійці зверху	12		22		32	
На столі збоку	13		23		33	
Рядом з верстатом	14		24		34	

Вибрані три компоновки БВ: одношпиндельні верстати з вертикальним розташування шпинделя; одношпиндельні верстати з горизонтальним розташування шпинделя; портальні верстати на двох стійках з вертикальним розташування шпинделя. Прийнято чотири схеми розташування інструментальних магазинів: на рухомій частині верстата, тобто на шпиндельній бабці; на нерухомій стійці в верхній її частині; на боковій стороні стійки верстата і автономне розташування магазина поруч з верстатом на окремому фундаменті. Кожна схема має свій код.

Особливістю першої схеми розташування інструментального магазина на шпиндельній бабці є його обмеженість по місткості, яка не перевищує 25 гнізд.

Автооператор, що здійснює заміну інструмента, вбудовується в корпус бабки. Таке рішення дозволяє здійснювати заміну інструмента без зміщення шпиндельної бабки з координати, що підвищує точність обробки співвісних отворів та скорочує час заміни інструмента від “різа до різів”.

Друга схема компоновання МАЗІ також призначена для розміщення обмеженої кількості інструментів (до 30), але симетричне розміщення магазину на стійці знижує до мінімуму вплив маси інструмента на точність обробки і не потребує допоміжних площ. Автооператор переміщує інструмент в вертикальному напрямку. Заміна інструмента здійснюється в верхньому положенні шпинделя, тому такий варіант не має передач інструментів, які відмічались у першій схемі.

Для варіанта третьої схеми характерні взагалі ланцюгові магазини, які дозволяють змінювати їх місткість до 60 гнізд і навіть більше. Автооператори розташовуються автономно. По характеру руху їх можливо розділити на поворотні і ті, що переміщуються по траверсі. Заміна інструмента можлива як в постійній позиції (взагалі це середня позиція), так і в іншому положенні шпиндельної бабки.

Вибір того, чи іншого варіанту МАЗІ залежить від задачі, яка стоїть, умов експлуатації, економічної доцільності, вимог замовника, або особливостей компоновки БВ. Найбільш важливою задачею під час організації великомасштабного виробництва високопродуктивних БВ є знаходження такого варіанту моделі МАЗІ, яка може бути базовою для найбільшої кількості моделей верстатів. В ЕНДІМС були створені моделі МАЗІ. В основу визначення базової моделі була покладена методика експертних оцінок. Запропоновані такі критерії якості МАЗІ:

X_1 – продуктивність роботи верстата;

X_2 – фактори, які впливають на точність обробки співвісно розташованих отворів;

X_3 – вплив маси інструментів, які підлягають заміні, на якість обробки поверхонь;

X_4 – зручність обслуговування МАЗІ;

X_5 – необхідність мати додаткові площі для МАЗІ;

X_6 – можливість автономного виготовлення окремих вузлів МАЗІ;

X_7 – надійність роботи МАЗІ.

Необхідно враховувати те, що вартість верстаточасу дуже велика, тому цикл заміни інструмента необхідно скоротити до мінімуму. Для цього іноді необхідні значні зміни способів обробки деталей. Наприклад, під час обробки отворів діаметром більш ніж 100Н6 у редукторах необхідно виконати до шести переходів із зміною інструментів. Якщо таких отворів різних діаметрів буде 3–4, то для їх обробки в магазині повинно бути не менш ніж 18–24 інструмента, налагоджених на відповідний діаметр. Якщо такі переходи виконувати контурним фрезеруванням, то кількість інструментів зменшиться відповідно у 3–4 рази. Характерно, що втрати продуктивності при цьому не відбувається [27].

Під час автоматичної заміни інструменту допоміжний час на заміну визначається від “кінця різів до його початку”. Для можливих варіантів компо-

вок БВ необхідна відповідна кількість виконавчих органів МАЗІ. Тому, чим менше таких рухів, тим менше допоміжний час на заміну інструмента. Так для компоновки 1.1 (див. табл.3.1) цикл заміни враховує: кантування гнізда магазину з новим інструментом на 90° ; затиск інструментів захватами руки; висування руки; поворот руки на 180° ; установку інструмента в шпindel; розтиск захватів руки; кантування гнізда магазину на 90° .

Аналогічно будують цикли заміни інструменту для інших компоновок і аналізують їх. За результатами аналізу можливо зробити наступні висновки:

- кількість переміщень вузлів для заміни інструментів, які не суміщені з часом роботи верстата, залежить від виконання МАЗІ;

- час заміни інструмента залежить від наявності в циклі заміни переміщень робочих вузлів верстата, так як швидкість їх прискорених переміщень в 2–3 рази менше швидкості переміщень допоміжних механізмів.

Відповідно, при оцінці компоновань БВ беруть до уваги кількість координатних рухів виконавчих органів та кількість рухів робочих органів, що виконують ці рухи. Оцінка відбувається так: компоновка БВ з найменшою кількістю рухів отримує одне очко; за кожну додаткову пару рухів МАЗІ прибавляється ще 1 очко; за кожну пару рухів вузлів верстата під час заміни інструменту в середині робочого ходу – 2 очки; за кожну пару рухів вузлів верстата під час заміни інструменту у кінці робочого ходу – 4 очки. Результати оцінки зведені в табл. 3.2.

В деяких МАЗІ у циклі заміни інструмента передбачена постійна позиція заміни. При наявності такої позиції відходження шпindelної бабки з координатами оброблюваного отвору і повернення її зворотно після заміни інструмента дає помилку на величину повторення руху під час обробки співвісного отвору.

Під час обробки корпусних заготовок виникає необхідність обробки співвісних отворів різних діаметрів. Розточування проводиться борштангами, тому під час переходу на обробку отвору іншого діаметру необхідна зміна інструменту. Якщо заміна інструменту відбувається на координаті (шпindel не змінює свого положення відносно деталі по осям X та Y), то на відхилення від співвісності отворів впливає тільки точність установки інструментів в шпindel. Якщо для заміни інструмента шпindelна бабка повинна сходити з координати обробки, а потім повертатися, то на відхилення від співвісності впливає також точність лінійних координатних переміщень виконавчих вузлів.

Оцінка компоновок БВ по такому критерію відбувається таким чином: компоновки, в котрих заміна інструмента здійснюється на координаті, оцінюється в одне очко. Якщо шпindelна бабка сходить з координати для заміни інструмента, компоновка оцінюється максимальним балом – 5 очок.

Робота магазину і пошук потрібного інструмента відбувається під час обробки. При розташуванні магазину на робочих органах верстата процес пошуку впливає на якість оброблюваної поверхні. Найбільш інтенсивно це виявляється в момент пуску та гальмування магазину. Сили інерції, які виникають під час цього, діють на верстат, а відповідно, і на оброблювану поверхню і впливають на мікрогеометрію деталі. Ступінь цього впливу, при інших рівних умовах, за-

лежать від розташування магазина. Якщо інструментальний магазин розташований на шпindelній бабці, динаміка його роботи чинить найбільший вплив на процес обробки, так як сили, які виникають при роботі магазина, діють на шпindel. Якщо інструментальний магазин розташований на стійці, динаміка його роботи менш впливає на процес обробки, так як сили, що виникають під час роботи, діють на стійку. Якщо інструментальний магазин розташований на стійці зверху, вона працює на скручування, а якщо він розташований на стійці збоку – на згинання. Так як жорсткість стійки в першому випадку менша, вплив роботи магазина на обробку буде більшим. Якщо інструментальний магазин розташований поруч із верстатом, його робота в найменшій степені буде відображатися на шорсткості обробленої поверхні. В цьому випадку на процес обробки впливають коливання корпусу магазина, які передаються через фундамент.

Результати оцінки впливу розташування магазина на якість оброблюваної поверхні представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Вплив розташування магазина на якість обробки										
Параметр	Компоновка БВ									
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4	3.1	3.3	3.4
Розташування магазина	5	4	2	1	5	2	1	5	2	1

Таблиця 3.3

Зручність обслуговування верстата

Вимога	Компоновка БВ									
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4	3.1	3.3	3.4
Завантаження інструменту	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+
Нагляд за роботою МАЗІ	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+
Нагляд за роботою МВ	+	+	+	-	-	+	+	-	+	+
Обслуговування непрацюючого МВ	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+
Зручність розташування магазину	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+
Оцінка експерта	4	4	1	3	5	2	2	5	2	1

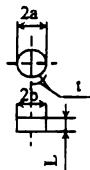
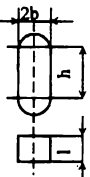
Під обслуговуванням БВ розуміють суму дій, необхідних для нормальної роботи верстата, перш за все МАЗІ: завантаження інструмента в магазин; спостереження за його роботою; огляд стану МАЗІ; очищення МАЗІ від стружки, бруду, мастила. Тому для оцінки компоновки по даному критерію необхідно врахувати всі ці вимоги. Ступінь зручності обслуговування визначається по тому, на скільки компоновка МАЗІ відповідає цим вимогам. Всі ці вимоги зведені в табл.3.3, де знаком “+” відмічено зручне обслуговування, знаком “-” не зручне.

Площа, яку займає МАЗІ, визначається в більшості розмірами інструмен-

тального магазину, яка залежить від його типу та розташування. Для оцінок компоновок по цьому критерію визначають площу, яку займає магазин. В табл. 3.4 кількість інструментів визначається через n , шаг між ними p . Коли магазини розташовані на стійці збоку, то оцінка буде 1 очко, а якщо магазин розташований зверху на стійці або на шпиндельній бабці – 0 очок.

Таблиця 3.4

Потреба в додатковій площі для БВ

Вид магазину	Схема	Площа під магазин	Оцінка експерта	Примітка
Дисковий		$0,08(n \cdot p)^2$	5	$a = np/2\pi$
		$0,95(n \cdot p)^2$	3	$a = np/2\pi$ $b \approx a$
Ланцюговий		$0,74(n \cdot p)^2$	4	$b = np/2\pi$ $n \approx b$
		$0,72(n \cdot p)^2$	2	$b = np/2\pi$ $l \approx b$

Використання МАЗІ у вигляді окремих вузлів залежить від можливостей їх компонування з вузлами верстата за умов мінімальної зміни їх конструкції. У зв'язку з цим МАЗІ повинні задовольняти таким вимогам: можливість зміни місткості магазину без зміни його конструкції; можливість виготовлення автооператора у вигляді автономного вузла. Оцінка компоновок БВ проводиться по виконанню цих вимог згідно з табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Можливості виготовлення МАЗІ із окремих вузлів

Вимога	Компоновка									
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4	3.1	3.3	3.4
Зміна місткості магазину	-	-	+	+	-	+	-	-	+	+
Використання автооператора у вигляді автономного вузла	-	+	+	+	-	-	+	-	+	+
Зміни в БВ	-	-	+	+	-	-	+	-	+	+
Оцінка експерта	5	3	1	1	5	3	2	5	1	1

Примітка: "+" означає виконання відповідної вимоги;

"-" невиконання такої вимоги.

Для визначення надійності більшість МАЗІ можливо розглядати як системи з послідовним з'єднанням елементів. Це означає, що для нормального функціонування конструкції її складові частини повинні бути працездатними.

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t), \quad (3.8)$$

де $R_i(t)$ – вірогідність безвідмовної роботи i -го елемента;
 n – кількість послідовно з'єднаних елементів.

Отже, при однаковій вірогідності безвідмовної роботи окремих елементів надійність конструкції тим вище, чим менше в неї механізмів. Так як МАЗІ є цикловим механізмом, то кількість механізмів можливо визначити по циклу роботи (табл. 3.6), тобто оцінка компоновки по надійності проводиться по кількості рухів в циклі.

Таблиця 3.6

Надійність роботи МАЗІ

Параметри	Компоновка									
	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.3	2.4	3.1	3.3	3.4
Кількість рухів в циклі	7	15	9	15	17	19	10	17	14	19
Оцінка експерта	1	3	1	3	4	5	1	4	3	5

Після оцінки компоновки по кожному критерію окремо необхідно виконати комплексну оцінку. Так як кожний критерій окремо в різній мірі впливає на вибір базової компоновки, то необхідно визначити коефіцієнт вагомості кожного критерію, для чого використовується метод аналізу складних неформалізованих проблем. Експертиза проводиться способом ранжирування критеріїв, який полягає в тому, що всім критеріям присвоюють відповідний ранг в залежності від ступеня вагомості. Найбільш важливий з точки зору експерта критерій отримує бал, який дорівнює одиниці. Кожний наступний критерій має бал на одиницю більший. Після статистичної обробки сумарну кількість балів, і, відповідно, ранги по кожному критерію заносять в табл. 3.7.

Таблиця 3.7

Результати експертного опитування по окремим критеріям

Спеціаліст i	Критерій						
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1	2	3	3	5	6	4	1
2	3	2	2	5	4	6	1
3	5	2	3	4	5	6	1
4	1	1	2	2	3	2	1
5	1	1	1	2	3	2	2
6	2	1	1	3	4	2	1
7	1	2	2	3	4	3	2
8	1	2	2	3	5	3	1
9	3	1	1	2	5	2	1
10	4	3	3	5	6	6	1
$\sum_{i=1}^n a_{ij}$	23	18	20	34	45	36	12
Ранг	4	2	3	5	7	6	1

Отримані результати перевіряються на одностайність думок експертів за допомогою коефіцієнта конкордації Кандела.

Ступінь впливу кожного критерію на комплексну оцінку компоновки МАЗІ характеризується коефіцієнтом вагомості.

Комплексна оцінка проводиться складанням оцінок по кожному критерію з урахуванням коефіцієнту вагомості, тобто

$$x_i = \sum_{j=1}^n q_j \cdot M_j, \quad (3.9)$$

де q_i – оцінка компонування по кожному критерію;

M_j – коефіцієнт вагомості відповідного критерію.

Компоновка, у якій комплексна оцінка буде мінімальна, у більшій степені відповідає вимогам, які висуваються до базової компоновки. Результати оцінки компоновок представлені в табл. 3.8.

Таблиця 3.8

Обробка результатів експертного опитування

Комп онов- ка	Критерій															$\Sigma q_i M_i$
	1		2		3		4		5		6		7			
	q_1	$q_1 M_1$	q_2	$q_2 M_2$	q_3	$q_3 M_3$	q_4	$q_4 M_4$	q_5	$q_5 M_5$	q_6	$q_6 M_6$	q_7	$q_7 M_7$		
1.1	0	0	5	0,089	5	0,520	4	0,752	0	0	5	0,995	1	0,068	2,5	
1.2	0	0	3	0,445	4	0,416	4	0,752	0	0	3	0,597	3	0,204	2,9	
1.3	1	0,236	1	0,089	2	0,208	1	0,188	1	0,236	1	0,199	1	0,068	1,2	
1.4	2	0,427	1	0,445	1	0,104	3	0,564	2	0,472	1	0,199	3	0,204	2,4	
2.1	4	0,944	5	0,089	5	0,520	5	0,940	4	0,944	5	0,995	4	0,272	3,8	
2.3	2	0,472	3	0,089	2	0,208	2	0,376	2	0,472	3	0,597	5	0,340	2,1	
2.4	4	0,944	2	0,089	1	0,104	2	0,376	4	0,944	2	0,398	1	0,068	2,0	
3.1	0	0	5	0,089	5	0,520	5	0,940	0	0	5	0,995	3	0,204	2,9	
3.3	1	0,236	1	0,445	2	0,208	2	0,376	1	0,236	1	0,199	4	0,272	2,2	
3.4	2	0,472	1	0,089	1	0,104	1	0,188	2	0,472	1	0,199	5	0,340	1,6	

3.5 Оцінка компоновок МАЗІ по сукупності критеріїв

Вирішувати задачі синтезу БВ, побудованих на основі модульного принципу, як задачі оптимізації не завжди є можливим через нестачу вихідних даних. У таких випадках використовують методи, що генерують множину рішень, які задовольняють умовам, на базі яких обирають прийнятий варіант компоновки БВ.

На основі вимог до синтезованих верстатів задаються їх структурною формулою, рядом умов, які пов'язані з їх розмірами, графом сумісництва, множиною початкових і кінцевих вершин матриць підсистем. Синтез компоновки БВ на основі заданих умов відбувається в декілька етапів. На першому етапі відбувається відбір множини моделей, які задовольняють умовам сумісництва. Після цього для кожного модуля по графу сумісництва шукають модулі, які можуть бути сполучені. З них вибирають ті, які відповідають заданим умовам. Після цього кожний ланцюг аналізується на наявність в ньому підсистем. Якщо під-

систем задовольняє умовам до неї, доповнюють ще моделі по графу сумісництва. Якщо остання процедура не відповідає заданим умовам, то подальший синтез по ланцюгу не відбувається, і цей шлях відкидається. Результатом програми є матриця, в строках якої записані модулі, що входять до складу необхідної компоновки БВ.

Розглянемо приклад для вибору і синтезу БВ, який будується із комплекту восьми модулів. Можливість стиковки їх визначена за допомогою графів. Ставиться задача вибору компоновки верстата, яку можливо отримати на базі заданого комплекту модулів для обробки даної заготовки. Вихідні дані по умовах замовника такі:

1. Тип виробництва..... дрібносерійний
2. Річна програма випуску деталей, шт.....810
3. Число партій за рік, шт.....18
4. Термін випуску, роки5
5. Число деталей в партії, шт.....45
6. Коефіцієнт змінності обладнання.....1,8
7. Коефіцієнт використання БВ.....0,8

Існує декілька варіантів технологічного процесу обробки заготовки (рис.3.18). Під час обробки заготовки з п'яти сторін на одному верстаті потрібно мати верстат з горизонтальним розташуванням шпинделя, крім того, він повинен бути оснащений поворотним столом (структурна формула верстата $BDZXOYC_h$).

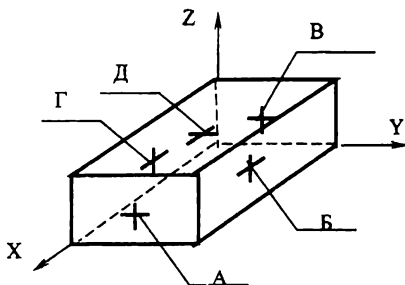


Рисунок 3.18 – Оброблювана заготовка

Другий варіант допускає обробку всіх площин заготовки на одному верстаті: спочатку оброблюють чотири сторони, а потім заготовку переустановлюють і обробляють п'яту сторону (структурна формула $AYZXOC_h$, $AYOXZC_h$, $BXOZYC_h$ і $DYXOZC_h$).

Третій варіант передбачає обробку чотирьох сторін заготовки на одному верстаті (структурні формули $AYZXOC_h$, $AYOXZC_h$, $BXOZYC_h$ і $DYXOZC_h$), а п'яту сторону на іншому верстаті.

Четвертий варіант передбачає обробку деталі на БВ з вертикальним положенням шпинделя з обробкою чотирьох сторін на кутовому пристрої з переустановкою, а п'яту сторону оброблюють на столі верстата (структурні форму-

ли $XYOZC_v, OXYZC_v$).

Час, необхідний на виготовлення деталі і на наладку БВ, приведено в табл. 3.9.

Таблиця 3.9

Час на обробку корпусної деталі, хв.

Час	Варіант технологічного процесу			
	1	2	3	4
Штучний	52	52	47	60
Наладка БВ на партію деталей	98	127	98	134

Для оцінки доцільності використання того чи іншого варіанта БВ використовується показник ефективності λ , який відображає ефективність від експлуатації БВ в долях приведених затрат по відношенню до базового варіанта. З метою спрощення розрахунків за базу прийнято умовний верстат з сумарними непрямыми витратами на обробку рівними нулю. При цьому варіанти, що розглядаються, ранжирують за величиною їх ефективності відносно умовної бази в залежності від показника λ_{m6} . При порівнянні двох любих із m можливих варіантів БВ показник $\lambda_{m,m+1} = \lambda_{m+1} - \lambda_m$. Відповідно економічний ефект

$$E_z(m, m-1) = \lambda_{m, m+1} Q_6 \quad (3.10)$$

де Q_6 – прями витрати.

При цьому прийняте припущення, що матеріал заготовок однаковий. Витрати на інструмент та пристрої також однакові і тому в розрахунках не приймають участі. Тоді

$$\lambda = 1 - \frac{1}{106} \left(\sum_1^m C_p - \alpha_{np} \Phi \sum_1^m p\beta \right), \quad (3.11)$$

де C – постійна величина, що залежить від заробітної платні наладчика і оператора;

Φ – річний фонд роботи верстата;

m – кількість верстатів кожного типу;

$\sum_1^m p\beta$ – приведена кількість верстатів по варіантах обробки;

$\beta = \frac{\alpha_{\phi_i}}{\alpha_n}$ – коефіцієнт приведення;

$\alpha_{np} = \sum_1^m \alpha_{\phi}$ – приведена стала непрямих витрат;

α_{ϕ} – стала непрямих приведених витрат верстата.

Аналіз показав, що найбільш ефективним є третій варіант БВ, тобто коли на одному верстаті оброблюють заготовку з чотирьох сторін, а п'яту сторону – на іншому верстаті.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Які задачі переслідує компоновка БВ?
2. Які проектні критерії та обмеження існують при компоновці БВ?
3. Які є етапи компоновок?
4. В чому полягає принцип проектування на основі модулів?
5. Якими є складові модулі МАЗІ?
6. Які існують варіанти компоновок МАЗІ, розроблені ЕНІМС?
7. Як розподіляються по місткості в процентному відношенні магазини барабанного і ланцюгового типів?
8. Яка загальна характеристика існуючих компоновок МАЗІ?
9. Які є види компоновок МАЗІ без автооператора?
10. Особливості компоновок МАЗІ з автооператором.
11. Особливості компоновок МАЗІ з револьверними головками.
12. Особливості компоновок МАЗІ з касетами.
13. Особливості компоновок МАЗІ з декількома магазинами ланцюгового типу.
14. Особливості компоновок МАЗІ з багатошпіндельними головками.
15. Яка існує класифікація варіантів компоновок по спільності їх конструктивних елементів?
16. По яких критеріях здійснюється експертна оцінка компоновок МАЗІ?
17. В чому полягає суть оцінок компоновок МАЗІ по сукупності критеріїв?

4 ДОПОМІЖНІ ІНСТРУМЕНТИ

4.1 Загальна характеристика допоміжних інструментів і вимоги до них

Поява підсистеми автоматичної заміни інструментів, розглянутої в розділі 2, поставила перед виробниками задачу створити уніфіковане інструментальне оснащення у вигляді інструментальних блоків, які включають різальні та допоміжні інструменти з уніфікованими вузлами кріплення та місцем для захвата автооператором при заміні блока.

Досконалість конструкції інструментального блока істотно впливає на час його заміни, а, відповідно, і на продуктивність ТС. Крім того, вона впливає на час підготовки виробництва як при освоєнні обладнання, так і при переході на випуск нової продукції.

Скорочення часу заміни інструментального блоку досягається, перш за все, попереднім налагодженням його поза верстатом, а також швидкою заміною на робочій позиції.

Надійна конструкція блока з високою жорсткістю та вібростійкістю дозволяє ТС працювати на інтенсивних режимах різання, що забезпечує високу продуктивність обладнання за рахунок зменшення основного часу його роботи.

Конструкція допоміжного інструмента для верстатів з автоматичною заміною інструментів визначається формою і розмірами поверхонь, які необхідні для закріплення блока на верстаті та для закріплення різального інструмента в блоці. Пристрої, які здійснюють автоматичну заміну інструмента і його кріплення на верстаті, визначають конструкцію хвостовика, який повинен бути однаковим для всіх інструментів, що використовуються на даному верстаті. Для отримання необхідних розмірів деталей без пробних проходів необхідно ввести в конструкцію допоміжного інструмента відповідні пристрої, які б забезпечили регулювання положення різальних кромek інструмента. Для цього використовують спеціальні перехідні пристрої (адаптери), у яких хвостовик сконструйований для відповідного верстата, а передня частина служить для кріплення інструмента. Елементи адаптера, які призначені для кріплення різального інструмента, визначаються формою його хвостовика, який може бути призматичним, циліндричним або конічним.

Кількість типів поверхонь для кріплення різальних інструментів тільки для одного БВ може складати декілька сотень. Тому для кріплення інструмента використовують уніфіковані затискні елементи, які можна переналагоджувати.

Швидкий розвиток верстатів з ЧПУ вимагає використання допоміжних інструментів таких конструкцій, щоб їх серійне виробництво потребувало найменших затрат. Тому переваги віддають конструкціям, які можуть бути поділені на раціональну кількість складових частин по принципу агрегування. При цьому перевагу віддають конструкціям допоміжних інструментів зі стандартними елементами. Це забезпечує спадкоємність конструкцій допоміжних інструментів та мінімальну їх собівартість. Критеріями вибору оптимальних конструкцій допоміжних інструментів при їх розробці є універсальність, жорсткість, точність, можливість переналагоджування та довговічність, які визна-

чають ефективність експлуатації БВ.

Довговічність допоміжного інструмента суттєво залежить від матеріалу, з якого він виготовляється, та технології обробки. Для виготовлення корпусів допоміжних інструментів використовується сталь 18ХГТ твердістю не нижче HRC, 48-52, для повідків і сухарів, що передають крутні моменти – сталь 40Х з гартуванням до HRC, 44-50. Шорсткість поверхонь, що контактують при з'єднанні, повинна бути $Ra = 0,2 - 0,8 \mu m$.

Основними вимогами, яким повинен відповідати допоміжний інструмент, є:

- кріплення різального інструмента в шпинделі верстата повинно забезпечити його жорсткість, вібросталість та точність в відповідності з ходом технологічного процесу;
- можливість регулювання положення різальних кромок інструмента відносно системи координат верстата з ЧПУ;
- можливість концентрації переходів за рахунок використання багатшпиндельних свердлильних головок;
- мінімальний час на заміну різального інструмента в допоміжному та його самого в шпинделі верстата або revolverній головці;
- розширення технологічних можливостей верстатів з ЧПУ за рахунок уніфікації інструментів для реалізації ходу ТП;
- зручність в експлуатації та безпечність в роботі;
- технологічність при виготовленні та складанні;
- довговічність.

Існуючі види допоміжних інструментів у відповідності з їх призначенням для різних груп верстатів приведені на рис 4.1. Вони розділені на дві основні групи: для верстатів свердлильно-фрезерно-розточувальної групи та для верстатів токарної групи. Різальний, а, відповідно, і допоміжний інструмент можуть кріпитись як в шпинделі верстата, так на супорті в revolverній головці. Тому форма хвостовика і механізм кріплення допоміжного інструмента будуть визначатись місцем його розташування. При кріпленні інструмента в шпинделі верстата хвостовик допоміжного інструмента може бути конічним з конусністю 7:24 і циліндричним. При кріпленні інструментів в revolverній головці їх хвостовики можуть бути з зубчатим вінцем, з базуючою призмою, у вигляді циліндра з рифленням та лискою, конічними з конусністю 7:24.

В умовах автоматичного виробництва заміна інструмента при зміні переходу відбувається автоматично, наприклад, за допомогою автооператора або revolverної головки. Ручна заміна інструмента в revolverній головці або магазині відбувається при їх налагодженні.

Створення БВ з високою універсалізацією, наприклад, шліфувальних, токарних та інших, які оснащуються нетрадиційними для цих видів верстатів інструментами, викликало потребу у використанні інших допоміжних інструментів та способів їх кріплення (див. рис. 2.16).

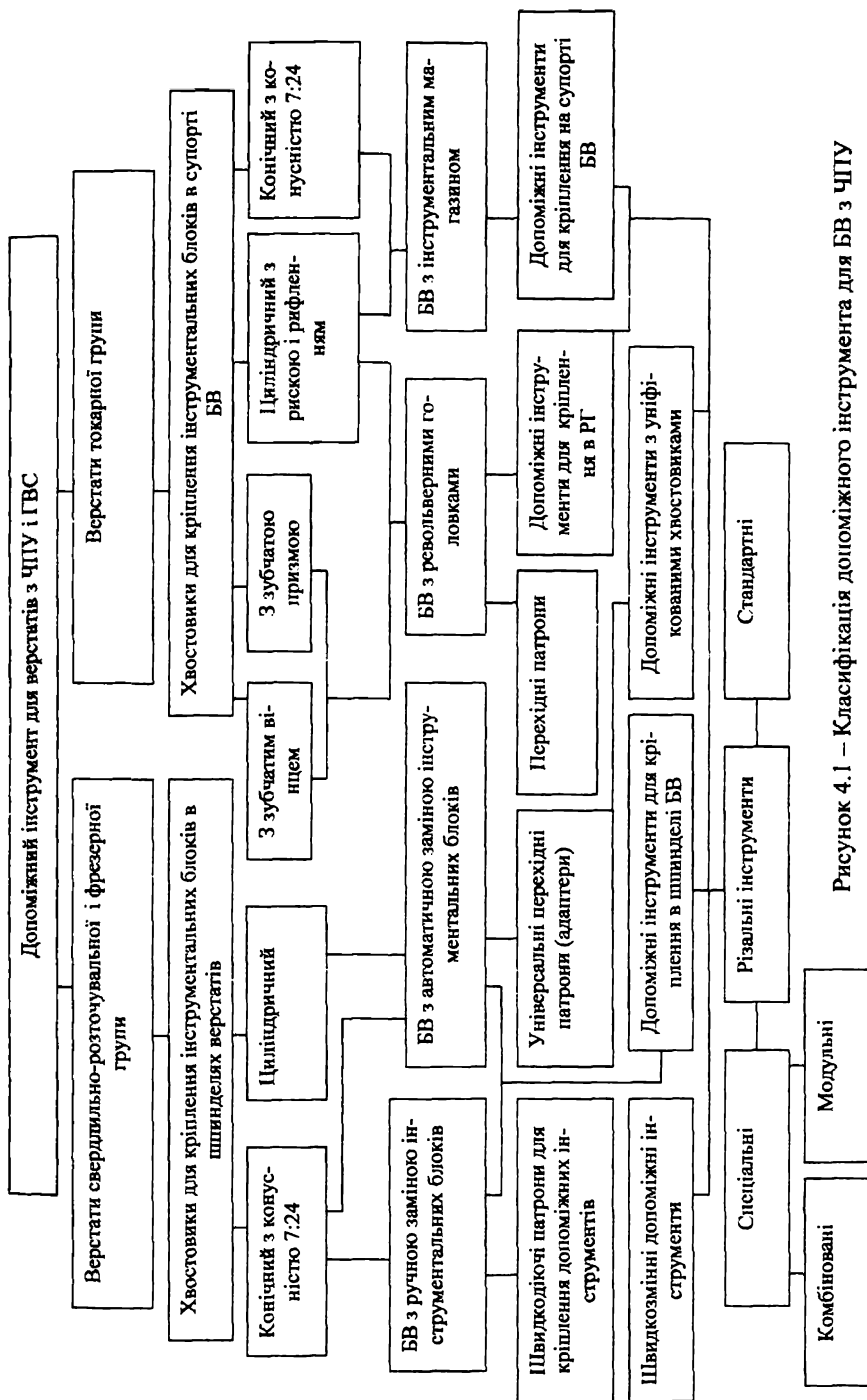


Рисунок 4.1 – Класифікація допоміжного інструмента для БВ з ЧПУ

4.2 Допоміжні інструменти для БВ свердильно-розточувальної і фрезерної групи

4.2.1 Загальна характеристика допоміжних інструментів для БВ свердильно-розточувальної і фрезерної групи

Спеціалізовані верстати з ЧПУ (свердильно-розточувальні, фрезерні), БВ та ГВС на їх базі комплектуються відповідним інструментальним оснащенням. Для кожного виду верстатів використовуються відповідні інструменти, кожен з яких має свій різновид кріплення. Тому для кріплення цих інструментів в шпинделях верстатів розроблені підсистеми допоміжних інструментів з уніфікованою формою елементів кріплення та поверхонь для захватів автооператорів.

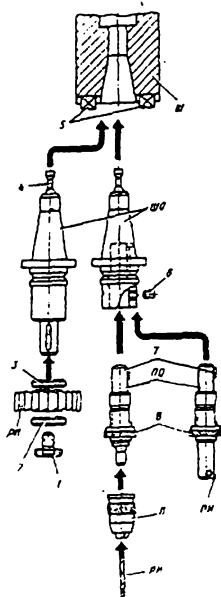


Рисунок 4.2 – Схема побудови інструментального оснащення

На рис. 4.2 показана принципова схема побудови інструментального оснащення БВ, куди входять шпиндельні оправки (ШО), хвостовики, які базуються за допомогою конусів 7:24 в шпинделі Ш. Діаметри хвостовиків можуть бути 30, 40, 50 і 60 мм. (відповідно до стандартів ISO).

Шпиндельні оправки вставляються в кінцевий отвір шпинделя і затягуються в ньому за допомогою хвостовика 4. Крутний момент передається шпонками 5, які кріпляться в шпинделі верстата, та моментом від сил тертя між конусом хвостовика та кінцевим отвором шпинделя. В циліндричному отворі шпиндельної оправки за допомогою гвинта 6 можуть кріпитися перехідні оправки (ПО). Виліт ПО із шпинделя регулюється гайкою 8. В перехідних оправках різальний інструмент (РІ) кріпиться безпосередньо або за допомогою патрона.

Узагальнена схема компоновання інструментального оснащення БВ показана на рис. 4.3. Вона включає ряд шпиндельних оправок (ШО) (1 – 15).

Шпиндельні оправки 10-11 використовують для кріплення спеціальних розточувальних різців; оправка 1-12 – для кріплення стандартних розточувальних різців. ШО 1-4 використовуються для кріплення фрез; ШО 5 – для різьбонарізних патронів та мітчиків. ШО 15 застосовують для кріплення приладів для контролю положення осі шпинделя відносно осі оброблюваного отво

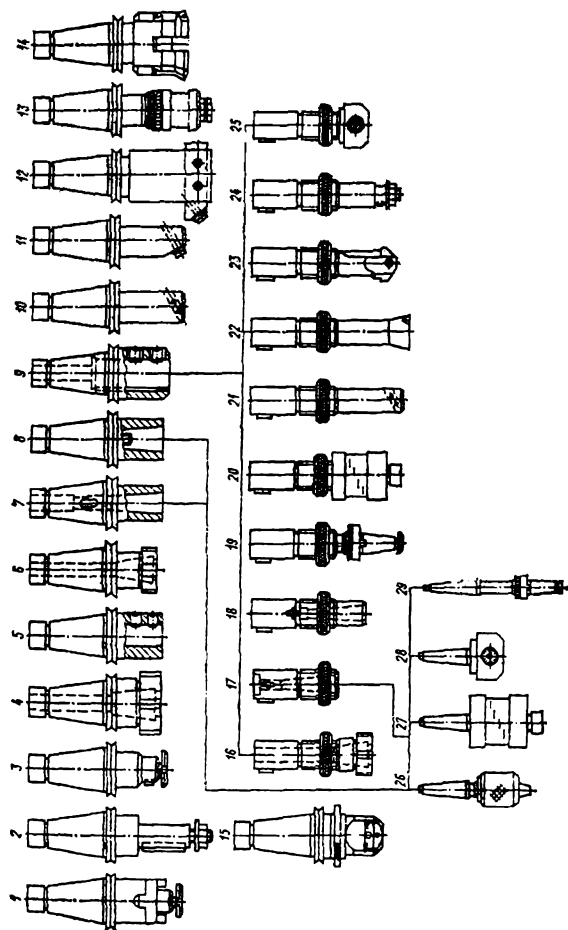


Рисунок 4.3 – Схема комплектування інструментального оснащення БВ

ру. ШО 6-7 – для кріплення свердел, зенкерів, розверток і фрез з конічним хвостовиком. ШО 9 – для кріплення перехідних оправок, які використовуються для свердел, зенкерів, розверток, мітчиків та розточувальних інструментів діаметром до 20 мм.

Збірні перехідні патрони використовуються для кріплення інструментів з конічним хвостовиком (рис.4.4). Основні параметри корпуса 1 визначаються параметрами шпиндельної оправки (див. рис. 2.43,б). Корпус патрона 1 з конусом 7:24 має внутрішній циліндричний отвір діаметром 36 або 48мм з шпонковим пазом. В корпусі знаходиться втулка 3, положення якої може регулюватись в осьовому напрямку за допомогою гайки-лімба 5. Гайка переміщується по трапецієподібній різьбі втулки 3. Утворена при цьому різьбова пара забезпечує переміщення інструмента без його обертання із-за наявності шпонки 2. Після досягнення потрібної величини вильоту інструмента гайка фіксується в корпусі гвинтами 7. На поверхні втулки зроблений похилий зріз для попередження її витягування з корпуса патрона.

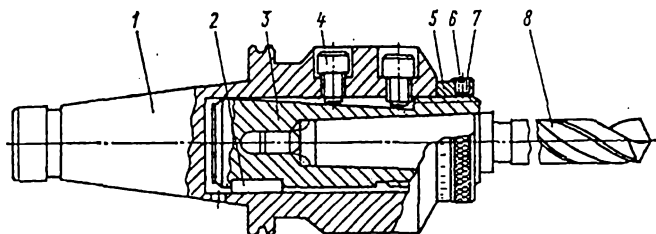


Рисунок 4.4 - Збірний перехідний патрон для кріплення інструментів з конічним хвостовиком

Передача крутного моменту від втулки 3 до хвостовика свердла відбувається за допомогою сил тертя, які виникають між конусом хвостовика і конічною поверхнею отвору від дії осової сили різання при свердленні (рис. 4.5).

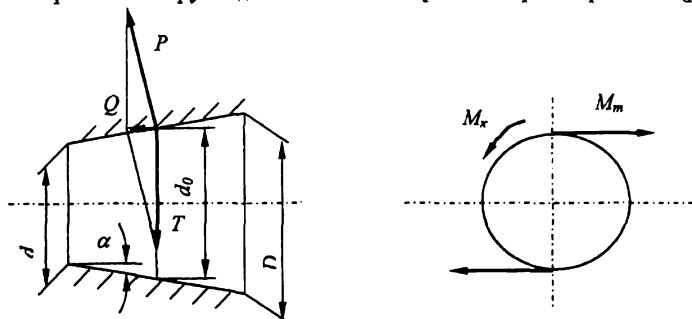


Рисунок 4.5 – Сили, що діють на конус осового інструменту

Осьову силу Q можливо розкласти на дві сили P - перпендикулярну до поверхні конуса і T - перпендикулярну до осі інструмента. Силу P можна знайти із співвідношення $P=Q/\sin\alpha$, де α - кут конуса. Сила тертя, яку створює осьова сила Q , дорівнює $F=\mu P$, де μ - коефіцієнт тертя між поверхнею конусного отвору та конусом інструмента.

Тоді момент тертя $M_{\text{тр}}$, який необхідно створити на парі отвір втулки - хвостовик інструмента, визначиться

$$M_{\text{тр}} = \mu P \frac{d_0}{2} = \mu \frac{Q}{\sin \alpha} \frac{(D+d)}{4} \geq k M_{\text{кр}}, \quad (4.1)$$

де D, d - максимальний і мінімальний діаметри робочої частини хвостовика; $k = 1,5 - 2,5$ - коефіцієнт запасу.

Залежність (4.1) справедлива тільки для ідеального випадку, коли похибка виготовлення конічної пари рівна нулю. У випадку, коли похибка виготовлення кута конусності $\Delta\alpha \geq 10'$, вплив її на величину $M_{\text{кр}}$, який передається, можливо визначити залежністю

$$M_{\text{тр}} = \mu P \frac{d_0}{2} = \mu \frac{Q}{\sin \alpha} \frac{(D+d)}{4} (1 - 0,04\Delta\alpha) \geq k M_{\text{кр}}. \quad (4.2)$$

З рівняння (4.2) можливо визначити величину осьової сили, необхідної для забезпечення передачі крутного моменту, який виникає при різанні

$$Q = \frac{4kM_{\text{кр}} \sin \alpha}{(D+d)(1 - 0,04\Delta\alpha)}. \quad (4.3)$$

Відомо, що при виході свердла із оброблюваного отвору осьова сила зменшується майже в два рази, в той час, як момент різання зменшується не суттєво. Це часто приводить до ламання лапки інструменту. Тому при визначенні потрібної осьової сили для запобігання ламання лапки необхідно приймати максимальне значення коефіцієнту запасу k .

Цангові патрони використовуються як основний пристрій для кріплення стандартного інструменту з циліндричним хвостовиком діаметром 5-25 мм (рис 4.6.).

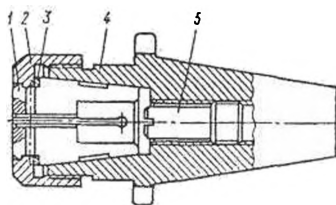


Рисунок 4.6 - Цанговий патрон для кріплення інструментів з циліндричним хвостовиком

Цанговий патрон забезпечує осьове регулювання вільноти інструменту в широкому діапазоні без зменшення надійності його кріплення. Надійність кріплення підвищується за рахунок упору 5, який і регулює виліт інструменту. В корпусі патрона 4 розміщена розрізна цанга 1 з кутом конусності $11^{\circ}25'16''$, яка має 8 прорізів з двох сторін. Наявність гайки 2, що має на внутрішній стороні кільцевий виступ, який входить в кільцеву канавку цанги, забезпечує при загвинчуванні переміщення цанги 1 в напрямку конуса корпуса 4, і, відповідно, закріплення інструменту в патроні. При відгвинчуванні гайки 2 цанга рухається в зворотному напрямку, що забезпечує розкріплення інструменту.

Розрахункова схема для визначення сил, необхідних для кріплення інструмента в цанзі без упору, показана на рис. 4.7, з упором – на рис. 4.8.

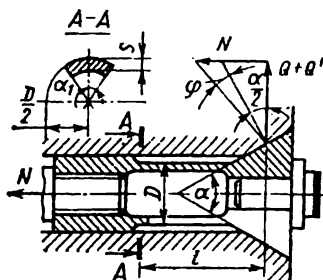


Рисунок 4.7 - Схема сил, необхідних для кріплення інструмента в цанзі без упору

Похибка базування інструменту в цанговому патроні складає 0,02–0,05 мм. Наявність упора забезпечує точне осьове положення різальних кромek інструмента в патроні.

Сила, яка необхідна, для закріплення інструмента при відсутності упора, визначається залежністю [20]

$$N = (W + W') \operatorname{tg} \left(\frac{\alpha}{2} + \varphi \right), \quad (4.4)$$

де W – сила закріплення інструмента;

W' – сила стиснення пелюсток цанги для вибирання зазору між її губками і інструментом;

φ – кут тертя між цангою і втулкою.

Сила W для закріплення інструмента визначається залежністю

$$W = \frac{k \sqrt{\frac{M_{\varphi}^2}{r^2} + Q^2}}{f}, \quad (4.5)$$

де $k = 1,2-1,5$ – коефіцієнт запасу;

f – коефіцієнт тертя між цангою і втулкою;

M_{φ} – крутний момент, який виникає при різанні;

Q – осьова сила, що зміщує цангу;

r – радіус інструменту.

Силу W можна знайти із умови, що цанга є балкою, яка закріплена консольно, тоді

$$Q = \frac{3Elf}{10l^3} n, \quad (4.6)$$

де E – модуль пружності матеріалу цанги;

l – довжина пелюстка від місця закріплення до середини корпусу;

f – стріла прогину пелюстка, яка дорівнює половині зазору по діаметру між інструментом і цангою;

I – момент інерції сектора тонкого кільця в місті закріплення пелюстка цанги (A-A на рис 4.7)

$$I = \frac{D^3 s}{8} (\alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1}); \quad (4.7)$$

де D – зовнішній діаметр поверхні пелюстка;

s – товщина стінки пелюстка;

α_1 – половина кута сектора пелюстка цанги.

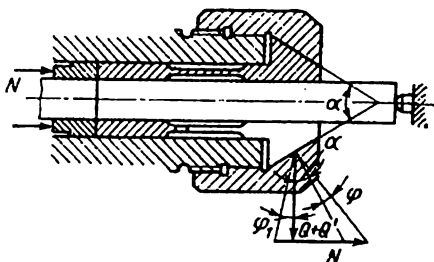


Рисунок 4.8 - Схема сил, необхідних для кріплення інструмента в цанзі з упором

Якщо цанговий патрон має упор (рис.4.8), то виникає додаткова сила тертя між губками цанги і інструментом (з кутом тертя φ_1). В цьому випадку сила, необхідна для кріплення інструменту, визначається

$$N = (W + W') [tg(\frac{\alpha}{2} + \varphi) + tg \varphi_1]. \quad (4.8)$$

Цанговий патрон з механізмом регулювання вильоту інструмента, показаний на рис. 4.9, використовується для кріплення фрез діаметром 3–10 мм. Регулювання здійснюється за допомогою обертання шестерні 5 з похилими зубцями. Обертання шестерні 5 здійснюється за допомогою ключа, що знаходиться на корпусі 4. Шестерня 5 знаходиться в зачепленні з рейкою–упором 6, на кінці якої є різьба, завдяки чому вона може переміщуватись в осьовому напрямку на 25мм. Ущільнювач 7, що закріплений в різьбовому кінці упора 6, слу-

жить для усунення зазорів в системі регулювання. Осьова сила затяжки передається від гайки 2 на цангу 1 через проміжне кільце 3.

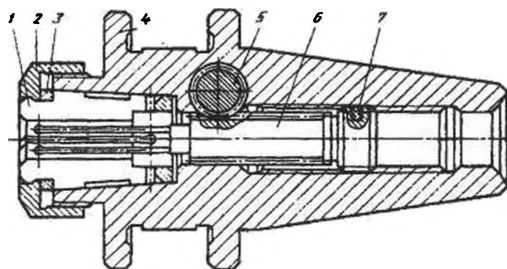


Рисунок 4.9 – Патрон з механізмом регулювання вильоту інструмента

Патрон для кріплення кінцевих фрез показаний на рис 4.10. Для кріплення кінцевих фрез з конічним хвостовиком використовуються патрони, у яких осьова сила, необхідна для створення моменту тертя, забезпечується гвинтом 4 та гайкою 1. Кінцева фреза встановлюється у втулку 2, що переміщується вздовж отвору корпусу 5 патрона. Від повороту втулку утримує шпонка 3. При установленні фреза попередньо нагвинчується на гвинт 4, після чого втулка втягується в корпус гайкою 1 для повного затягнення.

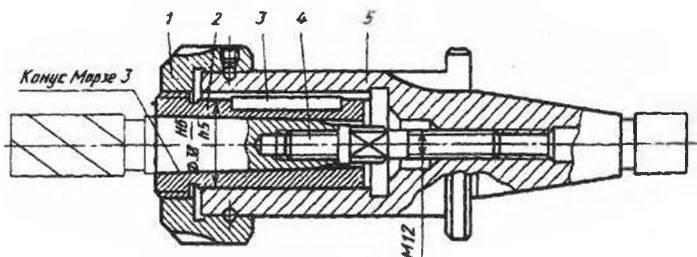


Рисунок 4.10 - Патрон для кріплення фрез з конічним хвостовиком

При розкріпленні гайка відтискує втулку всередину корпусу і фреза виводиться з конічного отвору. Сила закріплення і розкріплення фрези значно зменшується через використання в гайці однорядного кулькового підшипника.

Осьову силу, необхідну для закріплення фрези з конічним хвостовиком, визначають по формулі (4.3).

Номинальный диаметр гвинта, необхідний для закріплення фрези,

$$d = C \sqrt{Q/\sigma}, \quad (4.9)$$

де $C = 1,4$ – коефіцієнт запасу для основної метричної різьби;

σ - напруження розтягування, для сталі 45 $\sigma = 80 - 100$ МПа;
 Q – осьова сила, необхідна для закріплення фрези.

Момент, що розвивається на гайці 1 при закріпленні фрези, може бути визначений залежністю [20]:

$$M = r_{cp} Q \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + M_{TP}, \quad (4.10)$$

де r_{cp} - середній радіус різьби гайки;

φ - кут тертя в різьбі;

M_{TP} - момент тертя в кульковому підшипнику

$$M_{TP} = \mu \cdot Q \frac{d_k}{2}, \quad (4.11)$$

де d_k - діаметр канавки на втулці, по якій котяться кульки підшипника;

μ – коефіцієнт тертя котіння кульок в підшипнику.

Кулачкові свердлильні патрони використовуються для кріплення свердел діаметром від 0,5 до 12мм. Вони бувають двох типів: патрони, в яких рух механізму кріплення інструменту передається за допомогою ключа, та патрони, у яких рух механізму кріплення передається безпосередньо рукою.

Недоліком патронів, у яких рух механізму кріплення інструмента передається за допомогою ключа, є необхідність мати ключ для закріплення інструмента, швидке зношування різьби і кулачків; низка точність центрування; ослаблення сили закріплення інструмента під час його роботи та інше. Тому широкого використання такі патрони не отримали.

Більш широко використовуються патрони, у яких рух механізму закріплення передається вручну. Вони дають можливість закріплювати інструмент без ключа, що скорочує час налагодження і заміни інструменту, надійно закріплюють його і добре утримують при роботі. Недоліком таких патронів є те, що необхідно прикладати значні зусилля при кріпленні інструмента.

На рис 4.11 показаний свердлильний безключовий патрон, який складається з корпусу 1, на зовнішній поверхні якого нанесено рифлення. Між корпусом 1 і втулкою 6 установлена обойма 3, в трьох пазах якої під кутом 120° розташовано три кулачка 2. В Т-подібні пази головки гвинта 5 входять Т-подібні головки кулачків. Гвинт з'єднується з втулкою 8 лівою різьбою. При обертанні корпусу 1 по часовій стрілці разом з ним обертається обойма 3 з кулачками. Кулачки своїми торцями передають обертання на гвинт 5, що забезпечує його вигвинчування із втулки 8. Кулачки переміщуються в осьовому напрямку по внутрішній конічній поверхні корпусу, зближуються і здійснюють затиск інструмента. Під час роботи гвинт 5 прагне вигвинтитись під дією моменту сили різання, збільшуючи тим самим силу, а, відповідно, і надійність закріплення інструмента. Для зменшення сили тертя при закріпленні і розкріпленні інструмента між буртиками втулок 8 і 6 розміщені кульки 4. Для заміни інструмента корпус 1 обертають проти годинникової стрілки. Кільце 7 напесоване на втулку 8 і утримує патрон при закріпленні і розкріпленні інструмента. Патрон має

хвостовик 9, який запресований в отвір втулки 8.

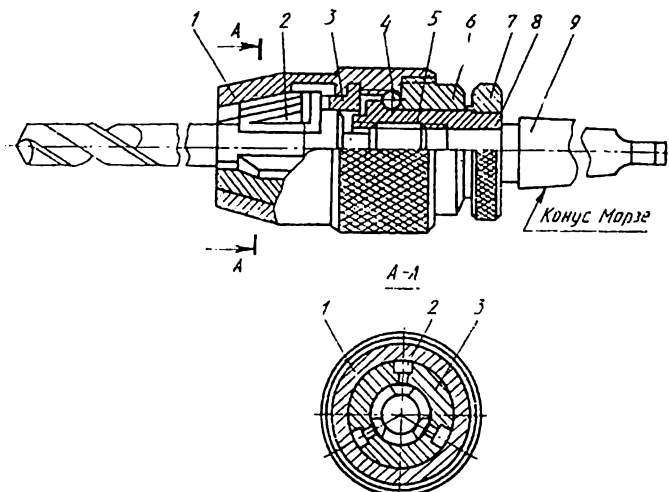


Рисунок 4.11 - Трьохкулачковий безключовий свердильний патрон

4.2.2 Патрони для рухомого кріплення інструментів

Найбільш висока точність оброблених отворів забезпечується при постійній базі кріплення обробленої заготовки. Якщо свердлення отворів і наступне нарізання різьби або розвертування виконується з переустановкою заготовки на верстаті, то осі попередньо обробленого отвору і інструмента можуть не співпадати. При жорсткому кріпленні інструмента розбіжність його осі з віссю отвору призводить до зниження точності обробленого отвору або появи браку. Щоб запобігти браку використовують спеціальні патрони, які дозволяють інструменту сомовстановлюватися відносно осі попередньо обробленого отвору.

Патрони, що використовуються при розвертуванні. Несумісність осі отвору і інструмента веде до того, що розвертка знімає припуск тільки однією половиною зубців, так як при розвертуванні величина припуску складає лише 0,1 - 0,3 мм. Робота інструмента лише однією стороною веде до того, що буде оброблена тільки одна сторона отвору, а на протилежній стороні з'являються ділянки з необробленими поверхнями.

Для запобігання цього при розвертуванні використовуються три види патронів: **гойдальні**, які дають можливість розвертці установлюватись під деяким кутом відносно осі шпинделя; **плавальні**, які допускають можливість розвертці переміщуватись у напрямку перпендикулярному до її осі та самовстановлюватись в оброблюваному отворі; **гойдальні і плавальні**, які дозволяють здійснювати в однаковій мірі кутові переміщення розвертки і зміщення в напрямку пе-

перпендикулярному осі шпинделя верстата.

Гойдальний патрон, показаний на рис. 4.12, кріпиться в шпинделі верстата або в шпиндельній оправці за допомогою хвостовика 1. Державка 6, в якій кріпиться розвертка, гойдається на штифту 5 в корпусі 4. Кулька 3 і підп'ятник 2 складають осьову опору державки. Розвертка, що вставлена в такий патрон, має можливість повертатись на деякий кут відносно осі шпинделя і самовстановлюватися відносно осі поперечно обробленого отвору.

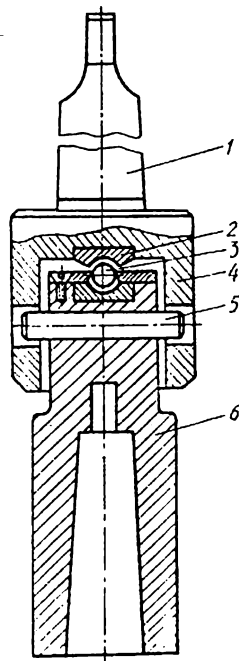


Рисунок 4.12 - Гойдальний патрон для розверток

Плавальні патрони забезпечують можливість розвертці самовстановлюватися шляхом переміщення в напрямку перпендикулярному осі отвору і шпинделю, але не можуть змінювати положення осі інструмента під іншим кутом, як це допускають гойдальні патрони. Тому розроблені більш універсальні патрони які можуть виконувати як гойдальні, так і плавальні функції.

Конструкція гойдально-плавального патрона показана на рис 4.13. Патрон допускає кутового і радіального переміщення розвертки відносно осі хвостовика 1. Між торцевими поверхнями хвостовика 1 і корпусу 6 вмонтований упорний кульковий підшипник 3, який сприймає осьову складову сили різання. Хвостовик передає крутний момент корпусу за допомогою повідка 5. Поводок закінчується двома округленими шестигранными виступами, які зміщені один відносно другого на 30° і входять в шестигранні заглиблення хво-

стовика і корпусу. Деталі патрона скріплені пружиною 2 і гайкою 4, нагвинченою на корпус. Упорний підшипник забезпечує можливість зміщення втулки з інструментом перпендикулярно осі, а округлені поверхні головок повідка – її нахил відносно осі. Це компенсує кутовий і радіальний розбіг осі шпинделя верстата і осі попередньо обробленого отвору.

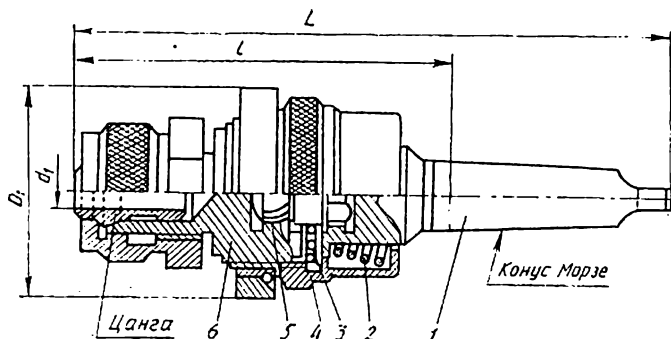


Рисунок 4.13 – Гойдально-плавальний патрон для рорзвертки

Різьбонарізні патрони . Їх види та особливості їх конструкцій.

Взагалі існує велика кількість різновидів патронів для кріплення різьбонарізних інструментів. В умовах автоматизованого виробництва використовуються патрони, які повинні задовольняти специфічним умовам їх роботи. Найбільш прості по конструкції жорсткі патрони використовуються тоді, коли подача інструменту рівна шагу різьби. В таких патронах для кріплення мітчика використовуються квадратні отвори та гвинти або цангові патрони (див. рис 4.6).

При нарізанні різьби мітчиком в глухих отворах до упору при затупленні мітчика або заклинюванні його з отворі крутний момент може перевищити допустимий по міцності мітчика і він ламається. Для попередження цього використовують загобіжні патрони, які автоматично обмежують крутний момент і запобігає поломці мітчика. Особливо велика небезпека поломки мітчика існує при нарізанні різьби малого діаметру.

Загобіжний патрон з муфтою кулькового типу показаний на рис 4.14. Патрон складається з корпусу 11, в якому рухливо установлений держатель 1. В отворі держателя гвинтом 3 кріпиться мітчик. Для закріплення в держателі плашки використовуються перехідні втулки. Держатель оснащений буртиком, в якому розміщені пальці 13, що упираються лівими торцями в гайку 2. Гайка служить для регулювання сили пружини 5. Праві торці пальців виступають над торцевою поверхнею буртика і контактують з кульками 4, що установлені в отворах сепаратора 6 і розташовані на тому ж діаметрі, що і пальці. Контакт кульок з торцем буртика і пальцями забезпечується пружинами 5. Сепаратор утримується від переміщень по держателю гайкою 7. Сепаратор виступами з'єднаний з корпусом, в якому виконані дві канавки. Це утримує сепаратор від

обертання. Пружина 8 упирьється одним кінцем в шайбу 9, а другим - в гайку, що забезпечує поворот держателя у вихідну позицію для нарізання різьби. Держатель в корпусі утримується за допомогою пружини 10 і гвинта 14.

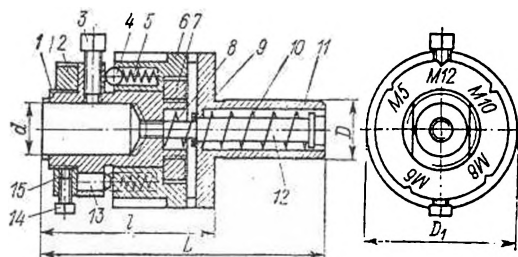


Рисунок 4.14 - Запобіжний різьбонарізний патрон

Принцип дії патрона такий. В процесі нарізання різьби складова сили різання P_z створює на держателі момент різання, який діє на пальці 13, що контактують з кульками сепаратора. При збільшенні крутного моменту вище розрахункового, пальці утоплюють кульки, держатель починає повертатись, а осьове його переміщення зупиняється. При зворотному обертанні шпинделя інструмент згвинчується і повертає держатель в початкове положення.

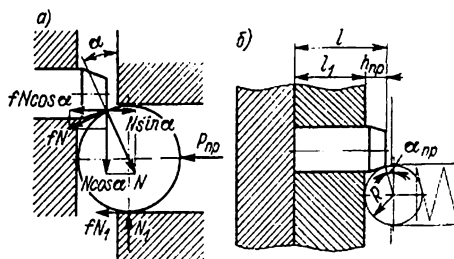


Рисунок 4.15 - Схема до визначення параметрів патрона:

- а - схема до визначення моменту спрацьовування патрона,
- б - схема до визначення довжини пальця

Розрахунковий момент спрацьовування регулюється зміною кута контакту пальців з кульками, що досягається відповідною установкою гайки 2. При переміщенні гайки вліво пальці утоплюються, тим самим збільшується кут α (рис. 4.15,а), а момент спрацьовування зменшується. Кутове положення гайки, що відповідає діаметру різьби, яка нарізається, визначається розрахунком. На торці гайки проти кожної риски наноситься значення діаметра різьби. При нарізанні різьби відповідного діаметра необхідно відпустити гвинт 14, який за допомогою вставки 15 стопорить гайку, і повернути гайку так, щоб мітка, яка відповідає діаметру різьби, розташувалась проти покажчика на держателі, після чого

закріпити гвинт.

Визначити крутний момент, при якому відбувається поворот держателя, можливо із рівняння сил і моментів [13]:

а) рівняння сил

$$P_{np} - N \cdot \sin \alpha + fN \cdot \cos(\alpha - \rho) - fN_1 = 0; \quad (4.12)$$

б) рівняння моментів

$$M_{ca} - (N \cdot \cos \alpha - fN \cdot \sin(\alpha - \rho)) \frac{d}{2} m - f_1 P_{np} \frac{d_1}{2} m = 0, \quad (4.13)$$

де m - кількість кульок;

f - коефіцієнт тертя в зоні контакту пальця з кулькою;

f_1 - коефіцієнт тертя в зоні контакту гайки 7 і сепаратора 6;

d - діаметр розташування центрів кульок і пальців;

d_1 - середній діаметр контакту сепаратора і гайки;

α - кут контакту пальця і кульки;

P_{np} - сила пружини;

$\rho = \arctg f$ - кут тертя.

Після сумісного рішення рівнянь (4.12) і (4.13) отримаємо залежність для визначення моменту спрацювання запобіжного різьбонарізного патрона

$$M_{ca} = \frac{m P_{np} (d + f_1 d)}{2 \lg(\alpha - \rho) - 2f}. \quad (4.14)$$

Визначення основних параметрів патрона виконують по етапам. Спочатку розраховують силу пружини по допустимому куту контакту пальця і кульки, а потім визначають кути контакту, які відповідають діаметру оброблюваної різьби. Сили пружини визначаються для максимального моменту різання M_{φ} . Допустимий кут контакту визначається із умов самогальмування кульки, які можливо записати у вигляді рівняння (рис. 4.15,а)

$$fN \cos \alpha + fN_1 = N \sin \alpha. \quad (4.15)$$

Звідки

$$N_1 = N \cos \alpha - fN \sin \alpha. \quad (4.16)$$

Після відповідних перетворень отримуємо рівняння для визначення допустимого значення кута $\alpha_{дон}$.

$$\alpha_{дон} = \arctg \frac{2f}{1 + f^2}. \quad (4.17)$$

Крутний момент різання для сталі визначається залежністю $M_{\varphi} = 2,7 d^{1,4} S^{1,5}$, де d - діаметр різьби, що нарізається; $S = p$ - шаг різьби.

При проектуванні нового патрону приймають момент різання, що відпо-

відає допустимому діаметрові мітчика, який буде закріплюватись в даному патроні. Якщо в формулі (4.14) замінити $M_{сн}$ на $M_{сп}$, то отримаємо залежність допустимого зусилля пружини від моменту різання, тобто

$$P_{дон} = \frac{M_{сп} [2tg(\alpha - \rho) - 2f]}{m(d + f_1 d_1)}. \quad (4.18)$$

Якщо сила пружини відома, то із формули (4.18) можливо визначити кут контакту для кожного діаметра різьби, що нарізається

$$\alpha = \arctg \left[\frac{m P_{дон} (d + f_1 d_1)}{M_{сп}} + f \right] + \rho. \quad (4.19)$$

З рис. 4.15,6 можливо визначити довжину пальця, якщо гайку загвинтити до упору

$$l = l_1 + h_{дон}, \quad (4.20)$$

де l_1 - довжина буртика держателя, яка установлюється конструктивно;

$h_{дон} = R(1 - \sin \alpha)$ - допустима висота частини пальця, яка виступає з буртика і відповідає прийнятому допустимому куту контакту.

Тоді

$$l = l_1 + R(1 - \sin \alpha_{дон}), \quad (4.21)$$

де R - радіус пальця.

При знаходженні кутових положень гайки для кожного діаметра різьби за нульову точку прийняте положення гайки, яка притиснена до буртика. Це відповідає максимальному діаметру різьби, яка може бути нарізана за допомогою цього патрона.

Кутове положення гайки, що відповідає конкретному діаметру різьби, визначається залежністю

$$\beta = \frac{2\pi}{S} \{ l [l_1 + R(1 - \sin \alpha_i)] \}, \quad (4.22)$$

де β - кут повороту гайки від нульового положення;

α_i - кут контакту для діаметра мітчика, що буде кріпитися в патроні.

На гайці у відповідності з визначеними кутами наносять риски і діаметри різьби мітчиків, які кріпляться в патроні.

Регульований запобіжний патрон універсального типу призначений для нарізання різьби мітчиком в глухих і наскрізних отворах показаний на рис. 4.16. В верстатах з ЧПУ швидкість подачі не залежить від обертового руху шпинделя. Включення зворотної подачі після зміни напрямку обертання шпинделя при зворотному русі запізнюється. Це призводить до зрізання останніх ниток різьби. Тому, крім запобіжних функцій, патрон повинен виконувати і компен-

суючи функції.

Складовою частиною патрону (рис.4.16,а) є корпус 1, в якому розміщений механізм осьової компенсації. Механізм складається із муфти 5, кульок 4, двох пружин 2 і 3. Використання двох пружин забезпечує гасіння коливань патрона. Корпус 1, муфта 5, хвостовик 13 з гайкою 14 кріпляться за допомогою гвинта 12. Кульки 4 служать для передачі крутного моменту і є направляючими для осьового переміщення муфти в корпусі. Для запобігання випадання кульок на корпусі 1 установлена обойма 11, що фіксується кільцем 10. На кінці муфти 5 є замковий пристрій для мітчикодержателя 8. Змінний мітчикодержатель (рис.4.16,б) складається із корпуса 6 і запобіжного пристрою, який має сепаратор 5, сухар 3, кульки 4, пружинний поліуретановий елемент 2 і різьбову пробку 10. Пробка фіксується гвинтом 1 від самовідвинчування в процесі роботи. Пробкою регулюється крутний момент, при якому спрацьовує запобіжний пристрій мітчикодержателя.

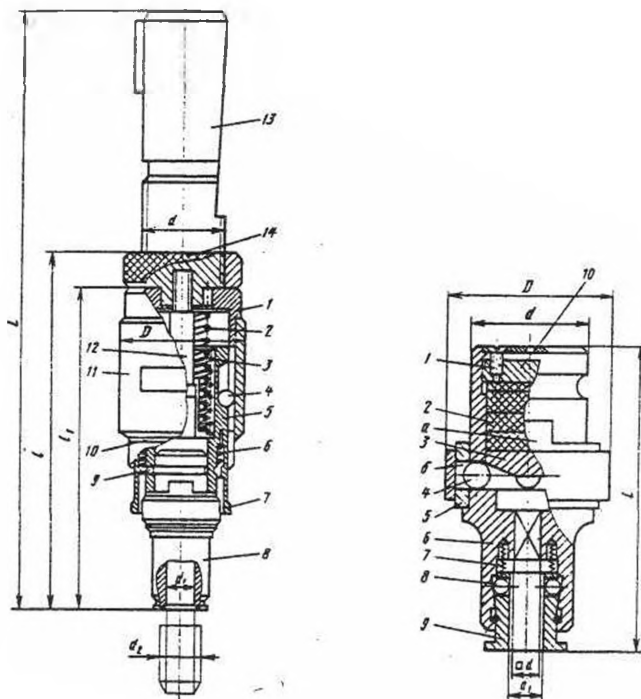


Рисунок 4.16 - Регульований запобіжний патрон:
а - зібраний патрон; б - мітчикодержатель

В корпусі 6 змонтований замковий пристрій для кріплення мітчиків, який складається із замка 9, кульок 8 та пружин 7. Виступи служать для передачі моменту від патрона до сепаратора 5 мітчикодержателя.

Осьова компенсація і еалізується в патроні тоді, коли шаг різьби, що на-

різається мітчиком, більше ніж робоча подача верстата. Так як такі недоліки характерні для більшості верстатів, то заздалегідь задають похибку, коли величина подачі більше шагу різьби мітчика. Але простіше конструктивно виконати пристрої, які забезпечать компенсацію похибок.

При виведенні мітчика (рис. 4.16,а) із різьбового отвору пружина 2 здійснює повернення муфти 5 в початкове положення. Кульки 4 при осьовому переміщенні пересуваються по пазах корпуса 1.

Осьова компенсація "стискання" реалізується в патроні тоді, коли призупиняється обертальне і осьове переміщення мітчика, а робоча подача і обертання патрона продовжується. Це може бути викликане заїданням мітчика в різьбі, упором у дно отвору. В такому випадку мітчик разом з мітчикодержателем 8 і муфтою 5 входить всередину корпуса 1, ковзає по кулькам 4, які під дією краю отвору утоплюють їх в усьому отворі. Одночасно сепаратор 5 і корпус 6 розділяються, тим самим запобігаючи поломки мітчика.

Крім розглянутих конструкцій патронів для кріплення мітчиків існує ряд інших різновидів: самоустановлюючися патрони використовуються коли вісь попередньо обробленого отвору не співпадає з віссю шпинделя, а, відповідно, із віссю патрона з мітчиком; реверсивний патрон – коли після закінчення нарізання різьби патрон автоматично змінює напрямку руху.

Універсальні різьбонарізні патрони можуть бути використані на всіх видах токарних верстатів. Використання їх є особливо необхідним на верстатах з ЧПУ при незалежній електромеханічній подачі після зміни напрямку обертання шпинделя, коли включення зворотної подачі revolverного супорта може запізнюватись. В цьому випадку кріплення мітчика безпосередньо у revolverній головці може призвести до зрізання останніх ниток нарізаної різьби мітчиком чи плашкою.

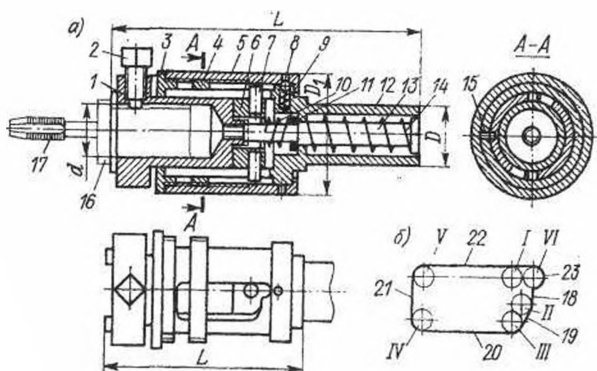


Рисунок 4.17 - Універсальний різьбонарізний патрон для токарних верстатів:
а - патрон; б - схема дії

Конструкція універсального патрона показана на рис 4.17 В корпусі 12 установлений держатель 1, який може рухатись в осьовому напрямку. Держатель з'єднаний

ний з корпусом гвинтом 13. За допомогою пружини 14 в неробочому стані держатель завжди утримується в крайньому правому положенні. Своїм шпонковим виступом держатель з'єднаний також з муфтою 6, яка має відповідний паз для зачеплення з виступом. Муфта оснащена двома пальцями для з'єднання з корпусом. За допомогою пружини 10 вона притискається до держателя. Правим торцем пружина 10 упирається в шайбу 11, що установлена на гвинту 13. З циліндричною поверхнею корпусу шпонкою 15 з'єднана гайка 4, яка зовнішньою різьбою пов'язана зі стаканом 5. Стакан може обертатися відносно осі, але не може переміщуватися в поздовжньому напрямку. При обертанні стакана гайка 4 переміщується вздовж осі патрона. Кулька 8 під дією пружини 9 притискається до стакана, западає в його отвір і фіксує стакан в кутовому положенні. Мітчик або плашка 17 з розрізною проміжною втулкою 16 установлюється в отвір держателя і закріплюється гвинтом 2.

Для забезпечення робочого циклу нарізання різьби вікна в корпусі патрона мають відповідні дільниці (рис. 4.17,б): дільниця 18 - початок обробки, розташована перпендикулярно осі патрона; 19 - прискорене осьове переміщення інструменту в момент його входу в нитку різьби; 20 - нарізання різьби; 22 - згинчування інструменту; 23 - допоміжне переміщення держателя при згинчуванні. Торцеві 21 гайки 4 служать для зупинки муфти 6 при її русі ліворуч.

Дія патрона пояснюється схемою циклу роботи, де показано шість положень пальця 7 відносно корпусу 12. Положення I – вихідне. Коли інструмент входить в контакт з оброблюваною поверхнею, то під дією сил тертя він повертається в напрямку руху заготовки. При цьому палець займе положення II і інструмент притискається до жорсткого упору. Під дією крутного моменту інструмент обертається, а палець переходить в положення III. В процесі нарізання різьби палець переміщується по дільниці 20 і попадає в положення IV до упору в торцеві 21 гайки 4. При цьому муфта зупиняється, а держатель продовжує рух до роз'єднання кулачків, після чого він обертається разом з деталлю. Муфта відходить, але потім знову зачіпляється. Нарізання різьби призупиняється, і в цей момент шпindel змінює напрям обертання. Інструмент з держателем також починає обертатися разом з шпинделем. Палець займає положення V і при цьому упирається в дільницю 22. На цій дільниці відбувається згинчування, і палець переходить в вихідне положення I. Щоб запобігти пошкодження останніх ниток різьби передбачена дільниця 23, де палець займає положення VI.

4.3 Допоміжні інструменти для верстатів токарної групи

Допоміжні інструменти для токарних БВ розділяються на дві групи: інструменти, що замінюються автоматично, і інструменти з ручною заміною. При автоматичній зміні інструмента на робочій позиції в автоматичному режимі відбувається заміна як самих інструментальних блоків, так і різальних вставок.

Ручна заміна інструментів здійснюється в револьверних головках і лінійних накопичувачах при налагодженні на обробку конкретних деталей та при заміні зношених інструментів. Заміна робочої позиції при виконанні нового переходу згідно з ходом технологічного процесу відбувається автоматично, шляхом повороту на

відповідний кут револьверної головки або різцедержателя.

Допоміжні інструменти для токарних верстатів з ЧПУ повинні забезпечувати кріплення інструментів широкої номенклатури. Це, перш за все, різні види різців; свердел як з циліндричним хвостовиком, так і з конічним, зенкери, розвертки, мітчики, плашки. Крім того це можуть бути фрези, а іноди і шліфувальні круги. Тому, незважаючи на значні кроки, зроблені в уніфікації допоміжних інструментів, для токарних багатоцільових верстатів існує велика кількість різновидів допоміжних інструментів.

Допоміжні інструменти для токарних верстатів об'єднані в дві основні групи. Одна із них включає допоміжні інструменти з циліндричним хвостовиком (рис.4.18), друга інструменти з базуючою призмою (рис. 4.19).

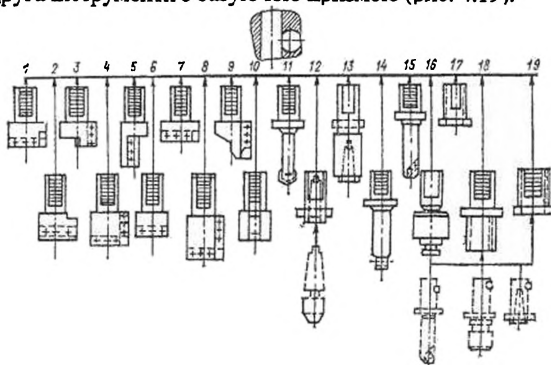


Рисунок 4.18 - Підсистема допоміжного інструменту з циліндричним хвостовиком

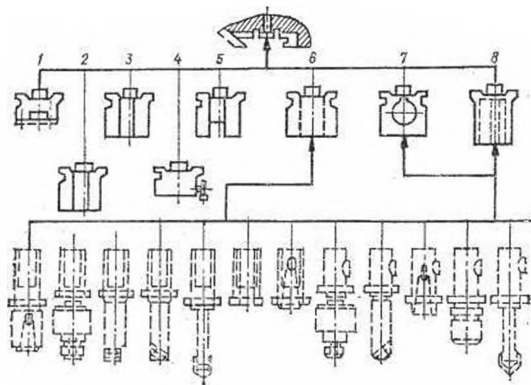


Рисунок 4.19 - Підсистема допоміжних інструментів з кріпленням за допомогою призм

Підсистема допоміжного інструмента з базуючою призмою ОСТ2 У16-1 (рис. 4.19) призначена для токарних верстатів з ЧПУ. Особливістю цієї системи є підвищена жорсткість та надійності кріплення інструмента, що дозволяє інтенсифікувати

режими обробки заготовок.

Для підвищення жорсткості різцедержателів їх оснащують закритими двосторонніми пазами для різців, котрі можуть використовуватись як для правих різців, так і для лівих. Для попереднього налагодження інструмента поза верстатом різцедержателі мають спеціальні гвинти для регулювання.

Підсистема допоміжного інструменту з кріпленням за допомогою призм використовується для закріплення різальних інструментів аналогічних тим, які кріпляться за допомогою циліндричних хвостовиків з рифленням.

На токарних верстатах з ЧПУ і револьверними головками кріплення різального інструменту здійснюється безпосередньо в револьверну головку або за допомогою держателів з циліндричним хвостовиком чи з базуючою призмою.

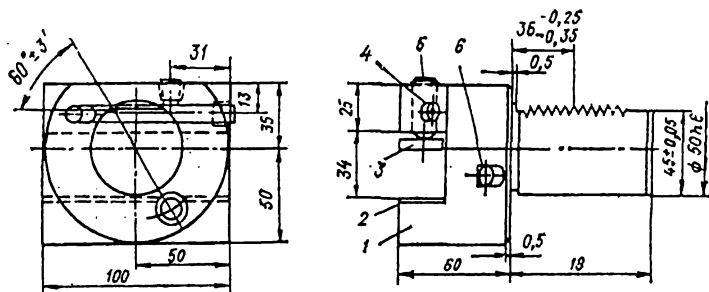


Рисунок 4.20 – Різцедержатель з циліндричним хвостовиком і пазом для різця

Різцедержатель з циліндричним хвостовиком з лискою і рифленням показаний на рис. 4.20. Для установки різця на торці різцедержателя розташований відкритий паз. Регулювання інструмента по висоті здійснюється за допомогою підкладки 2. Кріплення різця здійснюється за допомогою притисної планки 3 і гвинта 5.

Подача МОР в зону обробки здійснюється через канавку в корпусі 1. Канавка утворюється пересіченням отворів і закінчується кулькою 4, що забезпечує полив всієї зони обробки. Для полегшення налагодження положення державки різця на задані координати в корпусі різцедержателя розміщені два гвинти 6, які розташовані під кутом 45° один до одного.

Різцедержатель з базуючою призмою і відкритим пазом для кріплення різця показаний на рис. 4.21.

Різцедержатель має такі конструктивні елементи: 1 - корпус, 2 - кришка, що запобігає попаданню стружки в головку гвинта 3, 4 - кулька на каналі служить для підводу МОР, 5 - планка (служить для затиснення різця гвинтом 3. Регулювання положення вершини різця здійснюється двома гвинтами 6, що розташовані під кутом 45° один до одного. Сухар 7 служить для базування різцедержателя в напрямівних елементів кріплення. За допомогою гвинта 8 і підкладки 9 здійснюється кріплення різця в різцедержателі.

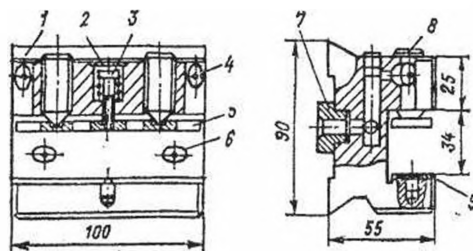


Рисунок 4.21 - Різцедержатель з базуючою призмою і відкритим пазом

На рис. 4.22 показаний інструментальний блок для закріплення нерухомих інструментів на токарних верстатах з автоматичною зміною інструментів.

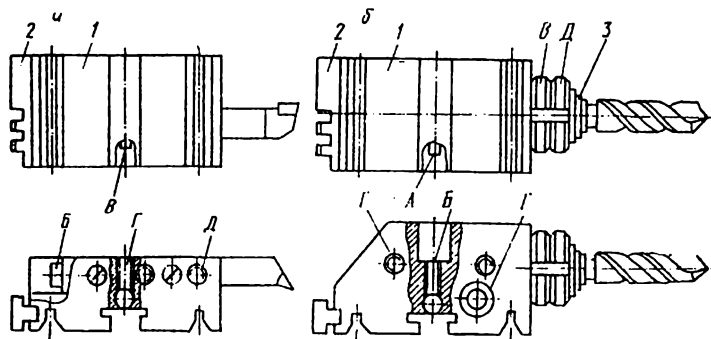


Рисунок 4.22 - Інструментальний блок для закріплення нерухомих інструментів на токарних верстатах при їх автоматичній заміні:

а - інструментальний блок для кріплення різців; б - інструментальний блок для кріплення осевих інструментів

Основним конструктивним елементом інструментального блока є корпус 1, який базується на супорті двома призматичними базами і кріпиться до нього за допомогою Т - подібного паза. Т - подібна гребенка 2, що розташована на торці корпусу, призначена для фіксації корпусу в магазині. Для транспортування інструментального блока використовується призматичні планки, за які він береться захватом автооператора (див. рис.2.44 поз.7).

Для кріплення осевих інструментів з циліндричним хвостовиком, наприклад, свердел, зонкерів, мітчиків знаходять використання гумово-металеві та пластмасові еластичні цанги. Така цанга (рис.4.23,а) представляє собою гумове литво 1, армоване сталюмими зажимними пластинами 2. Пластина може бути 3 або більше.

Для більшої міцності зчеплення гуми з пластинами, в них виконуються отвори.

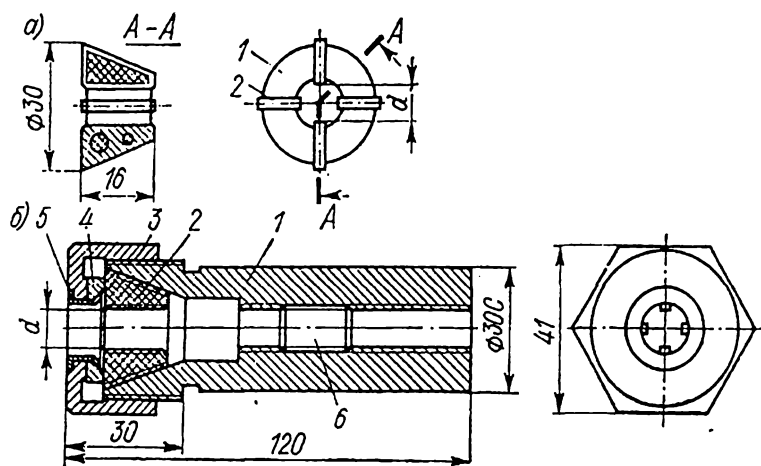


Рисунок 4.23 - Цанговий патрон з гумово-металевою еластичною цангою:
а - цанга гумово-металева; б - патрон

Гумово-металева цанга забезпечує можливість затискати інструменти різних діаметрів, а також гарантує більш повне базування інструменту, відповідно і більш надійне його кріплення. Недоліком неметалевих цанг є відсутність точного циліндричного напрямку отвору, що є характерним для чисто металевих цанг.

Конструктивно цанговий патрон на базі гумово-металевої цанги (рис. 4.23,б) суттєво не відрізняється від чисто металевого патрона. В корпусі 1 патрона виконаний конічний отвір, в якому установлюється змінна гумово-металева цанга 2. Закріплення інструментів здійснюється гайкою 3. Між внутрішнім торцем гайки і цангою розташоване проміжне кільце 4, яке закріплюється на гайці за допомогою розвальцьованої втулки 5, яка може обертатися. Завдяки проміжному кільцю виключається тертя торців гайки по пластинам цанги, що покращує умови закріплення. Осьова сила, що діє на інструмент при його роботі, сприймається гвинтом 6, який також використовується для регулювання вильоту інструмента.

Підсистема допоміжного інструмента з циліндричним хвостовиком (рис. 4.18) відповідає ГОСТ 24900-81 і призначена для верстатів з ЧПУ відповідної групи. Різцедержателі 1-2 служать для різців з поперечним перетином 16x16 - 40x40 мм, які призначені для зовнішнього і внутрішнього обточування поверхонь канавок та інше. Для обробки зовнішніх поверхонь використовують різцедержателі 1; 2; 4; 7; 8; для обробки внутрішніх поверхонь, виточок канавок - різцедержателі 3 і 5. Контурне зовнішнє обточування рекомендують виконувати інструментом закріпленим в різцедержателі 9. Різцедержатель з перпендикулярним відкритим пазом 6 є двостороннім і призначений для закріплення відрізних різців. Різцедержателі мають

два виконання ліве і праве і використовуються в залежності від розташування револьверної головки і напрямку обертання шпинделя.

Наявність на циліндричних хвостовиках лисок і рифлень дозволяє орієнтувати інструмент відносно обробленої поверхні, а також передавати крутний момент. Втулка 10 дозволяє закріплювати різальний інструмент або перехідні елементи круглого поперечного перетину з діаметром 16-40 мм. Перспективним є використання на свердильних верстатах свердел з змінними непереточуваними пластинами.

Розточувати отвори в деталях можливо різцями, які закріплені в борштангах 14, 15 з діаметром оправок від 25 до 60 мм і глибиною розточування від 70 до 250 мм. При нарізанні різьби мітчиками використовуються запобіжні патрони 16. Для нарізання різьби плашками використовуються спеціальні патрони, які встановлюються на позиції 16. Перехідна втулка 17 використовується для закріплення інструменту з циліндричним хвостовиком. Перехідні втулки 18, 19 з шпонковим пазом служать для кріплення насадних інструментів типу зенкерів, розверток.

Блок для закріплення різцевих головок системи BTS показаний на рис. 4.24.

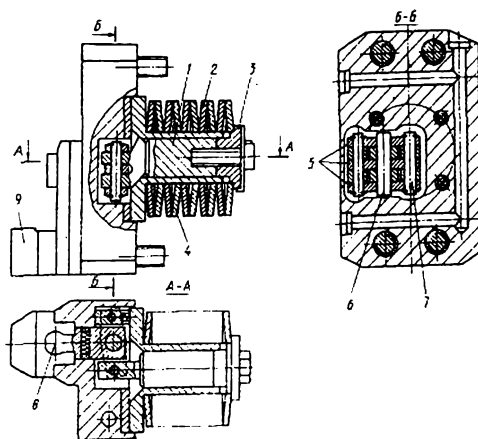


Рисунок 4.24 - Блок для закріплення різцевих головок системи BTS

Закріплення різцевих головок здійснюється за рахунок зусилля пакету тарілчастих пружин 4, які базуються на втулці. При звільненні різцевої головки серга 5 повертається відносно нерухомої вісі 7. Разом з нею повертається і вісь 6, яка переміщує тягу 8, що затискає різцеву головку. Для збільшення сили затиснення плече важеля, який передає зусилля пружині, збільшують в 2 рази відносно плеча, що діє на тягу. При цьому сила затиску збільшується теж в два рази. Для розкріплення різцевих головок при їх заміні шток гідралічного рушія стискає пружин 2 через шайбу 3.

4.4 Спеціальні допоміжні інструменти

Для розширення технологічних можливостей БВ та скорочення часу їх простоювання використовуються різні конструкції допоміжних інструментів. До них відносяться розточувальні головки з радіальним переміщенням різців, розточувальні головки з автоматичним підналагодуванням різців, обертальні головки з розташуванням осі інструмента під кутом відносно осі шпинделя, головки з прискореними обертами робочого шпинделя, головки для зворотного зенкування, пристрої для висмоктування стружки, дозатори для подачі оливи та інші пристрої і допоміжні інструменти.

4.4.1 Розточувальні спеціальні допоміжні інструменти

Не всі верстати свердильно-розточувальної групи оснащуються планетарними супортами, тому при обробці канавок в отворах доводиться використовувати спеціальні розточувальні головки.

Головка з радіальним переміщенням різця показана на рис. 4.25. Така головка працює в автоматичному режимі. Принцип її роботи такий. Корпус патрона має хвостовик, яким він закріплюється в шпинделі верстата. Різець 1 обертається разом з головкою і шпинделем верстата. При введенні в отвір патрона упор 3 контактує з поверхнею отвору деталі і зміщує стакан 8 з циліндром 13. При цьому циліндр обертається на підшипниках 9 по гвинтових канавках циліндра за рахунок переміщення штифта 14, який закріплений в корпусі. На торці циліндра ексцентрично установлений штир 15. При обертанні циліндра відносно стакана відбувається радіальне переміщення повзуна 6 з укріпленою на ньому оправкою 2 з різцями (одним або декількома).

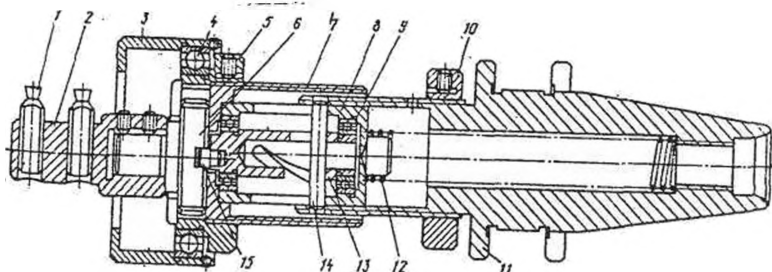


Рисунок 4.25 - Розточувальна головка з радіальним переміщенням різця

Упор 3 пов'язаний через кульковий підшипник 4 з гайкою 5, яка нагвинчується на гільзу 7. При зворотному русі патрона пружина 12 відтискує стакан від корпусу і різці виводяться в початкове положення. Для завдання необхідної відстані кільцевої проточки від торця оброблюваної деталі гайку 5 необхідно перемістити по різьбі гільзи. Гайка 10 служить регулюючим упором, який визначає глибину канавки.

Загальний вигляд МАЗІ і головки з радіальною подачею інструмента, розробленої фірмою D'Andrea (Італія), показаний на рис. 4.26.

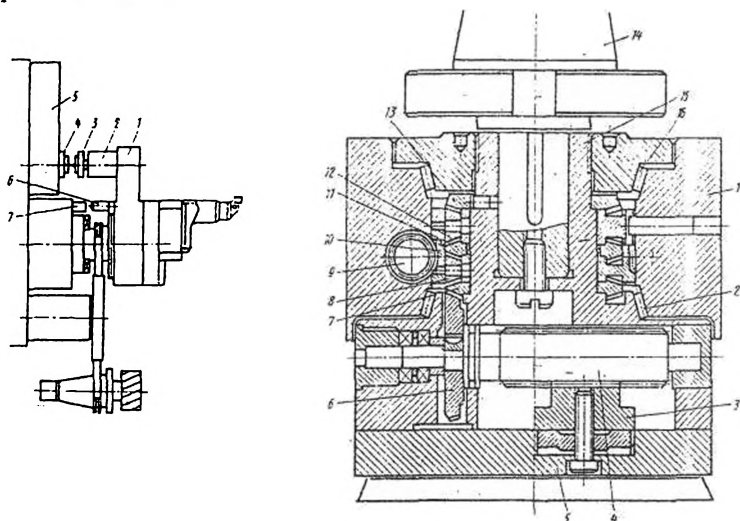


Рисунок 4.26 - Головка з радіальною подачею інструмента:
а – загальний вигляд МАЗІ; б – конструкція головки

МАЗІ (рис. 4.26,а) працює наступним чином. Корпус 1 головки оснащений кронштейном 2, на якому розташоване кінематичне сполучення черв'яка з полумуфтою 3. Полумуфта 4 з'єднана з відсліджувачим рушієм 5, який установлений на шпindelній бабці. На корпусі розташований палець, а на шпindelній бабці - відповідний йому ловець 7, за допомогою яких корпус фіксується відносно шпindelної бабки при встановленні головки в шпindel. Одночасно муфти 3 і 4 стикають відсліджувачий рушій 5 з кінематичним ланцюгом радіальної подачі.

Конструкція головки, що показана на рис. 4.26,б, складається з корпусу 1, нерухомого відносно шпindelної бабки, і рухомої частини, яка розташована в шпindelі верстата. Вона обертається на підшипниках 2 і 16, які розташовані в корпусі. На рухомій частині установлена каретка 5 з черв'яковою рейкою 3, яка зачіпляється з черв'яком 4. На осі черв'яка знаходиться конічна шестерня 6, яка пов'язана з обертовим шпинделем через замкнуту диференціальну передачу. Конічні шестерні 7 і 11 мають можливість обертатись відносно відомого валу 15 з установленим на ньому центральним колесом 13. Вісь сателіта 12 нерухома відносно корпусу 1, а вісь сателіта 8 установлена в черв'яковому колесі 10, що зачіпляється з черв'яком 9. Використання планетарної передачі забезпечує радіальне переміщення каретки 5 при обертанні шпинделя 4 з точністю до 0,005 мм. На каретці 5 кріпиться держатель різця.

Така конструкція дозволяє оброблювати циліндричну поверхню отвору, підрізати торець і розточувати канавки. Недоліком цієї конструкції розточувальної головки є те, що при її налагодженні необхідний нагляд оператора, так як на першому проході і можлива корекція, а іноді і регулювання положення головки.

4.4.2 Прискорювальні та кутові головки

При обробці отворів малих діаметрів (до 12 мм) для отримання оптимальної швидкості різання необхідно мати більш високу частоту обертів, ніж забезпечують сучасні БВ. Тому для обробки таких отворів використовують прискорювальні головки (мультиплікатори). Найчастіше ці головки використовують при роботі осьових інструментів з твердих сплавів або інструментів, оснащених надтвердими різальними матеріалами.

Головки повинні задовольняти таким вимогам:

- частота обертів різального інструменту повинна бути не менше 130 с^{-1} ;
- коефіцієнт мультиплікації 4 – 7;
- радіальне і осьове зусилля не більше 1000 Н;
- жорсткість не менше 100 Н/мм;
- крутний момент на різальному інструменті не повинен бути більшим, ніж

4 Нм.

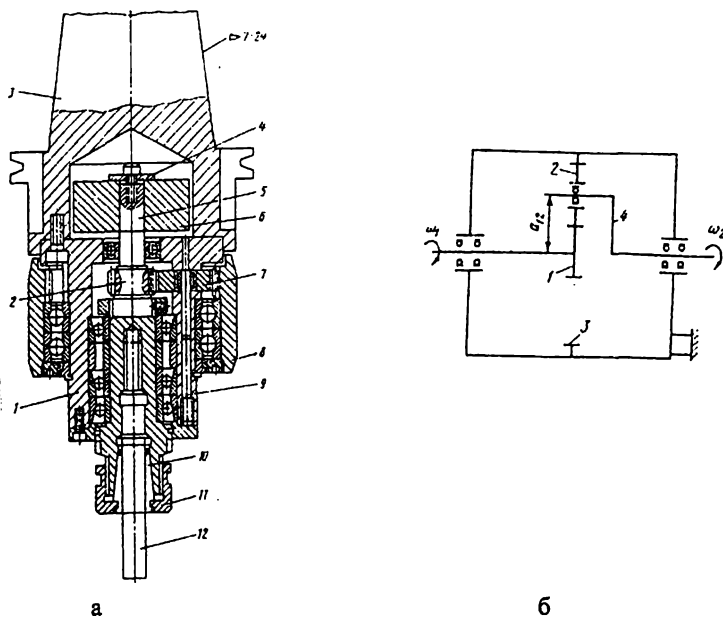


Рисунок 4.27 - Прискорювальна головка:
а – конструкція головки; б – схема планетарної передачі

Таким вимогам найбільш повно відповідають мультиплікатори (рис. 4.27а) з використанням зубчатих передач планетарного типу. При цьому може бути використана планетарна передача, яка має одну ступінь рухомості (рис. 4.27б). В такій передачі осі сателітів 2 закріплені на обертальній ланці – водилі 4. Кожний сателіт обертається відносно своєї осі і відносно центральної осі разом з водилом. Крім того, сателіти знаходяться в зачепленні з сонячним колесом 1 і корончатим колесом 3. Така передача має більшу навантажувальну здатність і ККД, ніж зубчата передача тих же габаритів з нерухомими осями коліс. Відношення кутових швидкостей може бути $\omega_1/\omega_2 = 7$.

В конструкції прискорювальної головки, яка приведена на рис. 4.27а, корпус 1 виконує роль водила, в якому на осях 9 закріплені сателіти 7. Корпус нерухомо з'єднаний з хвостовиком 3, що кріпиться в шпинделі верстата. Сателіти знаходяться в зачепленні з корончатим колесом 8, яке може бути зупинене шляхом з'єднання з блоком позиціювання. За допомогою сонячного колеса 2 обертання передається на вихідний вал 5, який рухається з частотою обертання в п'ять разів більшою, ніж частота обертання шпинделя. На відкритому кінці вихідного вала розміщений цанговий патрон з цангою 10, яка за допомогою гайки 11 затискає циліндричний хвостовик інструмента 12. На другому кінці вихідного вала 5 за допомогою шайби 4 закріплений маховик 6, що призначений для підвищення рівномірності обертання інструмента.

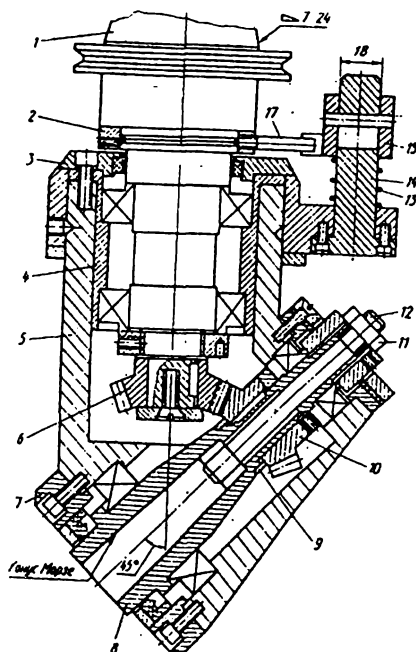


Рисунок 4.28 - Кутова головка

Змінні кутові головки використовуються для скорочення часу, який витрачається на базування і закріплення заготовок. В цих головках вісь робочого шпинделя розташована відносно осі шпинделя БВ під кутом 30° , 45° або іншим. На рис. 4.28 показана конструкція головки, у якій робочий шпиндель розташований під кутом 45° . Основні параметри хвостовика головки 1 визначаються параметрами отвору шпинделя або шпиндельної оправки. На кінці хвостовика розміщена кінцева шестерня 6, яка знаходиться в зачепленні з шестернею 10, що скріплена з проміжною втулкою 9 на шпинделі 8. Вузол шпинделя фіксується в корпусі головки 5 кришкою 7.

Плавність роботи та необхідна жорсткість головки забезпечується радіально-упорними підшипниками, які розміщуються в стакані 4 і закриваються кришкою 3. Регулювання положення осі шпинделя 8 відносно шпонкових пазів хвостовика 1 здійснюється поворотом кільця 16 з розміщеним в ньому упором 14. При вході хвостовика 1 в кінцевий отвір шпинделя верстата повзун 15 після контакту з блоком переміщується по упору 14. При цьому він стискає пружину 13. Поводок 1, розміщений в кільці 2, виходить із зачеплення з повзуном 15. Корпус 5 зупиняється в заданому положенні, а хвостовик 1 обертається і передає крутний момент на шпиндель 8.

Після закінчення роботи шпиндель БВ зупиняється в відповідному кутовому положенні. Пружина 13 виштовхує повзун 15 і корпус 5 переходить в попереднє вихідне положення.

Головка зворотна автоматична, яка служить для обробки торців отворів, які розташовані на зворотній стороні заготовки, показана на рис. 4.29. Головка працює в автоматичному режимі.

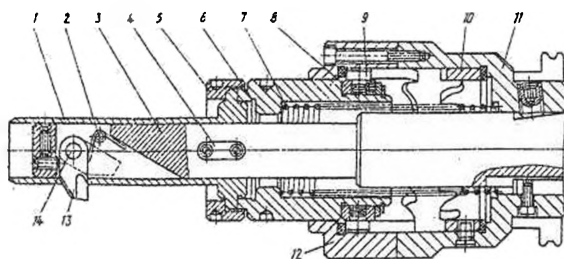


Рисунок 4.29 – Головка зворотна автоматична

Головка складається з корпусу 11, до якого прикріплений фланець 12. В корпусі закріплений змінний хвостовик 3, в якому на осі 14 розміщений різець 13, що працює при зворотному русі головки. На хвостовик 3 по шпонці 4 посаджена змінна обойма 1, яка за допомогою гайки 5 приєднана до повзуна 6, що має можливість взаємодіяти з пружиною 7 і переміщуватись вздовж осі головки. На повзуні 6 розташована втулка 8 з рівномірно розміщеними на ній шпильками 9. Шпильки 9 входять в пази фланця 12, що має на торці дванадцять

зубців, між якими розташовані западини у вигляді напівциліндрів, радіуси яких дорівнюють радіусу шипу r . В робочому стані різальна кромка різця 13 розташована перпендикулярно до осі заготовки і утримується в цьому положенні пружиною 2. По закінченню підрізки торців головки переміщують у зворотному напрямку. При цьому гайка 5 упирається у відкритий торець деталі. Повзун 6 стискає пружину 7 і переміщує шипи 9 до їх виходу із фланця 12. Зубці фланця 10 направляють шипи 9 у западини фланця 12 і усі рухомі частини головки фіксуються в крайньому ближчому до корпусу 11 положенні. При цьому обойма 1 обертає різець 13 навколо осі 14 і утримує його в пазу хвостовика 3. В такому положенні головка може бути виведена із обробленого отвору.

4.4.3 Допоміжні пристрої для очищення та змащення оброблюваних поверхонь

В умовах гнучкого виробництва крім автоматизації операцій робочого процесу необхідно автоматизувати і допоміжні операції, такі як видалення стружки з інструмента і отворів деталі, регулювання напрямку подачі МОР та інше.

При нарізанні різьби в глухих отворах попередньо необхідно видалити стружку, яка залишилась в них після свердління. Найбільш ефективним засобом видалення стружки із глухих отворів є її відсмоктування. Цей засіб забезпечує направлення стружки в заздалегідь обумовлене місце і безпечну роботу обладнання

Для виконання таких операцій розроблені спеціальні пристрої, які знаходяться в інструментальних магазинах і, при необхідності, можуть бути передані в робочу зону верстата за допомогою інструментального автооператора.

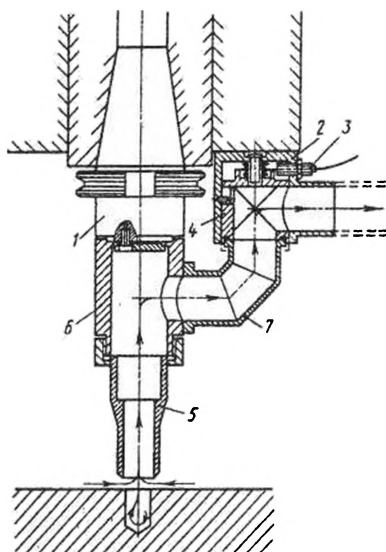


Рисунок 4.30 - Пристрій для відсмоктування стружки

Пристрій для висмоктування стружки з глухих отворів показаний на рис. 4.30. Він підключається до пиłosоса через спеціальний замок 2. До хвостовика 1, що розміщений в шпинделі верстата, пристрій приєднується за допомогою гвинтів через змінний наконечник 6. Діаметр наконечника вибирається в залежності від діаметра отвору, з якого відсмоктується стружка. Підведення наконечника до торця деталі відбувається з швидкістю 4–6 м/хв при включеному пиłosосі. Після упору в деталь труби 5 коліно 7 переміщується відносно хвостовика 1 з плунжером 4 замка 2 до спрацювання кінцевого вимикача 3. Вимикач подає команду на припинення поступального руху пристрою відсмоктування.

Дозатор для подачі оливи показаний на рис. 4.31. БВ завжди оснащуються механізмами подачі МОР в зону обробки, але вони розраховані на одночасну роботу лише з одним видом рідини. Для свердління, зенкерування, розточування можливо користуватись одним видом МОР, в той час, як для нарізання різьби потрібні спеціальні МОР, наприклад, олива.

Тому в тих випадках, коли МОР, що знаходиться в системі подачі МОР верстата, непридатна, використовуються спеціальні дозатори. Вони дозволяють підводити МОР безпосередньо до тієї поверхні, яка оброблюється на даному переході. Місткість дозатора може бути 400, 600 і 800 см³, доза оливи, що подається в зону обробки, складає до 2 см³.

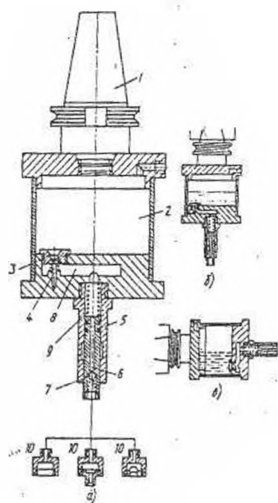


Рисунок 4.31 - Дозатор для подачі оливи:

а – загальний вигляд; б – підпірна головка вертикальна; в – підпірні головка горизонтальна

Дозатор має хвостовик 1, за допомогою якого він кріпиться в шпинделі БВ, до нього приєднана ємкість для оливи 2. Ємкість оснащена перепускним

клапаном 3 з запірною голкою 4, яка функціонує як в горизонтальному, так і вертикальному положеннях (рис. 4.31б і 4.31в). Але, при обертальному русі деталі діють відцентрові сили, які змушують МОР рухатись від центра деталі, що зменшує ефективність її використання.

Із камери 8 олива поступає в наконечник 5, де знаходиться плунжер 6 з кульковим клапаном. При наявності оливи в камері 8 дозатор притискується форсуною 10 до деталі з швидкістю 4–6 м/хв. При цьому плунжер 6 переміщується в наконечнику 5 і створює тиск в камері 8. Під цим тиском спрацьовує кульковий клапан 7, і порція оливи поступає в зону обробки. Для досягнення найкращого ефекту змащення змінні форсунки 10 забезпечують різну форму упорскування оливи.

Після упорскування оливи дозатор відводиться від деталі, і плунжер 6 повертається в початкове положення під дією пружини 9. При цьому він функціонує як поршень насоса. В камері 8 створюється розрідження, клапан 9 відкривається, і камера заповнюється оливою. Кількість оливи визначається величиною ходу плунжера 5. При максимальному ході 15 мм забезпечується подача необхідної дози оливи.

4.5 Багатошпиндельні свердлильні головки

4.5.1 Загальна характеристика багатошпиндельних головок

Поява БВ на базі агрегатних верстатів створило передумови оснащення їх багатошпиндельними свердлильними головками. Найбільш ефективно такі верстати використовувати в умовах крупносерійного виробництва. Це дозволяє підвищити продуктивність механічної обробки в 5-10 разів в порівнянні з одношпиндельними БВ.

Для агрегатних верстатів, оснащених МАЗІ, використовуються спеціальні багатошпиндельні головки, тобто головки з постійним розташуванням робочих шпинделів. В більшості випадків вони призначені для обробки одного типу деталей, іноді більше. Наприклад, коли доводиться оброблювати деталі різної форми, які мають отвори різних діаметрів, але розташовані на одному діаметрі. При переході на обробку деталей з іншими діаметрами отворів інструменти необхідно замінити на ті, що відповідають технологічному процесу. В робочих шпинделях можуть кріпитись такі інструменти: свердла, зенкери, розвертки, мітчики, або їх комбінації. Заміна інструментів в робочих шпинделях здійснюється вручну.

Для забезпечення направлення інструментів в процесі їх роботи використовують направляючі кондукторні втулки, які кріпляться в спеціальних кондукторних плитах. Недоліком таких конструкцій є їх громіздкість, що ускладнює автоматичну заміну головки.

По конструкції головки можуть бути з шестерневими (рис.4.32,а,б) і кривошипно-шатунними рушіями (рис.4.32,в).

Багатошпиндельні головки з шестерневими рушіями використовуються у тих випадках, коли відстає між осями робочих шпинделів є достатньою для розміщення шестерень. При недостатній відстані між осями шпинделів такі го-

ловки можуть виконуватися двоярусними або одноярусними, але з внутрішнім зачепленням зубчатих коліс. Перевагою зубчатих коліс з внутрішнім зачепленням є те, що виключається необхідність використання паразитних шестерень, і конструкція стає більш компактною. Кількість робочих шпинделів в спеціальних головках може складати не більше 10-12.

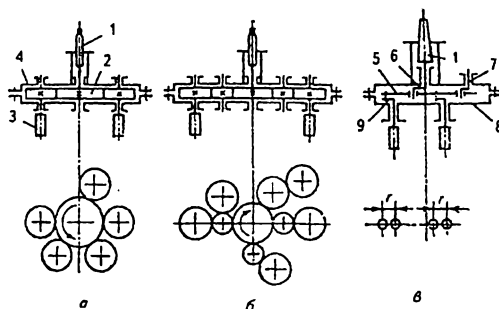


Рисунок 4.32 – Кінематика багатошпиндельних свердильних головок з постійним розташуванням робочих шпинделів:

а - головка без проміжних і шестерень; б - головка з проміжними шестернями; в - головка з кривошипним механізмом

На рис. 4.32,а показана спрощена схема багатошпиндельної свердильної головки з постійним розташуванням робочих шпинделів. Обертальний рух від шпинделя верстата через конус 1 і центральне зубчате колесо 2 передається на зубчасті колеса 4 робочих шпинделів 3 головки. Для правого обертання робочих шпинделів шпиндель верстата повинен обертатись в ліву сторону. В ланцюг подачі включають передаткове зубчате колесо, щоб при лівому обертанні шпинделя головка мала подачу вниз. Це є істотним недоліком таких конструкцій головок.

Такі недоліки можуть бути усунені, якщо в кінематичну схему головки ввести проміжні зубчаті колеса (см. рис. 32,б). Недоліком таких конструкцій головок є збільшення кінематичного ланцюга, а, відповідно, і габаритів корпусу.

Зменшити габарити корпусів головок можливо шляхом заміни шестерень кривошипними механізмами (рис. 4.32,в). Оберти від шпинделя верстата через конус 1 передаються на кривошип 6, що з'єднаний з поворотною плитою 5, яка підтримується другим кривошипом 7. Робочі шпинделі мають кривошипи 9 того ж радіусу, що і кривошипи 6. Вони приводяться до обертання від повідкової плити 5, яка може обертати будь-яку кількість робочих шпинделів, що розташовуються довільно в межах габаритів корпусу 8. При русі плити всі її точки описують кола одного радіусу, який дорівнює радіусу кривошипа. Конструкція рушія забезпечує однакову кутову швидкість всіх робочих шпинделів.

Такі головки використовуються при малих відстанях між осями отворів, а також при розташуванні отворів не по колу, а по більш складному контуру. Вони прості по конструкції працюють без шуму. При хорошому балансуванні їх робочі шпинделі допускають значну кількість обертів.

В серійному виробництві використовуються універсальні головки, у яких відстань між робочими шпинделями може регулюватись, що дозволяє провести їх переналагодження при переході на випуск нової продукції. Кількість робочих шпинделів в головках, що переналагоджують, є меншою і не перевищує шести.

Головка з шарнірно-телескопічним кріпленням робочих шпинделів показана на рис. 4.33,а. Держателі 5 робочих шпинделів 6 можливо переміщувати в радіальному напрямку або повертати по колу нижньої опорної поверхні корпусу 1 головки. Компенсація зміни відстані між шарнірами 4 і держателем 5 здійснюється за рахунок телескопічного з'єднання 3 зі шпонкою, що ковзає, та шарнірів 2. Робочі шпинделі обертаються з однаковими швидкостями. Недоліком таких головок є значна висота, що ускладнює їх розміщення в інструментальних магазинах.

На рис 4.33,б показана головка, в якій регулювання положення робочих шпинделів здійснюється по дузі радіусом r . Це досягається поворотом нижньої частини корпусу відносно осей $a-a$.

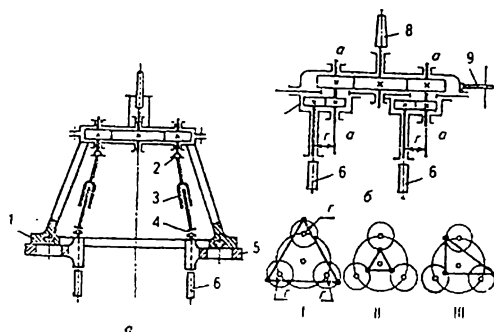


Рисунок 4.33 - Схеми багатшпиндельних головок, що переналагоджують:

а - з шарнірно-телескопічним сполученням; б - з поворотними робочими шпинделями

Недоліком головки такої конструкції є малий діапазон регулювання положень робочих шпинделів. Це видно з рисунка 4.33,в, на якому показані можливі варіанти розташування робочих шпинделів 6. Діапазон регулювання обмежується радіусом r , який визначає траєкторію переміщення осей робочих шпинделів разом з нижньою частиною корпусу відносно осей $a-a$. Конусний хвостовик головки 8 вставляють в шпиндель верстата, або в шпиндельну оправку. Корпус головки від обертання фіксується важелем 9.

Головки можуть використовуватись для обробки отворів, які розташовані по колу або по лінії. Але розташування робочих шпинделів в головці повинно бути в відповідності з розташуванням отворів. Таке розташування робочих шпинделів передбачається на стадії проектування головки.

Для свердління отворів, що розташовані по колу і під кутом відносно осі деталі, існують спеціальні головки, у яких кожний робочий шпindel має свій рушій, що виконує функцію подачі інструмента.

4.5.2 Спеціальні конструкції багатшпиндельних головок

Трьохшпиндельна головка для обробки отворів, що розташовані в лінії, показана на рис. 4.34.

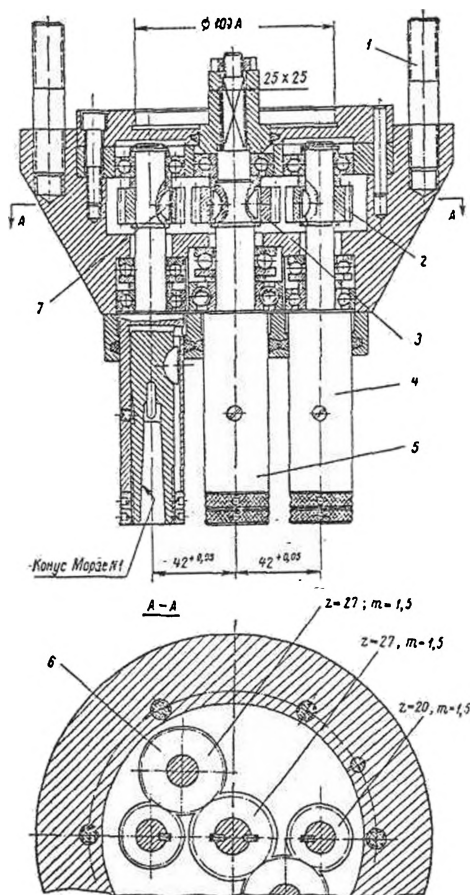


Рисунок 4.34 - Трьохшпиндельна свердлильна головка з одноярусним розташуванням зубчатих коліс для обробки отворів, що розташовані в лінію

Зубчаті колеса рушіїв робочих шпинделів розташовані в один ярус. Обертальний рух передається від шестерні 3 шестерням 2 через проміжні шестерні. Наявність проміжних шестерень забезпечує обертальний рух шпинделя верстата і робочих шпинделів по годинниковій стрілці, а, відповідно, і роботу головки в автоматичному режимі. Шестерні установлені на робочих шпинделях з напруженою посадкою і утримуються від повороту сегментними шпонками. Головка за допомогою шпильок 1 кріпиться до солової головки, а оберти їй передаються від шпинделя верстата, який з'єднується з центральним робочим шпинделем 5.

Головка може також використовуватись для роботи на БВ. Тоді кінець центрального робочого шпинделя з'єднується з шпиндельною оправкою. Центральний робочий шпиндель призначений для свердління отвору діаметром 11мм, а два крайні робочі шпинделі - для свердління отворів діаметром 6,6мм. Для вирівнювання швидкостей руху всіх трьох робочих шпинделів необхідно щоб крайні шпинделі 4 мали більшу частоту обертів. Для цього передбачена зубчата передача, яка виконує таку функцію.

Головка працює без кондукторної плити та без направляючих кондукторних втулок. Точне спрямування робочих шпинделів забезпечується за рахунок мінімального їх прогину. Мінімальний прогин робочих шпинделів досягається їх підвищеною жорсткістю та малою довжиною. Крім того, точність виготовлення свердел повинна бути більш високою, ніж тих, що направляються за допомогою кондукторних втулок.

Багатошпиндельна головка з кондукторною плитою для одночасної обробки семи отворів, які розташовані рівномірно по колу, показана на рис 4.35. Зубчаті колеса 12 робочих шпинделів 11 входять в зачеплення з зубчатим колесом 13, яке закріплене на ведучому валу 2 гайкою і утримується від повороту двома призматичними шпонками. Використання зубчатого колеса 13 з внутрішнім зачепленням, яке одночасно знаходиться в контакті з усіма зубчатыми колесами 12, забезпечує робочим шпинделям потрібний напрямок обертання.

Принцип роботи багатошпиндельної головки такий. Спочатку заготовка установлюється на центруючий палець пристрою. Після цього головку разом з кондукторною плитою 5 опускають по колонкам 4. Плита закріплює заготовку через опори 7 зусиллям пружини 3. При подальшому русі головки відбувається свердління отворів. Кондукторні втулки 10, що розташовані в плиті, забезпечують спрямування свердел в відповідності з вимогами технологічного процесу.

При підніманні головки пружина 3 продовжує закріплювати заготовку поки свердла не вийшли з оброблюваних отворів. Потім починається піднімання кондукторної плити за допомогою кілець 6. Сухарі 8, що знаходяться під пружиною 9, підхоплюють заготовку і знімають її з пристрою.

Головка може кріпитись до револьверної головки за допомогою перехідної втулки. Для кріплення шпиндельної оправки головку необхідно звільнити від перехідної втулки

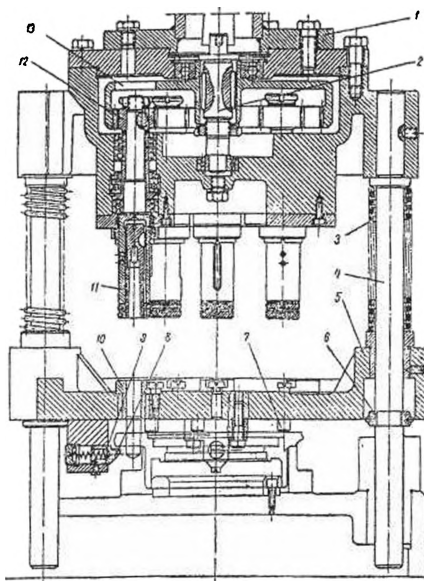


Рисунок 4.35 – Головка з кондукторною плитою і направляючими втулками

Універсальна головка з поворотньо-переміщуваними робочими шпинделями показана на рис. 4.36. Ця головка використовується в умовах серійного виробництва для групової обробки отворів, що розташовані на різних діаметрах однотипних деталей. Діапазон регулювання положення робочих шпинделів складає 72- 264 мм.

Головка може кріпитись до шпиндельної оправки, або до силової головки за допомогою шпильок 4 і гайок 5. В кільцевому пазу корпусу 1 переміщується сектор 9. Шпильки 11 і гайки 10 служать для закріплення сектора і обмеження його переміщень. В нижній частині сектора 9 розміщений вкладиш 12, скріплений з корпусом 14 штифтами. Корпус 14 з вкладишем 12 може повертатись навколо осі пустотілого вала 7 на 360° , а вал 7 за допомогою сектора 9 повертається відносно корпусу 1. Це дозволяє регулювати потрібне розташування робочих шпинделів відносно осі головки і між собою.

Корпус 14 закріплюється в необхідному положенні болтом 6 і гайкою 16. Деталі 12 і 14 утворюють поворотний кронштейн. На кінцях пустотілого вала 7, змонтованого на кулькових підшипниках, установлені дві проміжні шестерні 8 і 15. Вал 7 отримує обертальний рух від ведучої шестерні 3, яка закріплена на валу 2, і передає його на шестерню 13 робочого шпинделя 19 головки. Робочі шпинделі 19 змонтовані на підшипниках в корпусі 14 і вкладиші 12. В шпиндель 19 вставлена гільза для кріплення інструмента 20 з внутрішнім конусом морзе №1. Від повороту гільзу утримую шпонка 17, а від випадіння – гвинт 18.

Положення гільзи по висоті можливо регулювати за допомогою гайки 21.

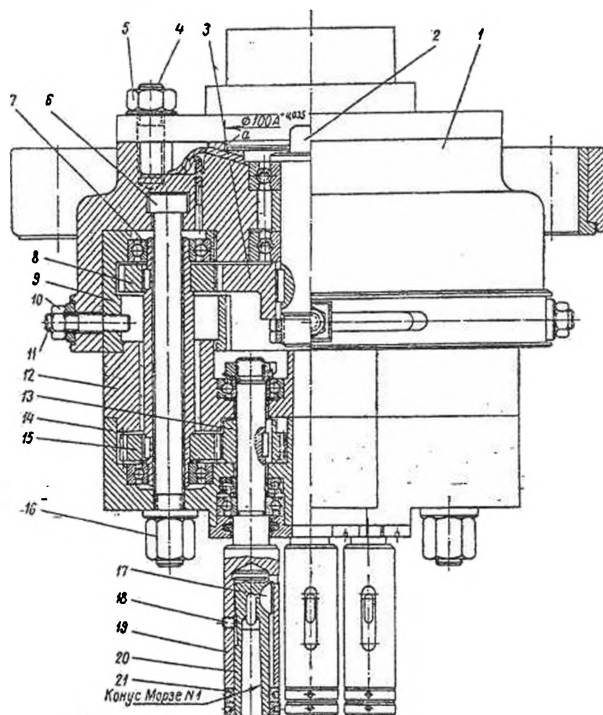


Рисунок 4.36 – Універсальна головка з поворотньо-переміщуваними робочими шпинделями

Для визначення можливостей повороту та переміщень кронштейнів з робочими шпинделями користуються схемою, зробленою в масштаб 1:1, що приведена на рис. 4.37.

При побудові схеми з прозорого паперу або плівки необхідно вирізати чотири проекції корпусу поворотних кронштейнів і нанести на них центри O_1 (вісь вала 7) і O_2 (вісь робочого шпинделя). На схемі дуги АБ відповідають зоні, в межах якої кожний корпус кронштейна, що несе робочий шпиндель, може бути повернутий навколо осі шпинделя верстата. Центр O_2 може повертатись на 360° навколо осі O_1 .

Потім на схему наносять центри отворів, які підлягають обробці. При цьому необхідно, щоб напрямок рівнодіючих осьового тиску робочих шпинделів при свердлінні, по можливості, співпадав з центром шпинделя верстата.

Центри O_2 корпусів поворотних кронштейнів суміщають з нанесеними на схему центрами отворів, що підлягають обробці, при цьому центри O_1 повинні бути розташовані по дузі АБ.

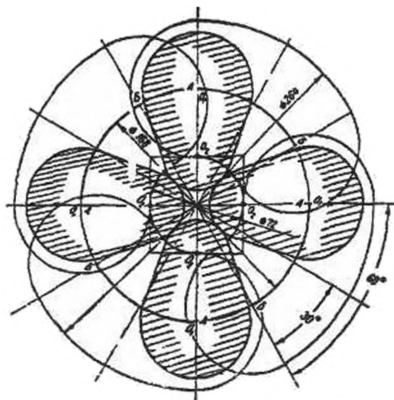


Рисунок 4.37 - Схема для перевірки можливостей та діапазону переміщень і повороту кронштейнів з робочими шпинделям

Головка може бути використана, якщо задовольняються такі вимоги:

1. поворотні кронштейни не повинні заважати один одному;
2. усі центри O_1 повинні розташовуватись на дугах АБ.

Двошпиндельна універсальна головка, яка допускає зміну відстані між робочими шпинделями, показана на рис. 4.38. Особливістю її конструкції є те, що вона має вкорочені робочі шпинделі, що зменшує ймовірність їх уведення при врізанні в метал. Робочі шпинделі мають таку саму робочу частоту обертання, що і шпиндель верстата при зберіганні напрямку руху.

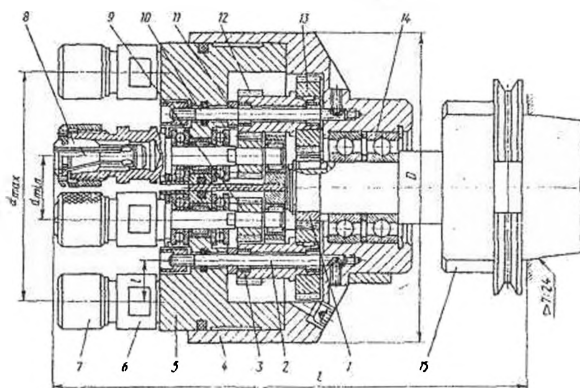


Рисунок 4.38 – Двохшпиндельна універсальна головка

Центральна шестерня 1, розміщена на хвостовику 15, через блоки коліс 12 і 13 передає крутний момент від шпинделя верстата на шестерні 9, які розміщені на робочих шпинделях головки. Шпинделі 6 розміщені в корпусах 5, які

розташовані в корпусі 4 головки з ексцентриситетом відносно осей 2 і 10. При повороті корпусів 5 навколо осей 10 відстань між шпинделями 6 головки змінюється від $d_{\min}$ до $d_{\max}$. Регулювання осевого зазору коліс 12 і 13 виконується за допомогою компенсатора 11. Різальний інструмент з циліндричним хвостовиком кріпиться в цанговому патроні 8 за допомогою гайки 7.

4.5.3 Вибір режимів різання і визначення основних конструктивних елементів багатшпиндельних головок

Багатшпиндельні свердлильні головки використовуються для одночасної обробки отворів одного або різних діаметрів. В обох випадках бажано заміню зношених інструментів виконувати не більше двох разів за зміну. Тому режими різання повинні бути такими, щоб стійкість всіх інструментів була однаковою. Стійкість свердел в приблизних розрахунках приймають рівною 100 хв. При точних розрахунках стійкість свердел необхідно назначати в залежності від числа робочих шпинделів в голівці.

Якщо в голівці працюють свердла одного діаметра, то їх стійкість визначають залежністю [20]:

$$T = C \left(\frac{1-m}{m} \right) T_0, \quad (4.23)$$

де m - показник відносної стійкості; при свердлінні сталі свердлами з швидкорізальною сталлю різних марок $m = 0,2$, при свердлінні чавуна $m = 0,125$;

T_0 - час роботи верстата, еквівалентний всім витратам, пов'язаним зі зміною і переточуванням інструменту;

C - кількість свердел в голівці.

При збільшенні кількості свердел також збільшується період стійкості та час обробки t_0 , а продуктивність, відповідно, зменшується (рис. 4.39,а, крива 1). В таких випадках доцільніше використовувати змінні головки з новими свердлами (рис. 4.39,а, пряма 2)

Якщо діаметри свердел різні, то період стійкості визначається

$$T = \frac{1-m}{m} \sum_{i=1}^c T_0; \quad T_0 = T_i + \frac{t_w l_w \left(1 + \frac{z_w}{100} + \frac{S_w}{k} \right)}{l \left(1 + \frac{z_0}{10} \right)}, \quad (4.24)$$

де T_i - час на заміну одного інструмента, хв. ;

t_w - норма часу на заточування інструмента;

l_w - заробітна плата заточника за одну хвилину;

Z_w - накладні витрати по заточувальному відділенню (цеху) %;

S - початкова вартість інструменту;

K - кількість регламентованих переточувань інструмента;

l - заробітна плата робітника за одну хвилину;

Z_0 - цехові затрати по відношенню до виробничої заробітної плати, %

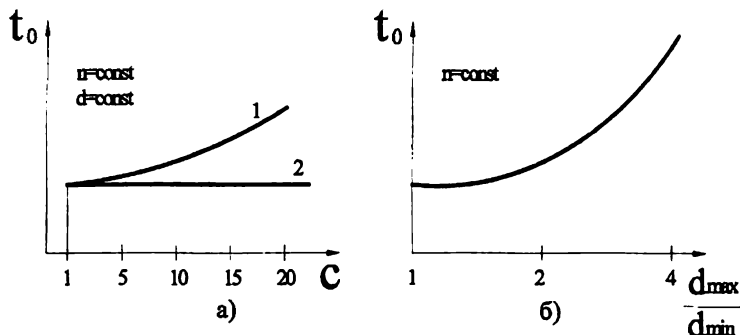


Рисунок 4.39 - Графік до вибору типа головки:

а – вплив кількості свердел на час обробки; б – вплив відношення діаметрів свердел на час обробки.

Усі свердла багатшпиндельної головки працюють з однаковою подачею за хвилину, яка визначається залежністю

$$S_{\Sigma} = nS_0 = \frac{1000VS_0}{\pi d}. \quad (4.25)$$

Подача на один оберт S_0 і швидкість різання V для окремих свердел може бути визначена залежністю

$$S_0 = C_s d^{0.6}, \quad V = \frac{C_v d^x}{T^n S_0^y}. \quad (4.26)$$

Підставив вираз (4.26) в формулу (4.25), отримаємо

$$S_{\Sigma} = \frac{1000C_v C_s}{\pi T^n C_y} \cdot \frac{1}{d^{0.4+0.6y-x}}. \quad (4.27)$$

З цього виразу видно, що подача за хвилину є обмежуючою величиною і повинна устатковуватись по свердлам більшого діаметра. Це пов'язано з тим, що показник степені при d є більшим від нуля.

Частоту обертів кожного свердла можливо визначити по формулі

$$n = \frac{S_{\Sigma}}{S_0}. \quad (4.28)$$

При визначенні величини подачі можливо використовувати як вираз (4.26), так і номограми [14].

Якщо відомі режими різання, то для кожного шпинделя можливо визначити крутий момент M_k і осьову силу P_o , які є вихідними даними.

При конструюванні універсальних головок, а також головок з кривошпинними робочими шпинделями методика розрахунків режимів різання змінюється.

ся.

Частота обертів всіх робочих шпинделів повинна бути однаковою. Так як хвилинна подача у всіх шпинделів однакова, то при постійній частоті обертів усіх робочих шпинделів величина осьової подачі за один оберт також буде однаковою. При різних діаметрах свердел в головці лімітовану величину подачі вибирають по найменшому діаметру свердла, яке має найменшу міцність із даного комплекту інструментів, тобто

$$S_0 = C_s d_{\min}^{0.6}. \quad (4.29)$$

Для свердла максимального діаметра частота обертів визначається

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{\max}} = \frac{1000C_s d_{\min}^{0.6}}{\pi d_{\max} T^m S_0^y}. \quad (4.30)$$

Згідно з формулою (4.25) подача за хвилину визначається залежністю

$$S_{xs} = \frac{1000V}{\pi T^m C_s^y} \cdot \frac{1}{d_{\max}^{(1-x)} d_{\min}^{0.6(y-1)}} = \frac{1000V}{\pi T^m C_s^y d_{\max}^{1-x} d_{\min}^{0.6(y-1)}}. \quad (4.31)$$

Аналіз рівняння (4.27) для головок з постійним розташуванням робочих шпинделів і рівняння (4.31) для головок, які переналагоджують, показує, що головки з різними частотами обертів продуктивніші, ніж головки з постійною частотою обертів в $d_{\max}^{(1-x)} \cdot d_{\min}^{0.6(y-1)}$ разів.

Наприклад, якщо прийняти $d_{\max}=20$ мм, $d_{\min}=10$ мм, $y = 0,5$, то отримуємо $20^{0.3} \cdot 10^{-0.3} = 1,23$. Тобто продуктивність буде вищою в 1,23 раз, якщо $d_{\max}=d_{\min}=1$, то це співвідношення дорівнює одиниці.

Із графіка рис.4.39 б'язьно, що операцію свердління отворів з різними діаметрами при використанні переналагоджувальних свердлильних головок, коли $d_{\max}/d_{\min} > 1,4$ доцільно вести двома головкам. Одна головка для свердління мінімальних діаметрів отворів, а друга – максимальних.

Методика визначення конструктивних параметрів багатошпиндельних головок викладена в роботі [14].

4.6 Настроювання інструменту поза верстатом

4.6.1 Прилади для настроювання інструментів поза верстатом

Висока вартість обладнання з ЧПУ потребує скорочення циклу обробки деталей. Це досягається зменшенням простоїв обладнання при підготовці виробництва як при запуску нової продукції, так і в процесі роботи. Найбільш суттєві витрати часу пов'язані зі зміною та настроюванням інструменту. Скоротити час на заміну інструмента можливо за рахунок його попереднього настроювання поза верстатом, яке відбувається незалежно від роботи верстата.

Метою розмірного настроювання інструмента є забезпечення необхідної точності положення його різальних кромки в системі координат, пов'язаної з допоміжним інструментом (рис. 4.40).

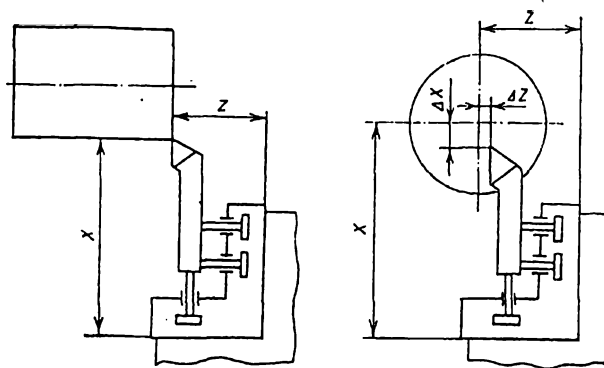


Рисунок 4.40 - Настроювання різця на розмір по двох координатах:
а - настроювання на приборі; б - розрахункова схема

Основною передумовою забезпечення потрібної точності обробки на верстатах з ЧПУ є точність попереднього настроювання інструмента. Тому прилади для попереднього настроювання інструмента повинні забезпечувати потрібну точність по наперед зад ним координатам. Ці координати задають в спеціальних картах налагодження, які розробляють при технологічній підготовці виробництва.

Для настроювання інструментів використовують два види приборів.

Прибори в горизонтальному виконанні БВ-201, БВ-2012 призначені для настроювання різців в інструментальних блоках, обертальних інструментів (різців) в оправках, на борштангах по двох горизонтальних координатах X і Z.

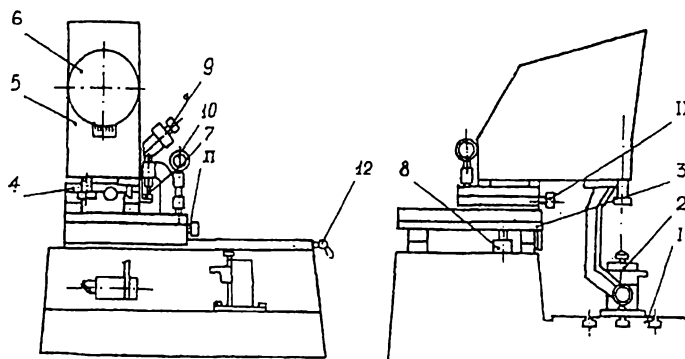


Рисунок 4.41 - Прилад БВ-2010 для настроювання різців і борштанг

Прилад БВ-2010 (рис. 4.41) складається з ступінчатої станини 1, на площині нижнього ступеня якої виконані Т-подібні пази для установлення адапте-

рів 2. Адаптери імітують базуючі поверхні верстатів токарної групи для кріплення інструментальних блоків або базуючі поверхні шпіндельної бабки для установалення борштанг. На верхній поверхні станини знаходяться нижня 3 і верхня 4 каретки, які переміщуються в поздовжньому і поперечному напрямках. На верхній каретці устаноулений візирний пристрій 5 у вигляді проєкційного мікроскопа, на поворотному екрані 6 якого є штрихове перехрестя.

Прилад оснащений оптичними шкалами у вигляді скляних лінійок 7, 8 та відліковими мікроскопами 9, 10 для попереднього установалення проєктора на задані координати. Точне установалення здійснюється мікрометричними гвинтами 11. Після установалення на задані координати положення кареток фіксується стопорними гвинтами 12.

Відліковий мікроскоп МОС-21, показаний на рис. 4.42, оснащений обертальною шкалою, зображення якої видно через окуляр.

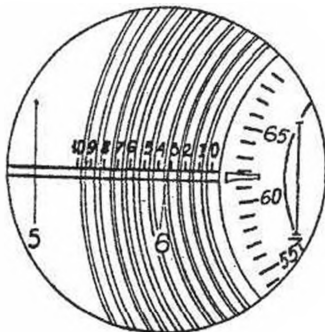


Рисунок 4.42 - Відлік по шкалі мікроскопа

Для відліку координат потрібно повернути головку мікроскопу і розмістити довгий штрих міліметрової шкали між двома ближніми спіралями обертальної шкали. Цифра біля довгих штрихів показує число цілих міліметрів (на рисунку 6 мм). Десяті частки міліметрів відраховують по поздовжній шкалі з короткими штрихами. За результат відліку десятої частки приймається той штрих, який знаходиться між двома ближніми спіралями обертальної шкали, у даному прикладі 0,3 мм. Соті і тисячні частки міліметра відраховуються по круговій шкалі відносно нерухомого індексу. Так координата, показана на рис. 4.42, дорівнює 6,362 мм.

Прилад мод БВ-2013 для розмірного настроювання осьового інструменту (свердел, зенкерів, розверток, мітчиків та фрез) показаний на рис. 4.43. Вимірювальні елементи приладу монтується на основі 1, де розміщується також шпіндель 4 та механізми вертикальних переміщень каретки. Для затискання інструменту в шпинделі існує маховик 2. Фіксатор 3 не дозволяє шпинделю повертатись при затисканні інструмента. На верхній площині закріплена стійка 11 з вертикальною 12 і горизонтальною 10 каретками. Вертикальна каретка 12 переміщується по направляючих за допомогою ходового гвинта і фіксується в не-

обхідному положенні стопором 5.

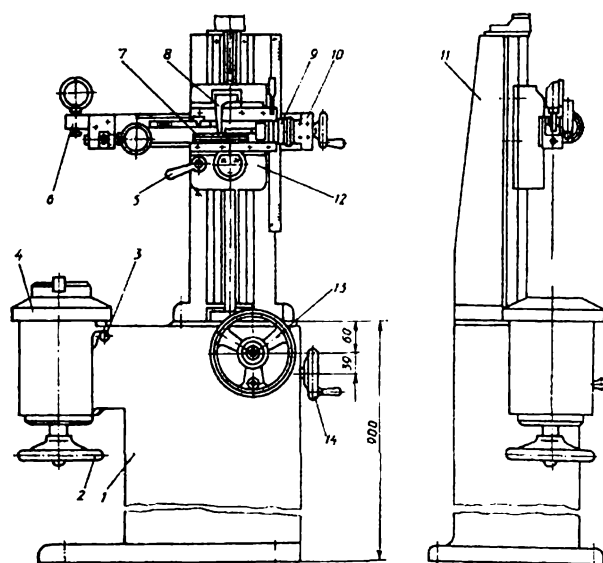


Рисунок 4.43 - Прилад для настроювання осьового інструменту
мод. БВ-2013

На пій стійці також знаходяться направляючі для горизонтальної каретки, яка призначена для установлення діаметрального розміру. На каретці 10 закріплені наладка з індикаторами 6 для фіксації положення інструменту, що на-строюється; призма 7 для закріплення установочних вставок або кінцевих мір довжини; мікрометрична головка 9 з межами виміру 0-25 мм і ціною шкали 0,01 мм. Переміщення каретки здійснюється за допомогою ходового гвинта і гайки, яка через гвинт і каретку під дією пружини притискає гвинт мікрометричної головки до нерухомого упору 8. При цьому між торцями гайки і направляючими повинен утворити сь осьовий зазор. Наявність зазору визначається по суміщенню показника, що закріплений на гайці, і відмітки, яка нанесена на на-правляючих.

Попереднє налагодження інструмента на задані координати ведеться по діаметру та по вильоту інструмента. При настроюванні по вильоту інструмента ослаблюють стопор вертикальної каретки. Попередньо маховиком 13 перемі-щують каретку на необхідний розмір, користуючись лінійкою і конусом. Після цього маховиком 14 установлюють потрібний розмір за допомогою ноніуса.

У випадку налагодження по діаметру інструмента маховиком грубого пе-реміщення каретку 10 відводять праворуч на величину, що перевищує задану. Відлік ведеться по лінійці. На призмі розміщується еталон для настроювання по діаметру (вставка або кінцева міра). Потрібний розмір установлюють гвинтом

мікрометричної головки. Після цього каретку перемішують праворуч до входу показника в зону мітки.

Сьогодні існують більш досконалі прилади типу лазерних інтерферометрів, оснащені мікропроцесором, які значно спрощують налаштування інструменту на розмір. При цьому точність є більш високою.

4.6.2 Методика визначення розмірів інструментів, які настроюють

На рис. 4.44 показана схема настроювання інструмента на розмір в різцевому блоці. Положення державки різця в прийнятій системі координат визначають розміри X і Z , які задаються в карті настроювання інструмента. Різець установлюється в інструментальному блоці або державці, які базуються в посадочному гнізді приладу (див. рис. 4.43), ідентичному гнізду револьверної головки або різцедержателя.

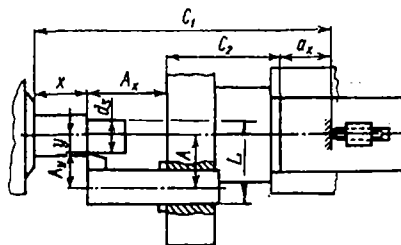


Рисунок 4.44 - Схема розмірних ланцюгів для визначення настроювальних розмірів інструментальної наладки

Оптична система виставлена відповідно базових поверхонь допоміжного інструмента по координатам X і Z за допомогою кінцевих мір, шаблонів, індикаторів чи вбудованих шкал з ноніусами. Вершина різального інструменту при цьому може не співпадати з центром оптичного проєкційного пристрою. Для усунення похибки ΔX , ΔZ використовують гвинти для регулювання. Після цього контролюють величини координат X , Z і інструмент закріплюють в блоці або державці. Інструментальний блок готовий до використання (див. рис. 4.40).

Налаштування інструментів в револьверній головці токарного верстата з горизонтальною віссю, де зміна інструмента відбувається шляхом зміни робочої позиції, побудована на основі розмірних ланцюгів (рис. 4.44). Згідно схеми радіальний розмір, що настроюється A_y , визначають залежністю

$$A_y = A - y, \quad (4.32)$$

де A_y - координата радіальної установлювальної бази, якою є осі отворів для інструментів;

$y = (d_{\max} - d_{\min})/2$ - розрахунковий радіус поверхні, що оброблюється;

$d_{\max}$ - максимально допустимий діаметр обробки;

$d_{\min}$ - мінімально допустимий діаметр обробки.

Тоді рівняння (4.32) можливо записати у вигляді

$$A_y = A - d_p/2. \quad (4.33)$$

В отвір револьверної головки, для якого визнається відстань A , установлюють і закріплюють циліндричний стержень. Вимірюють відстань між найбільш віддаленими точками циліндричної проточки і стержня. Тоді параметр A може бути визначений

$$A = L - (d_p/2 + d_c/2), \quad (4.34)$$

де d_p - діаметр циліндричної проточки на заготовці;

d_c - діаметр стержня.

Таким же чином визначають відстань A для інших отворів цієї револьверної головки.

В токарно-револьверних верстатах з ЧПУ, де фіксація револьверної головки здійснюється за допомогою зубчатих вінців, точність позиціонування не перевищує 0,01 мм. В цьому випадку досить заміряти розмір A для одного отвору.

Для верстатів, де фіксація головки здійснюється за допомогою пальця, точність позиціонування відрізняється на 0,1 мм. В таких випадках для підвищення точності настроювання необхідно заміряти параметр A для кожного отвору і показання занести в протокол для використання при кожному визначення A_y .

Методика визначення осьових розмірів інструментальної наладки, яка викладена в роботі [13], забезпечує настроювання інструментальних блоків тільки в статичному стані. В робочому процесі на інструментальний блок діють сили різання, що викликають появу пружних деформацій інструментальних блоків. Це, в свою чергу, веде до появи додаткових переміщень кромки інструменту. Тому при налагодженні інструментального блоку необхідно враховувати його пружні деформації.

4.6.3 Точність інструментів з урахуванням пружних деформацій

Різальний інструмент є складовою частиною ТС, в яку входять верстат з його шпиндельним вузлом, пристрій для закріплення деталі, допоміжний інструмент, що складає інструментальний блок; а також робочий процес. При виготовленні всіх складових частин ТС спостерігаються кутові та лінійні помилки. В робочому процесі ці неточності виготовлення елементів ТС впливають на положення різального інструменту, який є замикаючим елементом в складному розмірному ланцюгу. Вирішення рівняння цього ланцюга теоретико-вирогідним методом дозволяє врахувати закони розподілу відхилень допоміжного і різального інструменту при їх виготовленні і випадковий характер складових похибок, таких як зміщення і перекоси осей при складанні компонувань різального і допоміжного інструменту [18].

Кутові похибки складових елементів (перекоси осей) і векторні похибки (паралельне зміщення осей) складають шляхом приведення перекосів осей до векторного виду в площині замикаючого елемента (зміщення різальної кромки інструменту) через передавальні відношення [18]. Тоді

$$e_{\Sigma} = \frac{1}{\kappa_{\Sigma}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i \kappa_i e_i)^2}, \quad (4.35)$$

де $A_i = \sum_{j=1}^n \frac{l_j}{l_{ni}}$ - передатне відношення і-го елемента;

κ_i - коефіцієнт відносного розсіювання і-го елемента;

e_i - перекус або паралельне зміщення осей;

l_i - виліт і-го елемента компонування;

l_{ni} - виліт, на якому нормується величина перекосу в і-му з'єднанні;

κ_{Σ} - коефіцієнт відносного розсіювання величини замикаючого елемента.

Характеристика замикаючого елемента визначається залежністю

$$\kappa_{\Sigma} = 1 + \frac{0,55}{\sum_{i=1}^n e_i} \left(\sqrt{\sum_{i=1}^n \kappa_i^2 e_i^2} - \sqrt{\sum_{i=1}^n e_i^2} \right). \quad (4.36)$$

Для кожного елемента необхідно визначати характеристики розподілу κ_i , що можна зробити за допомогою довідки [42].

Похибки, які виникають при складанні інструментальних блоків, можливо виявити з рис.4.45, де $2e_1$ - биття конічного отвору шпинделя; e_2 - биття шпинделя від перекосу осей; e_3 - биття базового агрегату від перекосу в з'єднанні з конусом 7:24; $2e_4$ - биття змінної втулки або оправки від зазору в циліндричному з'єднанні; $2e_5$ - биття нового отвору базового агрегату; e_6 - биття змінної втулки або оправки від перекосу в циліндричному або конічному отворі; e_7 - биття конічного отвору в змінній втулці; e_8 - биття змінної розрізної втулки, або різального інструменту від перекосу в конічному з'єднанні; e_9 - биття циліндричного отвору в змінній розрізній втулці.

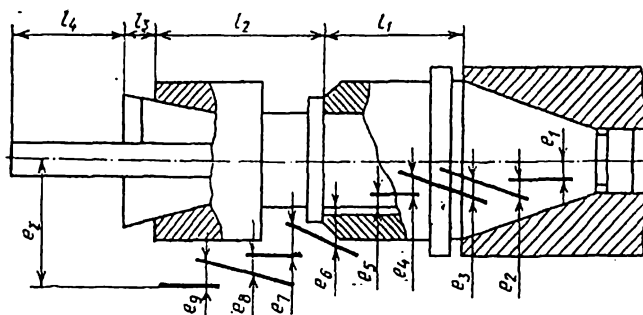


Рисунок 4.45 – Розмірний ланцюг утворення биття складового допоміжного інструмента

Значення коефіцієнтів розсіювання залежать від способу обробки і є дові-

дковим матеріалом.

Передатне відношення елементів визначається залежностями:

$$A_1 = A_4 = A_5 = A_7 = t_9 = 1, \quad A_2 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{n2}},$$

$$A_3 = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + l_4}{l_{n3}}, \quad A_6 = \frac{l_2 + l_3 + l_4}{l_{n2}}, \quad A_8 = \frac{l_3 + l_4}{l_{n8}}. \quad (4.37)$$

Пружні контактні переміщення допоміжного інструменту та закріпленого в ньому різального інструменту під дією сили P_n , наприклад, радіальної нерівноваженої сили при свердленні або зенкеруванні, викликають зміщення інструменту. Тоді пружні контактні переміщення під дією сили P_n , яка прикладена на деякій відстані від краю отвору, визначаються формулою

$$Y = \delta_0 + \Theta l, \quad (4.38)$$

де δ_0 - зміщення на краю стику в результаті контактної податливості;

Θ - кут повороту на стику, мкм/мм (1 мкм/мм $\approx$ 0,001 рад).

Якщо маємо високу точність виготовлення елементів з'єднувальних поверхонь, то допустимо зменшувати контактну податливість на кінці стику. Тоді сумарна деформація буде

$$\delta = P_n \left[\sum_{i=1}^n \frac{\left(\sum_{j=1}^n l_j \right)^3}{3EI_i} + 10^{-3} \frac{\Theta_i}{M} \left(\sum_{j=1}^n l_j \right)^2 \right], \quad (4.39)$$

де l_i - виліт i -го елемента допоміжного інструмента, мм;

$I_i = 0,05d^4$ осьовий момент перетину i -го елемента;

E - модуль повздовжньої пружності;

Θ/M - податливість i -го з'єднання.

Залежність (4.39) дозволяє визначити величину пружної деформації інструментального блоку по координаті Z . На цю величину необхідно зменшити настроювальний розмір Z , тобто

$$Z' = Z - \delta \quad (4.40)$$

4.7 Визначення потрібної кількості допоміжних інструментів

4.7.1 Шляхи комплектації верстатів допоміжним інструментом

Кількість допоміжних інструментів, що замовляється, повинна найбільш ефективно забезпечити обробку основної номенклатури деталей. В той же час, необгрунтовано завищена кількість допоміжного інструмента, що замовляється, збільшує собівартість продукції, потребує збільшення площ складів та інше.

Сьогодні існує декілька підходів до комплектації верстатів допоміжним інструментом.

Перший із них, коли фірма, що виготовляє верстати, комплектує їх типовим допоміжним інструментом в відповідності з технічними характеристиками (дивись підрозділ 4.1). Якщо таких допоміжних інструментів в поставленому комплекті не вистачає, то фірма-замовник верстата комплектує його потрібним інструментом самостійно.

Другий напрямок, це коли фірма-замовник замовляє не тільки верстат, а і повний комплект допоміжних інструменту під задану номенклатуру оброблюваних деталей. Тоді поставник виготовляє БВ відповідно з номенклатурою оброблюваних деталей і комплектує його допоміжним інструментом відповідно з технологічним процесам. Це дозволяє значно прискорити запуск нового обладнання в виробництво. Але, вартість БВ при цьому значно зростає. Крім того, при переході на випуск нової продукції існуючий допоміжний інструмент не завжди задовольняє вимогам нових технологічних процесів.

Необхідно мати на увазі, що якість допоміжного інструмента, поставленою фірмою, що виготовляє верстати, значно вища, ніж якість того інструмента, що може виготовити сам замовник.

Тому виробник, що хоче вийти на ринок з новою продукцією і обійти конкурентів, використовує другий шлях оснащення БВ допоміжним інструментом.

4.7.2 Визначення кількості і номенклатури необхідного допоміжного інструмента

Номенклатура і кількість допоміжного інструмента, яка потрібна для БВ, залежить від виду оброблюваних деталей, їх форми, розмірів, точності, типів поверхонь, їх статистичної вагомості, кількості придбаних верстатів одного типу, та їх модифікації.

Якщо на дільниці використовується метод прискореного настроювання інструмента поза верстатом, то кількість замовленого інструмента повинна бути збільшена в 1,5-2 рази у порівнянні з потрібною при налагодженні шляхом пробних проходів.

Характер оброблюваних деталей значно впливає на кількість допоміжного інструменту: чим більша точність отворів і більше їх ступенів, тим більше потрібно допоміжних інструментів. Для малих діаметрів отворів при їх обробці свердлами, зенкерами, розвертками, мітчиками необхідні допоміжні інструменти, обумовлені в підрозділі 4.2. Для обробки отворів більших діаметрів використовуються розточувальні оправки, борштанги з мікрометричним пристроями для регулювання на розмір. При нарізанні різьби в отворах мітчиками потрібні запобіжні патрони, а для нарізання різьби на зовнішніх поверхнях використовуються різьбонарізні або різьбонакатні головки.

Основними факторами, які визначають кількість потрібного допоміжного інструмента, є статистична вагомість окремих елементів деталей і кількість верстатів, що замовляються, або знаходяться в комплектації.

Коли статистична вагомість будь якої поверхні складає 100%, то цей інструмент необхідно замовляти на кожний верстат, де оброблюються ці поверхні. Якщо статистична вагомість поверхонь менше 100%, кількість потрібного інструмента визначається кількістю верстатів даного виду, явк замовляються, або є в експлуатації, тобто

інструмента визначається кількістю верстатів даного виду, якв замовляються, або є в експлуатації, тобто

$$n = 1,25 mP/100, \quad (4.41)$$

де n - кількість потрібного допоміжного інструмента;

1,25 - коефіцієнт, що враховує одночасність запуску однотипних деталей;

m - кількість замовлених однотипних БВ;

P - статистична вагомість поверхонь деталей, що підлягають обробці на даному обладнанні, %.

Статистична вагомість окремих елементів деталей визначається залежністю

$$P = \frac{K}{L} 100\%, \quad (4.42)$$

де K - кількість деталей, що оброблюється на даному виді обладнання і мають однотипні оброблювані поверхні;

L - загальна кількість оброблюваних на даному обладнанні деталей.

При визначенні потрібної кількості допоміжних інструментів доцільно використовувати таблиці, наприклад, табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Статистична вагомість окремих елементів деталей, які оброблюють на токарному верстаті, та потрібна кількість допоміжних інструментів

№ п.п	Елементи конфігурації оброблюваних поверхонь	P, %	Допоміжний інструмент	n, шт	
				визн.	прийнятий
1	Зовнішні циліндричні поверхні	80	Державки різцеві	10	11
2	Внутрішні циліндричні поверхні	50	Патрони свердлильні	6,25	7
3	Фаски	70	Державки різцеві	7,5	8
4	Канавки: на зовнішній поверхні на внутрішній поверхні	30	Державки різцеві	2,5	3
		10		1,25	2
5	Різьба: зовнішня внутрішня	30	Патрони різьбонарізні	3,75	4
		10		1,25	2
6	Конуси: зовнішні внутрішні	10	Державки різцеві Патрони для кріплення розверток	1,25	2
		5		0,62	1
7	Накатані поверхні	5	Оправки для кріплення накатних роликів	0,62	1

Отримана кількість допоміжних інструментів є цілим числом, яке округлюють в більшу сторону.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ДО РОЗДІЛУ 4

1. Які функції виконують допоміжні інструменти?
2. Яким вимогам повинні задовольняти допоміжні інструменти?
3. Які риси характерні для допоміжних інструментів, що використовуються для верстатів свердлильно-розточувальної і фрезерної груп?
4. За рахунок чого відбувається передача крутного моменту від шпинделя до конічного хвостовика?
5. За рахунок якого основного конструктивного елемента цангового патрона відбувається передача крутного моменту від шпинделя до інструмента?
6. Яким чином створюється осьова сила кріплення кінцевих фрез?
7. Які недоліки патронів для кріплення свердел ключем, та як вони усуваються в патронах з ручним кріпленням?
8. Які функції виконує гойдальний патрон для кріплення розверсток?
9. Які функції виконує плавальний патрон при кріпленні розверсток?
10. Які функції виконує запобіжний патрон при кріпленні мітчиків? За рахунок якого пристрою здійснюється відключення при величині крутного моменту більшого, ніж допускається розрахунком?
11. Де використовуються регульовані запобіжні патрони універсального типу?
12. Які способи кріплення допоміжних інструментів використовуються на токарних верстатах?
13. Які особливості конструкцій цангових патронів з гумово-металевою цангою?
14. Який метод кріплення різцевих головок використовується в системі БТС?
15. На якому принципі працюють розточувальні головки з радіальним переміщенням різця?
16. Яке призначення мають прискорювальні та кутові головки?
17. Які переходи виконують автоматичні зворотні головки?
18. На якому принципі побудовані відсмоктувальні головки?
19. Для чого використовуються дозатори для подачі оливи?
20. Для яких верстатів використовуються багатошпиндельні голівки з постійними міжцентровими відстанями та переналагоджувальні головки?
21. По якому діаметру свердла призначається подача для багатошпиндельних головок при різних діаметрах свердел?
22. Які цілі переслідуються при налагодженні інструментальних блоків поза верстатом?
23. Які складові частини має інструментальний блок?
24. Які існують види приладів для настроювання інструментів поза верстатом та де вони використовуються?
25. Які основні принципи методики настроювання інструментів поза верс-

татом?

26. Як визначається потрібна кількість і номенклатура допоміжних інструментів?

27. В чому полягає принцип визначення зміщення різальної кромки інструмента?

5.1 Задачі автоматичної системи контролю

Контрольні операції є відповідальним етапом будь якого технологічного процесу. Вони визначають якість та конкурентоспроможність продукції. Сьогодні існує багато видів контролю, до яких, перш за все, слід віднести фінішний та операційний контроль. Для роботи універсального обладнання характерним являється виконання операційного контролю оператором, а фінішного – контролером відділу технічного контролю. В умовах автоматичного виробництва ці функції виконуються автоматично. Фінішний контроль здійснюється контрольними автоматами, наприклад, контроль кульок та роликів. Але ці автомати базуються на чисто механічних принципах. Поява систем контролю, основаних на електронних засобах, дозволило створити “активні” контрольні пристрої, наприклад, для шліфувальної операції.

Всі засоби контролю здійснюють контроль деталей. На цьому принципі побудовані контрольні-сортувальні автомати та контроль-вимірювальні машини. Але вони побудовані у відповідності з законами автоматичного регулювання. Контрольно-вимірювальні машини (КВМ), на відміну від контрольні-сортувальних автоматів, крім фінішного контролю можуть відбраковувати деталі, які не відповідають нормативам, і відправляти їх на виправлення похибок обробки.

Недоліком КВМ є те, що контроль деталі здійснюється після повної її обробки і усунути похибки обробки вже фактично неможливо. Тому при третьому рівні автоматизації ГВС передбачено діагностування і контроль положення робочих органів верстата, деталі та інструмента.

В даному розділі розглядаються засоби діагностування обладнання ГВС, контролю норм точності позиціонування його робочих органів та їх корегування в разі необхідності. Крім того, розглядаються засоби діагностування та контролю роботи інструмента, його зношування та контроль впливу стану інструмента на точність обробки деталі.

Система автоматичного контролю відноситься до важливих підсистем функціонування ГВС. Вона забезпечує, по-перше, потрібну якість продукції шляхом своєчасної подачі інформації про параметри заготовки, інструмента та технологічного оснащення. По-друге, вона підтримує в робочому стані автоматичні комплекси шляхом діагностування та корегування стану робочих органів ТС. Найважливішим завданням експлуатаційного контролю є підтримка працездатності ТС шляхом розпізнання відмов і усунення причин їх появи з метою попередження аварійних ситуацій.

Складовою частиною ГВС є робототехнічні модулі, що виконують автоматичні операції, які потребують візуального контролю. Це означає, що в додаток до датчиків технологічних параметрів і стану обладнання, для ідентифікації автоматичного маніпулювання заготовками і інструментом необхідні засоби технічного зору. Тобто ми маємо справу з випадками розпізнання технічного стану, взаємного розташування інструмента та заготовки, вузлів верстата – тех-

нічним діагностуванням. Ці функції виконує автоматична система управління (АСУ) ГАВ, якою оснащується технологічний комплекс.

Ці задачі відносяться до технічної діагностики, яка пов'язана з дослідженням систем, що знаходяться в експлуатації. Діагностичними показниками можуть бути параметри динамічних елементів, коефіцієнти рівнянь, узагальнені параметри. При контролюванні використовуються як динамічні характеристики об'єкта (часові або частотні характеристики), так і статичні (наприклад, статична похибка системи).

Типовий алгоритм системи підтримання працездатності об'єкта включає декілька етапів: збирання інформації, її оцінку і виявлення відхилення від норми, визначення причин відхилення, прийняття рішення і вироблення корегуючої дії, її реалізація з метою усунення знайдених відхилень. Перші два етапи – це операції контролю, третій – діагностування, а два останніх – операції прийняття і реалізації рішень [6].

В інформаційній структурі системи підтримання працездатності об'єкта (рис.5.1) можна виділити підсистему контролю (ПСК), діагностування (ПСД) та прийняття рішень (ПСПР). Інформація про об'єкт управління (ОУ) поступає від датчиків контролю (ДК) на вхід ПСК (розміри заготовок, величини сил різання, тощо), яка оброблює її, визначає показники працездатності, порівнює їх з еталонами. На основі порівнянь ПСК формує сигнал про відхилення від норми, який, в залежності від аварійності ситуації, подається в систему програмного управління СПУ або ПСПР. Згідно з вимогами ПСПР в ПСД може передаватись запит на в'яснення причин зниження показників ПР. При проведеної діагностичних перевірок ПСК може виконати допоміжне опитування датчиків. Після збирання всієї інформації по результатам контролю (РК) і діагностування (РД) ПСПР виробляє керуючі дії (КД) і передає їх в СПУ для реалізації.

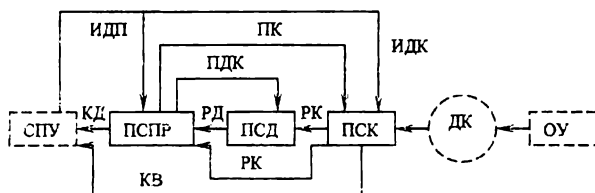


Рисунок 5.1 – Інформаційна структура підтримання працездатності об'єкта

5.2 Діагностування обладнання ГВС

5.2.1 Види похибок обробки, що виникають в умовах автоматичного виробництва

Основними видами похибок при роботі на верстатах з ЧПУ є похибки, які виникають при обробці діаметральних розмірів: похибки форми отворів в по-вздовжньому та поперечному перетинах; похибки відстані між центрами отворів; відхилення від співвісності отворів, або паралельності осі отвору площині; похибки форми і взаємного розташування поверхонь.

Похибки при обробці діаметральних отворів залежать від налагодження інструмента поза верстатом, розташування конусного отвору шпинделя, тощо.

Похибки форми отвору в повздовжньому перетині визначаються відхиленням від прямолінійності переміщення шпинделя, столу або супорта.

Похибки форми отворів в поперечному перетині залежать від періодичних коливань інструмента і заготовки при обробці.

Похибки відстані між центрами отворів залежать від зміщення осі свердла, копіювання похибок, отриманих на попередньому переході при розточуванні та похибок позиціонування робочих органів верстата.

Крім цього, необхідно також враховувати похибки переміщень робочих органів верстата, що пов'язані з відхиленнями від прямолінійності і перпендикулярності їх переміщень, які обумовлені пружними і температурними деформаціями в ТС.

Похибка форми і взаємного розташування площин при обробці в значній мірі визначається похибками установки, геометричними похибками верстата, похибками позиціонування столу, револьверної головки, шпинделя, похибками від пружних і температурних переміщень елементів ТС.

Аналіз показує, що існує три шляхи підвищення точності обробки на ГВС:

- 1) зниження чутливості системи до вхідних дій;
- 2) зниження рівня вхідних дій за рахунок підвищення точності обробки на попередніх переходах;
- 3) використання системи зі зворотнім зв'язком, яка дозволяє управляти вхідними діями за рахунок зміни положення вершини інструмента.

5.2.2 Механізми компенсації похибок в роботі верстатів та їх функції

Механізми управління точністю обробки є одними з найважливіших вузлів верстата. Вони призначені для корекції характеристик і параметрів верстата, які направлені на підвищення точності обробки. Робота таких механізмів здійснюється на основі зворотних зв'язків, які контролюють хід робочого процесу і визначають можливості верстата по зміні режимів його роботи, по корегуванню ходу заданого технологічного процесу, контролюють стан окремих функціональних елементів верстата з програмним управлінням.

Схема взаємодії верстата з системами автоматичного управління точністю обробки показана на рис. 5.2. Практично на кожному конкретному верстаті використовуються не всі указані системи, а лише частка з них.

Автоматичні системи зі спеціальними виконавчими механізмами корегування та підналагодження або з використанням для цього основних механізмів і вузлів верстата, дозволяють підвищити технічні характеристики ТС, її здатність не реагувати на зовнішні впливи, придати нові функції пристосування до зміни умов роботи. Інформація про стан ТС або її елементів поступає в систему управління робочими процесами для вироблення дій, які корегують цей стан.

Отримана інформація накопичується в системі управління, де є спеціальний розрахунковий пристрій, який визначає необхідну величину компенсації, вводить уточнення в програму роботи верстата і приводить в дію відповідні ме-

ханізми підналагодження, які направляють роботу механізмів в необхідному режимі.

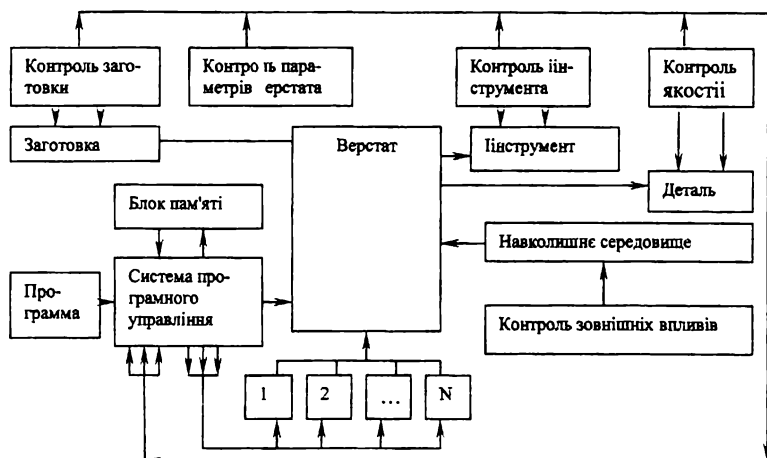


Рисунок 5.2 – Схема зв'язків верстата з системою автоматичного управління точністю обробки

Найбільш характерними діями системи підналагодження, які змінюють параметри роботи верстата, є:

- зміна положення робочого органа верстата для підвищення точності позиціонування або точності взаємного положення вузлів;
- зміна траєкторії або швидкості руху робочого органа верстата для підвищення точності руху вузла або кінематичної точності верстата;
- стабілізація теплових і силових впливів на верстат для підвищення точності взаємного положення вузлів або кінематичної точності верстата;
- урахування теплових, силових і вібраційних впливів на верстат для підвищення точності обробки;
- зміна режимів з'робки і їх оптимізація по критерію точності;
- виконання операцій для забезпечення необхідних режимів роботи (шляхом заміни зношеного інструменту, правки шліфувального круга, забезпечення стабільної подачі оливи та інше).

Для забезпечення стабільного положення основних робочих органів ТС необхідне точне їх виготовлення і складання, а також наступна експлуатація в відповідності з нормами. Необхідно знати, що такі заходи гарантують тільки початкову точність верстата, але не завжди гарантується збереження цього показника на весь період експлуатації.

Більш надійним способом забезпечення високої точності на протязі всього періоду експлуатації ТС є використання в сучасних системах з ЧПУ вимірювальних засобів, та автоматична компенсація похибок в роботі верстата шляхом зменшення лінійних, кутових і просторових відхилень.

Компенсація похибок верстата з ЧПУ може здійснюватись різними спо-

собами.

Компенсація програмним способом може здійснюватись з використанням відслідковуючих рухів подачі робочих органів верстата; за допомогою введення спеціальних пристроїв у вигляді мікрорушіїв, які діють прямим або непрямым шляхом на формоутворення поверхонь.

Завдяки високій точності виготовлення основних робочих органів БВ, використання в системах з ЧПУ, вимірювальних засобів та автоматичної компенсації похибок, що виникають, забезпечується висока точність функціонування базових вузлів верстата.

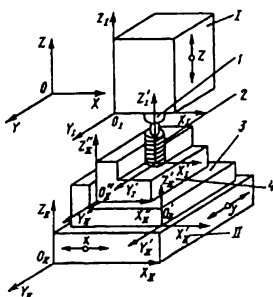


Рисунок 5.3 – Схема розташування інструмента і деталі при обробці на БВ з вертикальним розташуванням шпинделя

Схему обробки деталі на БВ (рис. 5.3), який оснащений механізмами компенсації похибок роботи, можливо уявити як роботу шпиндельної бабки I, робочий орган 1 якої переміщується в системі координат $OXYZ$. Стіл верстата є робочим органом II, на якому в пристрої 3 установлена і закріплена заготовка 4. Під дією похибок елементів ТС (верстат–пристрій–заготовка–інструмент) виникають збурення в її роботі. Вони викликають зміну положення інструмента 2 і заготовки 4 відносно заданих параметрів програми, які можливо визначити залежністю [6]

$$\bar{\delta} = \bar{\delta}_i \cdot (\bar{\delta}_{p1}) + \bar{\delta}_3 \cdot (\bar{\delta}_{p11} \cdot (\bar{\delta}_{p11}))], \quad (5.1),$$

де $\bar{\delta}_i$ – похибка оправки і різального інструмента;

$\bar{\delta}_{p1}$; $\bar{\delta}_{p11}$ – похибка робочих органів, що несуть різальний інструмент і пристрій з заготовкою;

$\bar{\delta}_3$ – похибка кріплення заготовки;

$\bar{\delta}_{p11}$ – похибки пристрою, де базується і кріпиться заготовка.

Необхідна точність виготовлення деталей досягається як при забезпеченні мінімального взаємного відхилення систем координат $O_1 X_1 Y_1 Z_1$, $O_{11} X_{11} Y_{11} Z_{11}$

і $O_I^1 X_I^1 Y_I^1 Z_I^1$, $O_{II}^1 X_{II}^1 Y_{II}^1 Z_{II}^1$, $O_{III}^1 X_{III}^1 Y_{III}^1 Z_{III}^1$, так і їх мінімального відхилення відносно загальної системи координат OXYZ. Для цього, перш за все, необхідне стабільне розташування робочих органів верстата, які є базовими елементами, що несуть різальний інструмент і заготовку, тобто

$$\overline{\delta} = \overline{\delta}_n + \overline{\delta}_3 \cdot (\delta_n). \quad (5.2)$$

Коли отримано задачі положення базових систем координат $O_I X_I Y_I Z_I$ і $O_{II} X_{II} Y_{II} Z_{II}$, можливо перейти до стабілізації інших робочих органів, які впливають на точність обробки.

В сучасних системах ЧПУ і вимірювальних засобах широко використовується спосіб управління точністю, оснований на автоматичній компенсації похибок точності верстатів шляхом зменшення і стабілізації лінійних і кутових відхилень елементів ТС. Такі корегування похибок геометричних параметрів верстата вносяться в пам'ять системи.

Компенсація похибок програмним способом може здійснюватись двома шляхами:

- шляхом використання відслідковувачів рухів подачі робочих органах верстата;
- за допомогою спеціальних мікрорушіїв, які безпосередньо або посередньо впливають на формування поверхні деталі.

В першому випадку компенсація похибок здійснюється шляхом лінійного переміщення робочих органів або поворотом кругового столу. При цьому компенсуються, в більшості, тільки похибки оброблюваної деталі. В той час як похибки форми і розташування поверхонь компенсувати практично не можливо.

5.2.3 Засоби автоматизації підсистеми компенсації похибок обробки

Характер впливів робочих процесів (температурних і силових деформацій системи) істотно залежать від зворотності або незворотності процесів, що протікають з різними швидкостями.

При зворотних процесах технічні характеристики верстата змінюються в відповідних межах, наприклад, коливання температури або зміна зовнішніх навантажень, і впливають на показники точності. В цих випадках автоматика може бути використана для повернення верстата у початковий стан. Відомі пристрої, які стабілізують умови роботи верстатів. До них відносять стабілізатори тиску, віброізолятори, терморегулятори, компенсатори тощо.

Незворотні процеси, які проявляються в верстаті у вигляді корозії, зношування, перерозподілу внутрішніх напруг, викликають поступове зниження його початкових параметрів. Для компенсації цих процесів створені системи їх автоматичної компенсації шляхом промивання, очищення, змащування робочих поверхонь деталей та регулюючих механізмів.

Процеси, які відбуваються на високих швидкостях (вібрації, зміни сил тертя, деформування внаслідок зміни робочих навантажень, тощо) знижують початкові характеристики верстата. Для усунення цих недоліків здійснюється постійний контроль робочих параметрів верстата та періодичне підналагоджен-

ня механізмів. Прикладом таких систем може служити система зворотних зв'язків в верстатах з програмним управлінням, яка корегує вплив різних факторів на правильність виконання заданого закону руху робочих органів верстата. До цієї категорії відносяться автоматичне підналагодження подачі столу або супорта за умов збереження постійності сили різання, автоматичний захист від вібрацій шляхом зміни їх напрямку та величини, автоматичне врівноваження шпиндельного вузла та заготовки для ліквідування шкідливого впливу дисбалансу, тощо.

Процеси, які протікають з середньою швидкістю під час безперервної роботи верстата (зміна температури верстата та навколишнього середовища, зміна вологості середовища, зношування різального інструменту). Для усунення їх впливу використовуються засоби активного контролю з автоматичним підналагодженням інструменту та його автоматичною заміною, температурні компенсатори положення шпинделя та регулювання напрямку теплового поля.

Процеси, які протікають з низькими швидкостями (жорсткість, вібростійкість, сталість проти зношування). Задача компенсації заключається в зменшенні теплових дій на показники точності. При вирішенні цієї задачі необхідно запобігти зниженню інших експлуатаційних показників верстата.

Вплив теплових деформацій на точність обробки можливо зменшити такими засобами:

- структурними змінами в конструкції;
- методом управління по жорсткій програмі, коли інформацію отримують на основі розрахунків;
- автоматичним управлінням тепловими деформаціями в відслідковуваних режимах.

При цьому формується три потоки інформації: вихідна інформація, поточна інформація про стан конструкції та інформація неузгодженості між цими двома потоками. Сигнал не узгодженості управляє компенсацією теплових деформацій. Перші два методи не впливають на результат компенсації. Методи третього виду забезпечують можливість корегування своїх попередніх дій.

Вплив температури на точність ТС залежить від її конструкції та структури. Методи першого виду визначають шляхи зменшення теплових деформацій за рахунок зміни структури. При зміні структури джерела теплових впливів виносяться за межі несучої системи верстата. В таких випадках дії теплових джерел зменшуються, але збільшується площа, яку займає обладнання. Якщо теплове джерело не вдається винести, то його ізолюють.

Крім структурних змін на рівні компонування, знаходить використання метод структурних змін за рахунок матеріалів. На рис.5.4 показаний спосіб компенсації теплових деформацій шпиндельної бабки верстата за допомогою інварової рами.

Похибка від зміщення осі шпинделя залежить від відстані L і коефіцієнта лінійного розширення матеріалу конструкції. При даному методі шпиндельна бабка 1 з шпинделем 2 закріплюються на інварових стрижнях 3. Під час роботи шпинделя утворюється теплота, яка поступає в конструкцію. Ось шпинделя при цьому зміщується відносно стійки 4. Інварові стрижні з малим коефіцієнтом

лінійного розширення стабілізують теплове деформування конструкції. В результаті похибка відстані між стійкою і віссю шпинделя зменшується в 10 разів.

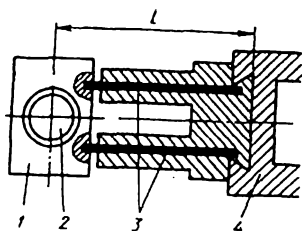


Рисунок 5.4 – Компенсація теплових деформацій шпинделя за допомогою інварової рами

Для компенсації теплових деформацій використовують холодильний метод (рис.5.5). В приведеній схемі шпиндель 1 шліфувального верстата працює на гідростатичних підшипниках. Олива в підшипники поступає з магістралі 2, а її злиття здійснюється по магістралі 5. При роботі гідросистеми олива в ній нагрівається, що призводить до зміни взаємного положення осі шпинделя 1 і корпуса 4. Для зменшення теплових деформацій шпинделя олива охолоджується за допомогою холодильника 3.

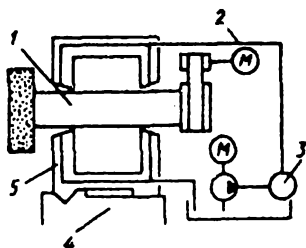


Рисунок 5.5 – Холодильний метод

Для зменшення впливу теплових деформацій конструкції на точність верстата використовують термосиметричні форми, які забезпечують рівність теплових деформацій всього об'єму.

В другому випадку при управлінні процесом компенсації похибок це здійснюється формуванням відповідних сигналів для спеціальних пристроїв з мікрорухіями. Це значно ускладнює робочі органи верстата, але дозволяє компенсувати не тільки похибки розмірів, але і похибки форми і розташування поверхонь виготовлених деталей. Мікрорухії забезпечують як кутові мікроповороти шпиндельної бабки з інструментом або столу з заготовкою, так і лінійні переміщення.

5.2.4 Схеми компенсації помилок

Схема повної компенсації помилок показана на рис.5.6,а, відносної - на рис. 5.6,б [6]. Функції мікрорушіїв в цих схемах виконують магнітострикційні рушії, які дозволяють автоматично компенсувати помилки в прецизійних верстатах з ЧПУ. При повній стабілізації (рис 5.6,а) обидва робочі органи (робочий стіл 3, що несе заготовку, і шпиндельна бабка 1) установлюються на магнітострикційних рушіїх 4. Це дозволяє компенсувати всі просторові переміщення робочих органів верстата.

При відносній стабілізації (рис 5.6,б) магнітострикційні рушії 4 установлюються тільки на одному робочому органі (робочому столі 3). Це дозволяє компенсувати похибки шпиндельної бабки відносно робочого столу.

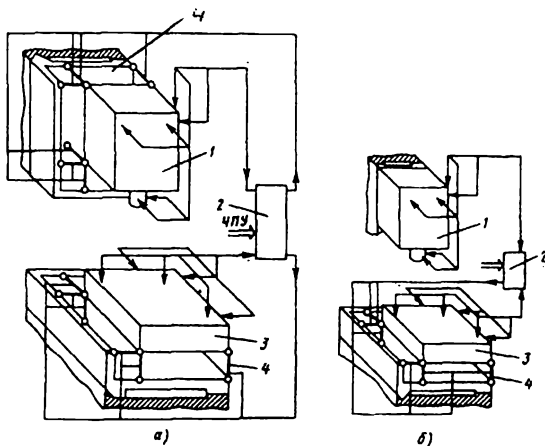


Рисунок 5.6 – Схема реалізації способу компенсації помилок:
а – повна; б – відносна

Інформацією управління для системи ЧПУ можуть служити безпосередньо відхилення робочих органів від заданого напрямку або фактори, що їх викликають. Інформацію про компенсацію помилок, яка необхідна для реалізації управління процесом компенсації, можливо отримати двома шляхами: по результатам розрахунків або попередніх експериментальних досліджень верстата; з вимірювальних перетворювачів в процесі функціонування верстата.

Спосіб отримання інформації визначає вид помилок, які компенсуються: систематичні складові помилок; систематичні та випадкові складові помилок.

При компенсації кутових відхилень, наприклад, робочого органа I (рис.5.7) з інструментом 1 шляхом повороту столу II з заготовкою 2 на кут α , при збереженні величини Z_1 , відбувається лінійне переміщення вершини інструмента на величину Δ . Для його усунення необхідно здійснити лінійне переміщення робочого органу (столу II).

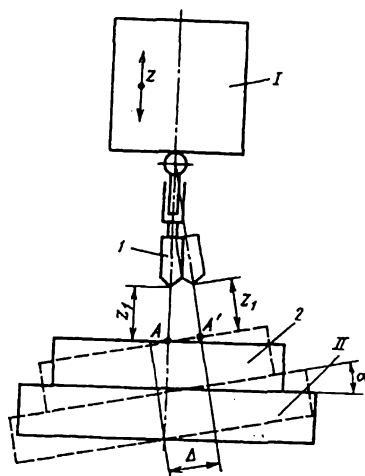


Рисунок 5.7 – Схема перетворення кутових переміщень в лінійні

Схема управління точністю кутового положення осі шпинделя токарного верстата показана на рис.5.8. Контроль кутового положення еталонного диска 2, який установлений на шпинделі токарного верстата, здійснюється датчиком 1. Коли виникає перекус осі шпинделя, внаслідок теплових деформацій передньої бабки в процесі обробки заготовки, датчик подає сигнал пропорційний куту повороту шпинделя в обчислювальний блок 6. Після цього сигнал поступає в блок управління 5, який приводає в дію серворушій 4 механізму компенсації. Передня бабка 3 повертається на величину кута компенсації, де її положення стабілізується.

В тих випадках, коли зміна заданого положення інструмента або оброблюваної заготовки пов'язана з тепловими деформаціями верстата, відповідна корекція може бути здійснена шляхом контролю температури в екстремальних точках несучої системи верстата і виробленням необхідних команд для виконавчих механізмів підналагодження.

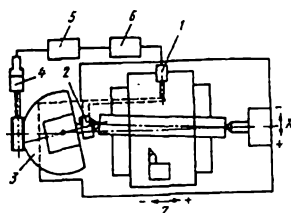


Рисунок 5.8 – Схема механізму корегування положення осі шпинделя токарного верстата при обробці заготовки

Така система для фрезерно-розточувального прецизійного багатоцільового верстата показана на рис.5.9. В цій системі датчики температури установлені на шпиндельній бабці 1 і на колоні 2, яка кріпиться на рамі, що має високу жорсткість. Сигнали від датчиків поступають на корегуючий пристрій 6, який пов'язаний з системою ЧПУ 5 і силовим розподільчим щитом 4. Отриманий в результаті обробки корегуючий сигнал здійснює за допомогою серворушія 3 корегування положення шпиндельної бабки по всім трьом осям. Але такі системи не можуть повністю відновити точність положення формуютьвірних вузлів верстата.

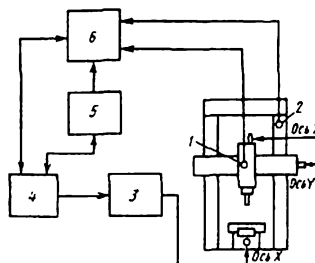


Рисунок 5.9 – Схема автоматичної корекції положення шпиндельної бабки верстата при теплових деформаціях системи

Для повного відновлення точності верстата використовують спосіб управління тепловими потоками корпусних деталей цілеспрямованим охолодженням або нагріванням окремих ділянок. Схема такої ТС показана на рис. 5.10.

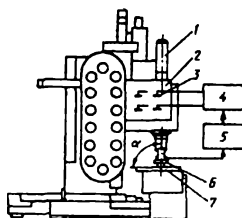


Рисунок 5.10 – Схема автоматичного корегування взаємного положення робочих органів верстата за рахунок управління тепловими полями

В результаті виділення тепла в опорах і рушії шпинделя 1 корпус бабки 2 нагрівається нерівномірно, це призводить до того, що відбувається відхилення від перпендикулярності осі шпинделя 6 до площини столу 7. Контроль положення осі шпинделя відбувається за допомогою вимірювальної головки, яка періодично береться автооператором з інструментального магазину. Сигнал від головки подається в систему обліку і обробки 5 та в систему управління тепловим полем. Система включає напівпровідні елементи 3, які можуть, в залежності від

напрямку току, нагрівати а бо охолоджувати відповідну ділянку корпуса шпindelної бабки. При цьому створюються такі теплові поля, які забезпечують збереження положення осі шпинделя в заданих межах.

При обробці деталей на багатоцільових верстатах внаслідок зміни складових сили різання виникають деформації ТС. На рис. 5.11 показана структурна схема автоматичного управління відносним положенням в просторі торцевої фрези і столу верстата. Похибки форми і розмірів деталей при торцевому фрезеруванні виникають внаслідок безперервної зміни відстані між різальними кромками фрези і столом верстата, а також повороту осі фрези відносно оброблювальної поверхні деталі, причиною яких є похибки елементів конструкції верстата.

Структурну схему автоматичного управління складають три однакові контури, які включають по два індуктивних датчики, по два підсилювача 2, пристрій порівняння 3, задаючі й пристрій 4 та виконавчий механізм 5. Кожний контур здійснює стабілізацію відстаней між двома протилежними точками з потрібною точністю.

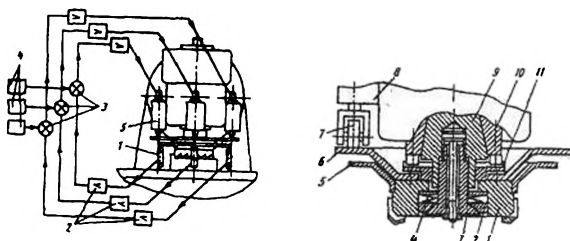


Рисунок 5.11 – Управління положенням фрези і столу:
а – схема автоматичного управління; б – механізм кріплення фрези

Фреза 6 кріпиться на оправці 9, яка вставлена в шпиндель 10. Передача крутного моменту від шпинделя до корпусу фрези здійснюється муфтою 11. На оправці також кріпиться пристрій повороту фрези навколо шарової опори 2 і 3 в двох перпендикулярних площинах і осевого переміщення при стисненні тарілчастих пружин 4. Виконавчий механізм перетворює електричний сигнал відхилення від індуктивного датчика в компенсуюче переміщення диска 6. Він являє собою клиновий механізм з рупієм від електродвигуна постійного току, крутний момент якого перетворюється через ряд елементів в поступальний рух штовхача 8, підшипник 7 якого взаємодіє з силовим диском 6. Три незалежні електромеханічні контури системи управління безперервно фіксують зміни в відносному положенні фрези і столу при появі відхилень, які перевищують зону нечутливості системи управління (5 – 8 мкм). Датчики, які слідкують за вимірювальним диском на фрезі і столі, реєструють сигнали і передають їх через підсилювач і пристрій порівняння до виконавчих механізмів, які задають фрезі переміщення і поворот пропорційні величині сигналів і направлені в зворотні сторони.

5.3.1 Загальна характеристика методів контролю

Для автоматичного контролю деталей використовуються засоби електроавтоматики, електронної техніки у взаємодії з новими досягненнями метрології, пневматики, оптики, механіки та мікропроцесорної техніки.

Будь-який автоматичний контрольно-сортувальний пристрій у самому загальному виді являє собою електроавтоматичну систему, яка побудована відповідно до законів і правил теорії автоматичного регулювання. У ній існують загальновідомі ланки і зв'язки, робота яких описується відповідними диференціальними і простими рівняннями. Ця обставина дозволяє, в разі потреби, використовувати згадані рівняння при конструюванні і побудові контролюючих пристроїв, наприклад, контрольно-вимірювальних машин.

Електроавтоматичні контрольно-сортувальні системи мають і свої відмінні риси, що полягають у наявності у них специфічних дискретних ланок, які забезпечують стрибкоподібну зміну вихідної величини при плавній зміні вхідної. У цьому полягає ускладнення розглянутих контрольно-сортувальних систем у порівнянні зі звичайно застосовуваними системами безупинного (плавного) регулювання. Разом з тим, при побудові електроавтоматичних контрольно-сортувальних систем має місце полегшуюча обставина, яка полягає в можливості штучно затягувати процес зміни вхідної величини, і тим самим у будь-якому ступені наблизити залежність між вхідними і вихідними параметрами системи до сталого режиму.

Для кожного автоматичного контрольно-сортувального пристрою характерна наявність «вимірювального періоду», який повторюється через визначені інтервали часу. В цей час об'єкт, що контролюється, безупинно впливає на електроавтоматичну контрольну систему. Виконавчий орган пристрою, що представляє собою кінцеву (вихідну) ланку системи, повинний прийняти за цей час цілком визначений стан, що у загальному випадку настає через деякий проміжок часу після закінчення вимірювального періоду і триває також цілком визначений проміжок часу.

Будь-яка електроавтоматична контрольна система складається з чотирьох головних органів, взаємодіючих один з одним відповідно до загальної скелетної схеми, представленої на рис.5.12.



Рисунок 5.12 – Органи перетворення величини, що контролюється, в сигнали управління виконавчим органом

Зображений на рис.5.12 первинний контрольний орган являє собою сукупність чуттєвих приладів чи датчиків (вимірювальних перетворювачів), які певним чином орієнтовані щодо контролюваного об'єкта, що контролюється. Кожний з цих датчиків реагує на той чи інший параметр і утворює на своєму виході первинні командні імпульси, звичайно електричні. Чуттєві елементи датчиків, на які безпосередньо впливають параметри, що контролюються, утворюють вхід системи.

Вихідні командні імпульси первинного контрольного органа надходять на вхід проміжного перетворювача імпульсів, який перетворює ці імпульси в нові, зручні для впливу на виконавчий орган.

Основна задача механічної частини складається у виконанні допоміжних механічних переміщень, необхідних для здійснення контрольно-сортувального процесу. До них, у першу чергу, відносяться введення об'єкта, що контролюється, на вимірювальну позицію, підведення до нього датчиків, проштовхування його до виконавчого органа, що сортує, керування обертанням основного розподільного вала і т.д. [6].

Серед практично здійснених контрольно-сортувальних пристроїв, поряд із системами односторонньої взаємодії, зустрічаються системи зі зворотними зв'язками між наступними органами:

- первинним контрольним органом і проміжним перетворювачем імпульсів;
- входом і виходом проміжного перетворювача імпульсів;
- проміжним перетворювачем імпульсів і виконавчим органом;
- виходом первинного контрольного органа і параметром, що контролюється;
- механічною частиною і проміжним перетворювачем імпульсів;
- механічною частиною і первинним контрольним органом.

Використання зворотних зв'язків дозволяє в значній мірі розширити галузь застосування засобів електроавтоматичного контролю. Установлено, що контроль переважної більшості негеометричних параметрів (фізичних, хімічних), як правило, зводиться до контролю лінійних переміщень.

Під час вимірювального періоду ($t_{вим}$) параметр даного виробу, що контролюється P , в загальному випадку безупинно змінює своє значення по деякої кривій (рис.5.13). Як приклад можна вказати на контроль діаметра циліндричної деталі в процесі обертання. На тім же малюнку двома прямими, рівнобіжними осі абсцис, обмежений допуск d на даний параметр; рівнобіжними лініями цей допуск розбитий на i діапазонів, кожний з яких поименований відповідним номером. Число діапазонів дорівнює числу встановлених сортувальних груп для даного об'єкта. Через P_n умовно позначене нижнє граничне значення контролюваної деталі. Очевидно, що загальне число груп з урахуванням випадків заходу параметра P за межі допуску, повинне дорівнювати $i+2$. Ми бачимо, що контрольований параметр P під час вимірювального періоду змінюється (коливається) у межах двох крайніх значень P'_d та P''_d .

Максимальне чи мінімальне значення P_n для контролюваного параметра P , на підставі якого визначається сортувальна група, до якої слід віднести даний

215

розміру деталі.

В окремому випадку, коли $i=1$, відбувається сортування на “брак” і “годні” (бракувальний процес).

2-й тип контролю. Контроль величини ΔP коливання параметра P .

Особливістю даного типу контролю є незалежність контрольованого параметра ΔP від абсолютної величини параметра P .

Згідно рис.5.13 значення ΔP чисельно дорівнює $\Delta P = P'_d - P''_d$. В даному випадку кожна сортувальна група характеризується визначеним допуском на коливання параметра P .

Якщо припустити, що між номером сортувальної групи і відповідним їй допуском ΔP_m існує залежність $\Delta P_m = f(m)$, де m -- номер сортувальної групи, то при наявності i сортувальних груп контрольований об'єкт може бути віднесений до групи № m при існуванні умови:

$$f(m-1) \leq \Delta P \leq f(m). \quad (5.4)$$

Тут порядковий номер сортувальної групи прийнято вважати зростаючим зі зростанням величини ΔP .

В окремому випадку, коли для придатних деталей передбачається тільки одна група (розбраковування), маємо $i=m=1$.

Тоді вираз (5.4) приймає вид $\Delta P \leq \Delta P'_1$.

Прикладами даного виду контролю служать контроль овальності, різновтовщинності, прямолінійності і т.д.

3-й тип контролю. Контроль різниці $P - P_0$ двох параметрів.

Нерідко в процесі контролю необхідно порівнювати два параметра, що змінюються, характерних для даного контрольованого об'єкта P і P_0 (див. криву P_0 на рис.5.13). Звичайно це порівняння зводиться до встановлення максимальної різниці $(P - P_0)_{\max}$, що утвориться під час вимірювального періоду.

Тут ми маємо, подібно першому типу контролю, процес сортування по діапазонам допуску на різницю $(P - P_0)$, відповідно до умови:

$$P_{0n} + \sum_{k=1}^{k+m+1} \Delta P_k \leq (P - P_0)_{\max} \leq P_{0n} + \sum_{k=1}^{k+m} \Delta P_k, \quad (5.5)$$

де ΔP_{0n} — припустиме нижнє граничне значення різниці $(P - P_0)$.

При наявності умови (5.5) даний контрольований об'єкт може бути віднесений до групи № m .

Помітимо, що величина ΔP_0 , як і $(P - P_0)$, може приймати значення не тільки рівні нулю, але і негативні. Далі для домінуючого значення $(P - P_0)$ може бути встановлено не тільки максимальне, але і мінімальне значення. Як приклад такого виду контролю можна вказати на контроль конусності з розсортовуванням на групи по діапазонах допуску на конусність.

4-й тип контролю. Контроль величини коливання ΔP_0 різниці двох параметрів. Подібно другому типу контролю, тут також можливе сортування на групи по класах точності.

Якщо допустити, що між номером сортувальної групи m і відповідним їй допуском ΔP_0 на коливання різниці $(P - P_{(i)}) - (P - P_{(i)})_{\text{ном}}$ існує залежність $\Delta P_{\text{ном}} = f(m)$, то при наявності i сортувальних груп дана деталь може бути віднесена до групи Nm при існуванні умови

$$f_0(m-1) \leq \Delta P_0 \leq f_0, \quad (5.6)$$

де ΔP_0 - фактична максимальна різниця між величинами P і P_0 .

Прикладом розглянутого типу контролю може служити контроль співвідношеності, взаємного биття поверхонь і т.д.

В окремому випадку, при $i=m=1$, вираз (5.6) здобуває вид $\Delta P_0 \leq \Delta P_1$.

З рис.5.13 можна усвідомити, що коливання різниці двох параметрів (відрізок cd) визначається як різниця між максимальним (відрізок cf) і мінімальним (відрізок ab) відстанями між кривими P і P_0 .

Помітимо ще, що автоматичні контрольні-сортувальні пристрої, в залежності від числа контрольованих ними параметрів даного об'єкта, розбиваються на **одномірні** і **багатомірні**.

При активному автоматичному контролі ми також маємо справу з параметром P , який змінює своє значення в процесі виміру, і тому, з погляду методики побудови електроавтоматичної системи, тут мається майже повна аналогія з пасивними системами. Основна відмінність полягає в поводженні виконавчого органу. Якщо у випадку пасивного автоматичного контролю виконавчий орган системи приймає (після закінчення вимірювального періоду) тільки одне визначене положення чи стан, обумовлений домінуючим значенням контрольованого параметра, то у випадку активного контролю кожен елемент виконавчого органу по мірі зміни контрольованого параметра одержує свій самостійний стан.

Отже, незалежно від типу контрольної операції на вхід первинного контрольного органу електроавтоматичної контрольної системи під час вимірювального періоду ($t_{\text{вим}}$) надходить, у загальному випадку, перемінна геометрична чи фізична величина, на яку певним чином повинний реагувати виконавчий орган цієї системи.

До складу системи повинні входити наступні ланки:

1. Ланка, яка безпосередньо пов'язана з параметром $P_{\text{ав}}$, що контролюється. Як вхідна, так і вихідна величини цієї ланки змінюються плавно, підкоряючись залежності (у сталому режимі)

$$P_1 = f_1(P_{\text{ав}}). \quad (5.7)$$

2. Ланка, що перетворює вхідну величину P , яка змінюється плавно, (див. залежність (5.7)) у таку вхідну величину P_2 , яка змінюється стрибкоподібно. Остання може виражатися у визначених кількісних значеннях, наприклад, у числі електричних ланцюгів, що замкнулися чи розімкнулися, і, отже, може підкорятися наступній залежності:

$$P_2 = f_2(P_1). \quad (5.8)$$

3. Ланка, що перетворює вхідну величину P_2 , яка змінюється стрибкоподібно, (див. залежність (5.8)) у відповідні вихідні командні сигнали, що

управляють роботою виконавчого органа. Тут також може існувати певна математична залежність, що виражається або числом електричних ланцюгів, що замкнулися, або номером ланцюга, що замкнувся, або кутом повороту повзуна деякого комутатора і т.д.

$$P_3 = f_3(P_2). \quad (5.9)$$

4. Виконавча ланка, стан якої визначається вхідною величиною $P_{вх}$. В даному випадку можливе існування математичної залежності

$$P_{вих} = f_4(P_3). \quad (5.10)$$

оскільки вихідна величина $P_{вих}$ може виражатися або кутом повороту жолоба, що сортує, або числом виниклих світлових сигналів і т.д.

У практичних умовах зміни контрольованого параметра ($P_{вх}$) унаслідок наявності електродинамічних факторів приходиться мати справи з перехідними процесами, що породжують відповідні погрішності в роботі ланок.

Таким чином, поряд з існуванням метрологічних (статичних) погрішностей, повинні існувати ще динамічні погрішності, які впливають на точність роботи електроавтоматичних контрольно-сортувальних пристроїв.

При конструюванні й експлуатації засобів виміру чи контролю, першорядне значення має показник, що одержав найменування **точність чи погрішність**. У випадку автоматичного контролю під погрішністю пристрою розуміють максимальну різницю Δ_{lim} між дійсним значенням величини P і значенням P_{max} деякої межі, вище абсолютного значення якої дана величина P надійно відсортовується цим пристроєм у ту сортувальну групу, у межах якої ця величина фактично знаходиться.

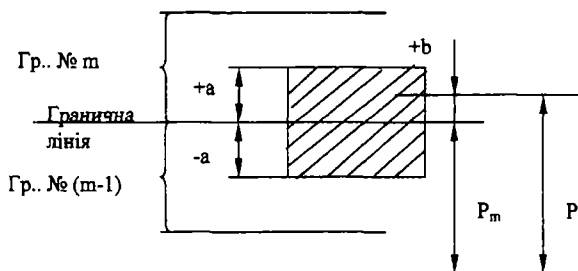


Рисунок 5.14 – Погрішність автоматичного багатодіапазонного контролю

Сказане пояснює рис.5.14. Перебування контрольованої величини (тобто даного параметра виробу) у межах заштрихованого поля $\pm a$ може, в залежності від випадкових обставин, призвести до відсортування виробу або в групу № m , або в групу № $(m-1)$, при цьому імовірність P_e відсортування виробу в ту чи іншу групу змінюється в залежності від дійсної різниці $P-P_m$

$$P_e = f(P-P_m).$$

При $P-P_m > +a$ виріб надійно відсортовується в групу № m .

При $P-P_m < -a$ виріб надійно відсортовується в групу № $(m-1)$.

При $P-P_m=0$ відсорткування виробу в ту чи іншу групу звичайно рівноімовірна, тобто $P_g=0,5$.

Величину Δlim називають **граничною погрішністю**. Відомо, що гранична погрішність звичайно визначається декількома факторами, дослідженню і вивченню яких присвячена велика кількість праць вітчизняних і іноземних учених.

Потроєна середня квадратична помилка ($\pm 3\sigma$), отримана на підставі математичної обробки великого числа виконаних операцій контролю на даному автоматичному пристрої, прийнята як величина, що характеризує граничну погрішність $\Delta lim = \pm 3\sigma$.

Практикою і дослідженнями встановлено, що погрішність автоматичного контрольного пристрою складається з наступних трьох основних складових погрішностей: а) погрішність налаштування автоматичного пристрою; б) статична погрішність; в) динамічна погрішність.

До статичної погрішності відносять погрішності, що виникають унаслідок неточності виготовлення автоматичного пристрою. Динамічна погрішність виникає, головним чином, при зміні значення параметра, що контролюється, в процесі виміру (тобто під час вимірювального періоду), що може мати місце при всіх чотирьох типах контролю, а також при наявності інерційних ланок у перетворюючому тракті електроавтоматичної системи, до якого відносяться також ланки виконавчого органа.

5.3.2 Типові схеми побудови автоматичних контрольних пристроїв

В умовах гнучкого автоматизованого виробництва замість світосигнальних пристроїв використовують дисплеї. Спостерігаючи за показаннями дисплея, оператор має можливість, у разі потреби, вносити швидкі корективи в хід процесу обробки, щоб виключити появу відхилення від припустимих розмірів оброблюваної деталі. Дисплейний контроль став можливим в результаті використання мікропроцесорної техніки у вимірювальних і регулюючих пристроях. Його використання в контрольно-управляючих процесах дуже перспективно, особливо якщо на екран дисплея, крім даних про лінійні розміри деталей, будуть виводитися данні, що характеризують технологічні режими обробки, як, наприклад, знос інструмента, температура в зоні різання, наявність схолоджувальної емульсії, данні про вібрації і ін., включаючи і рекомендації для оператора.

У багатьох випадках автоматичний контроль розміру може бути ефективно використаний для безпосереднього управління процесом обробки. Інакше кажучи, по досягненні заданого розміру деталі процес обробки автоматично припиняється. Такий автоматичний контроль звичайно називається **активним**, тому що він не тільки вимірює деталь, але і впливає на процес її обробки. При активному автоматичному контролі досягається висока точність деталей (втримування розмірів деталі у заданому жорсткому допуску), незважаючи на наявність ряду факторів, що заважають нормальному ходу обробки.

Активний автоматичний контроль ефективний, наприклад, при управлінні процесом круглого зовнішнього шліфування деталей, який схематично показаний на рис.5.15. Розповсюдженою формою вимірювального пристрою в та-

ких випадках є електровимірювальна скоба 2, яка контактує з деталлю, що шліфується, по трьох крапках (алмазні наконечники). Дві з цих опорних крапок нерухомі, а третя утворена проміжним штоком 3, верхній кінець якого упирається у вимірювальний наконечник перетворювача (датчика) 4, з виходу якого знімається сигнал управління у. По мірі переміщення шліфувального круга 5 на деталь, остання зменшується в розмірі і змушує шток 3 опускатися вниз.

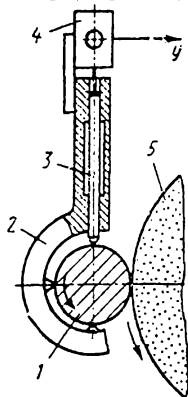


Рисунок 5.15 – Схема активного контролю при шліфуванні

Для даного виду активного контролю характерна плавна зміна контрольованого параметра в процесі шліфування. Тривалість останнього визначається технологічними факторами і чисельно дорівнює часу, необхідному для того, щоб шліфувальний круг змінив величину контрольованого параметра від деякого початкового значення X_0 до заданого значення X_1 .

До пристроїв активного контролю відноситься і так називане **автоматичне підналагодження**. Його сутність зводиться до періодичного (іноді безупинного) автоматичного коректування положення різального інструмента по командних сигналах, що виникають на виході вимірювального перетворювача в процесі виміру параметрів оброблюваних виробів. Оброблювані вироби потоком просуваються від позиції обробки до позиції контролю. Положення різального інструмента повинне бути таке, щоб забезпечити витримування відповідного параметра виробу в межах допуску. Зразковий процес зміни контрольованого параметра при застосуванні даної системи показаний на рис.5.16.

Момент часу t_1 визначає собою початок виміру виробів, що рухаються злитим потоком від місця їхньої обробки до місця контролю (вимірювальної позиції). У випадку системи з переривчастим контролем по одній межі зміна контрольованого параметра відбувається в межах трьох зон 2 і 1, у сумі утворюючих допуск на остаточний розмір. Момент досягнення параметром P границі між згаданими зонами, які називають **верхньою і нижньою контрольними межами**, використовується для утворення попереджувального сигналу про наближення до верхньої межі і допуску (крапка А). Цей сигнал створює команду коректування положення різального інструмента, що в окремому випадку зво-

дяться до його швидкого переміщення на визначену величину, унаслідок чого, як видно з рис. 5.16, контрольований параметр одержує нове значення, близьке до **нижньої контрольної межі** (крапка В). При цьому величина переміщення різального інструмента підбирається такою, щоб не допустити зниження параметра нижче згаданої межі.



Рисунок 5.16 – Зміна контрольованого параметра в процесі автоматичного підналадження

Таким чином, крапка А відповідає моменту утворення команди закінчення вимірювального процесу $t_{вик}$ і початку виконавчого процесу $t_{вик}$. Це відбувається в деякий момент часу, зміщений щодо крапки А на величину, обумовлену власним часом спрацювання системи.

Тривалість виконавчого процесу $t_{вик}$ визначається сумою, що складається з часу t_k необхідного для завершення коректування різального інструмента, часу t_0 необхідного для пересування виробу від місця обробки до місця контролю, і часу t_v , протягом якого один виріб проходить через вимірювальну позицію.

Очевидно, що $t_{вик}$ повинне одержувати значення, не коротше наступного

$$t_{вик} = t_k + t_0 + t_v.$$

Поновлення вимірювального процесу відбувається в деякий момент t_3 , що збігається з закінченням виконавчого процесу.

Отже, ми бачимо, що в розглянутій системі контрольний процес має переривчастий характер і складається з окремих вимірювальних періодів.

При побудові електроавтоматичної системи управління необхідно враховувати, що контрольований параметр P практично ніколи не змінюється в строгій відповідності з теоретичною кривою $P=f(t)$, яка представлена на рис.5.16. У силу наявності випадкових факторів, пов'язаних з умовами обробки, параметр кожного виробу, що входить у загальний потік, одержує значення, що відхиляється на деяку величину від кривої $P=f(t)$. В результаті утвориться розсіювання розмірів.

В наслідок розсіювання розмірів не можна припустити, щоб навіть перший випадковий розмір, який перевищує верхню контрольну границю, викликав команду на вимкнення виконавчого процесу, тому рекомендується будувати систему таким чином, щоб ця команда виникала після того, як на протязі деякого проміжку часу T_k відбулося n випадків перевищення контрольованим параметром верхньої контрольної границі. Значення T_k і n підбираються в залеж-

ності від виду процесу обробки і імовірного закону розсіювання.

5.3.3 Датчики, як первинні вимірювальні перетворювачі систем електроавтоматичного контролю

Сутність роботи первинного вимірювального перетворювача контрольно-сортувального автомата полягає в порівняннях контрольованих параметрів деталі з параметрами деякого каліброваного зразка даної деталі й в створенні належного командного сигналу, у залежності від результатів цього порівняння, який направляється до проміжного перетворювача, пов'язаного з виконавчими органами.

Почнемо розгляд процесу утворення командних сигналів у первинному перетворювачі з датчиків зі стрибкоподібною (дискретною) характеристикою. До подібного роду датчикам відносяться широко відомі в машинобудуванні **електроконтактні датчики**. Найбільш розповсюджений електроконтактний датчик, який звичайно називають двохранічним, схематично зображений на рис.5.17,а. Він складається з твердого корпуса, рухомих елементом якого є вимірювальний шток 1, у залежності від положення якого замикається один з контактів В (верхній) чи Н (нижній). За допомогою твердої стійки 5 датчик закріплюється відносно вимірювальної площини 6. Рухомий шток, з насадженням на нього вимірювальним наочеником 3, під дією пружини 2 упирається в контрольовану деталь 4, розташовану на вимірювальній площині 6. Електричний контакт Н виконує роль обмежника переміщення штока 1 і одночасно служить для подачі сигналу про захід розміру деталі 4 за нижню межу (брак «—»).

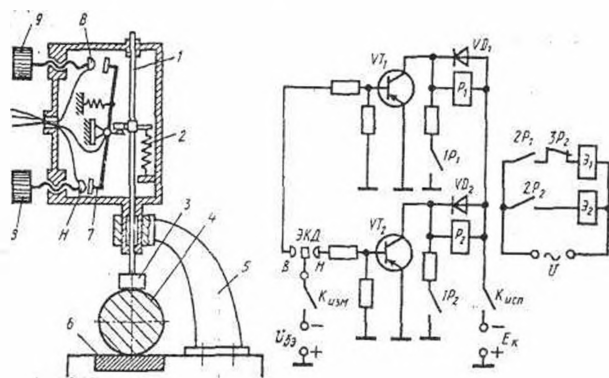


Рисунок 5.17 - Схема двохранічного електроконтактного датчика:
а - механічна система; б - електрична схема

Вимір розміру контрольованої деталі 4 призводить до відповідного переміщення штока 1, і, відповідно, повороту важеля з запресованими в нього вольфрамовими контактами 7. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 2. При заході контрольованого розміру за верхню межу замикається контакт В, видаючи тим самим команду браку по верхній межі (брак «+»). Настроювання датчи-

ка на межі Н і В досягаються поворотами цифрових барабанів 9 з діленнями, по настроєних калібрах. У принципі число меж двухгранічного датчика може бути і збільшено.

Похибка контролю за допомогою електроконтактних датчиків складає величину в межах ± 1 мкм, іноді $\pm 0,5$ мкм. Точність і стабільність електроконтактних датчиків досягається не тільки завдяки якісному виготовленню, але і завдяки дотриманню необхідного режиму, при якому струм через контакти не повинний перевищувати 200—300 мкА (у деяких випадках 10—45 мкА) при практично повній відсутності міжконтактних іскрінь. У цих цілях використовується проміжний перетворювач імпульсів, одне з головних призначень якого — посилення слабких струмів, що виникають у ланцюгах датчиків, і відповідний управляючий вплив на виконавчий орган (наприклад, автоматичне розбраковування чи сортування, коректування процесу обробки і т.д.).

На рис.5.17,6 представлена одна з типових схем побудови проміжного перетворювача сигналів електроконтактного датчика (ЭКД) із впливом на виконавчі силові електромагніти $\mathcal{E}_1$ і $\mathcal{E}_2$, що здійснюють розсортовування на три групи: придатні, брак «—» (невиправний) і брак «+» (виправний).

Кожен з контактів В і Н з'єднаний відповідно з транзисторами VT_1 і VT_2 , в колекторні ланцюги котрих включені обмотки проміжних електромагнітних реле P_1 і P_2 . На схемі показані контакти $K_{\text{вим}}$ для включення вимірювального періоду $i_{\text{тш}}$ і $K_{\text{нш}}$ для включення виконавчого періоду $i_{\text{вим}}$. В положенні, зображеному на схемі рис.5.17,6, розмір деталі знаходиться з межах допуску: транзистори VT_1 і VT_2 заперті, обидва реле P_1 і P_2 знеструмлені, їх вихідні (виконавчі) контактні пари $2P_1$ і $2P_2$ розімкнені, і тому електромагніти E_1 і E_2 , теж знеструмлені. Деталь пропшовхується в групу гідних.

У разі браку по нижній межі (замкнутий контакт Н датчика) відмикається транзистор VT_2 , спрацьовує проміжне реле P_2 і контактна пара, що замкнулася при цьому, включає бракуючий електромагніт E_2 . Аналогічно, за наявності браку по верхній межі (замкнуть контакт В датчика), включається сортуючий електромагніт E_1 .

Схема рис.5.17,6 передбачає виконання принципу домінування групи брак «—» над групою брак «+» шляхом введення в ланцюг живлення електромагніту $\mathcal{E}_2$ нормально замкнутої виконавчої контактної пари $3P_2$, яка належить реле P_2 . Таким чином, якщо в процесі контролю деталь обертається і має деяку овальність, що зменшує її розмір нижче за нижню межу допуску, то вона обов'язково потрапляє в брак.

Крім датчиків, які мають назву **граничних**, і вирішують задачі контролю першого типу і, як буде показано далі, третього типу, широке застосування знаходить електроконтактні датчики, які отримали назву **амплітудних**. Вони призначені для здійснення контролю другого типу (наприклад, овальність циліндричної деталі, різновтовщинність плоскої деталі) і для контролю четвертого типу.

Існує декілька конструктивних оформлень амплітудних датчиків. Ми розглянемо один з можливих варіантів. На рис.5.18 показаний датчик з контактним вазелем, що складається з двох ланок 1 і 3, пов'язаних одна з одною шар-

ніром 2. Ланка 1, яка несе на собі контакт K_1 , може обертатись в межах деякого кута відносно основної ланки 3 і, за умови відсутності сторонніх сил, утримуватись під сталим кутом скільки завгодно довгий проміжок часу унаслідок постійного тертя в шарнірі 2. У вільному стані датчика контактна ланка, спираючись в контакт H , утворює деякий граничний кут β з основною ланкою 3.

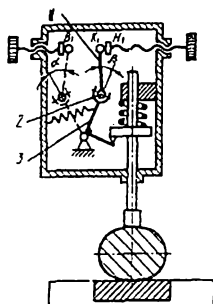


Рисунок 5.18 – Схема амплітудного електроконтактного датчика

При здійсненні контролю корпус такого датчика може бути звичайним способом жорстко закріплений відносно вимірювальної бази, причому так, щоб саме мінімально можливе значення параметра, що змінюється, P забезпечило поворот контактної важеля на кут, достатній для зіткнення його з контактом H_1 . Останній використовується в датчику як упор, що обмежує рух контактної важеля. Внаслідок цього будь-яке зростання параметра P супроводжується зростанням кута α між ланками важеля.

В процесі руху виробу можуть мати місце і зростання і збування величини P . Збільшення призводять до зростання кута α , а зменшення призводять до відходу контакту важеля від упора B_1 , без зміни кута α . Якщо в процесі зниження значення P відбудеться замикання контакту H_1 , утворюється сигнал, що означає захід величини коливання лінійного розміру за межі допустимого. Природно, що початковим положенням штоку повинне бути таке, якому відповідає максимальне значення параметра P , тому під час вимірювального періоду виріб повинен бути просунутий двічі під штоком датчика: перший рух є «установним» і має своєю задачею уловлювання максимального значення параметра P , якому відповідає максимальне значення кута α . Другий рух є власно контрольним. У момент переходу від першого руху до другого виріб не повинен відриватися від шпинделя.

Настроюється розглянутий датчик на контроль допустимого коливання лінійного розміру по настроювальному калібру, або по контактному лімбу. Калібр є зразком контрольованого виробу, у якого контрольований параметр P зроблений таким, що змінюється в допустимих межах.

У багатьох випадках доводиться зворотнім чином використовувати конта-

кти B і H_1 . Це має місце в таких автоматичних пристроях, в яких введення контролюваного виробу на вимірювальну позицію вимагає попереднього примусового підйому вимірювального шпінделя. В таких пристроях роль упора виконує контакт H_1 , а збудником командного сигналу є контакт B .

Окрім електроконтактних датчиків в електроавтоматичному контролі широке розповсюдження знаходять так звані **індуктивні датчики**. На відміну від електроконтактних датчиків вихідна величина індуктивного датчика характеризується безперервною залежністю від контрольованої геометричної величини, тобто від переміщення вимірювального наконечника датчика. Принцип побудови індуктивного датчика пояснює рис.5.19. Переміщення вимірювального штока механічно пов'язано з пластиною 1, виготовленою з армозаліза. Пластина 1 розміщується між двома феритовими сердечниками 2 із зустрічно розташованими котушками 3. Через котушки пропускається змінний струм.

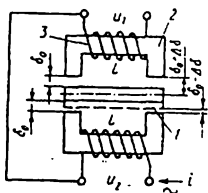


Рисунок 5.19 - Принцип побудови індуктивного датчика

Якщо пластина 1 розміщена симетрично щодо сердечників із зазорами δ_0 , то індуктивності L обох кот лшок рівні і сумарний опір кожної з них (Z_1 і Z_2) визначається по формулі

$$Z_1 = Z_2 = \sqrt{\omega^2 L^2 + r^2}, \quad (5.11)$$

де r - активний опір кожної котушки;

ω - кутова частота, що характеризує змінний струм.

Разом з переміщеннями $\Delta\delta$ вимірювального штока змінюються зазори між феромагнітною пластиною і сердечниками (пунктирне зображення на рис.5.19)

$$\left. \begin{aligned} \delta_1 &= \delta_0 + \Delta\delta, \\ \delta_2 &= \delta_0 - \Delta\delta \end{aligned} \right\} \quad (5.12)$$

Внаслідок цього сумарний опір однієї з індуктивних котушок зменшується і на стільки ж збільшується опір іншої котушки.

Нехтуючи діями різних інших чинників, можна написати величини опору в катушках

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= \sqrt{\omega^2 (L - \Delta L)^2 + r^2}, \\ Z_2 &= \sqrt{\omega^2 (L + \Delta L)^2 + r^2}. \end{aligned} \right\} \quad (5.13)$$

Це явище і використовується в роботі індуктивного датчика, як це показано на схемі рис.5.20. Вимірювальний шток датчика своїм наконечником упирається в поверхню контрольованої деталі 4 і за допомогою пружинно-важільного пристрою встановлює у відповідне положення феромагнітну пластину 1. Остання, як вже указувалося, розміщена між сердечниками 2 індуктивних котушок 3. Котушки 3 разом з індуктивностями L_1 і L_2 утворюють індуктивний міст, живлений джерелом змінної напруги U_0 (до 15 В) з частотою 10 кГц.

Вихідна змінна напруга моста (між точками a і b) передається через трансформаторний зв'язок на фазочутливий підсилювач-випрямлювач, живлений змінним напруженням. Вихідна випрямлена напруга V подається на відповідний виконавчий орган. В схемі на рис.5.20 напруга подається на показуючий прилад 5.

Як правило, індуктивний датчик використовується для вимірювання відхилення розміру від заданого номінального значення X . Таким чином, вихідна величина V залежить від величини X і має знак «+» або «-», який визначається знаком відхилення X від номінального значення.

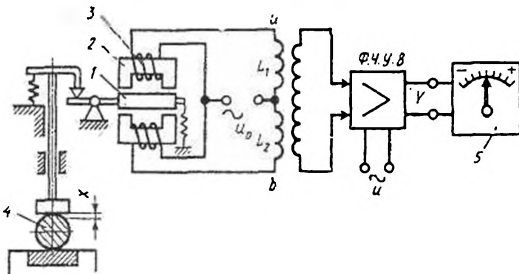


Рисунок 5.20 - Схема перетворювача сигналів індуктивного датчика

Індуктивний метод вимірювання має високу чутливість, точність і надійність, але лише при умові жорсткої стабілізації напруг і частоти всіх джерел живлення, а також стабілізації температурних чинників. На відміну від електроконтактних датчиків, в індуктивних датчиках відсутні електромеханічні контакти, що істотно підвищує їх надійність.

Індуктивний датчик має наступні технічні показники:

- робоча ділянка характеристики, в межах якої зберігається необхідна лінійність, $\pm 0,3$ мм;
- вільний хід штока $\pm 0,5 \dots \pm 0,08$ мм;
- чутливість на робочій ділянці 0,15 мВ/ммк;
- нелінійність на робочій ділянці не більше 2 %;
- вимірювальне зусилля $2 \pm 0,25$ Н;

– похибка вимірювання $\pm 0,5$ мкм.

Габаритні розміри датчика залежно від конструктивного оформлення можуть бути різними. На рис.5.21 зображений безважільний індуктивний датчик циліндрової форми. Для закріплення датчика передбачений циліндричний хвостовик діаметром 8 мм або зовнішній циліндричний корпус діаметром порядку 30 мм. На рис.5.21 відповідно позначені: 1 – феромагнітний стрижень, посаджений на вимірювальний шток 4, сердечники 2 і котушки індуктивності 3. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 5.

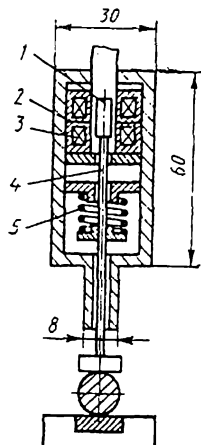


Рисунок 5.21 - Варіант конструктивного оформлення індуктивного датчика

Індуктивний датчик може виконувати передачу не тільки інформації на показуючий прилад (див. рис.5.20), але і команди на автоматичне примусове сортування деталей на селекційні групи, а також впливати на процес обробки за даними вимірювань. При необхідності шляхом застосування аналого-цифрового перетворювача він може видавати дискретну числову інформацію для введення в мікро ЕОМ з метою управління технологічним процесом.

Подібна принципова схема в спрощеному вигляді зображена, на рис.5.22, де 1 — контрольована деталь, 2-індуктивний датчик. Весь ланцюг перетворення інформації датчика умовно зображений у формі перетворювача $ПР_1$. Таким чином, напруга U_1 на виході перетворювача $ПР_1$ є деякою аналоговою величиною, пропорційною контрольованому відхиленню розміру деталі 1. Процес перетворення аналогової величини U_1 в цифрову починається з подачі сигналу “Запуск”, що з’являється в момент завершення введення деталі на вимірювальну позицію.

По сигналу “Запуск” виконуються наступні команди: а) подача на вихід перетворювача $ПР_1$ напруги U_1 ; б) скидання на нуль двійкового електронного лічильника-регістра; в) установка на нуль генератора напруги, яка змінюється лінійно (скидання і установка виконуються за допомогою імпульсного перетворювача 4). З цього ж моменту починаються наступні процеси: а) напруга U_1

відмикає електронний ключ 9 і з генератора імпульсів 8 на електронний лічильник-регістр поступають імпульси (до 10 кГц), які їм запам'ятовуються; б) включається в дію генератор напруги, яка змінюється лінійно, і створює на виході перетворювача PP_2 лінійно зростаючу напругу U_2 ; в) в мить, коли буде досягнуто співвідношення $U_2 U_1 = 0$, електронний ключ 9 відмикає напругу і закривається, припиняючи вхід імпульсів генератора 8 в електронний лічильник-регістр. Набрane їм число, в даному окремому прикладі 10110, відповідає відхиленню контрольованого розміру деталі. Одночасно за допомогою дешифратора 6 на цифровому дисплеї фіксується те ж число в десятковому виразі, в даному випадку 0,022 мм. Це число може утримуватися в пам'яті скільки завгодно довго, наприклад, до введення на контроль наступної деталі або до завершення виконання команди селекційного сортування або дій на технологічний процес. Практично час контролю однієї деталі може складати десятки і навіть соті частки секунди.

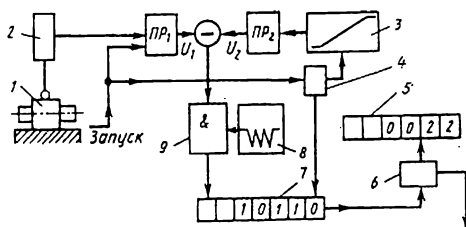


Рисунок 5.22 - Блок-схема перетворення інформації індуктивного датчика:

- 1 - контрольована деталь; 2 - індуктивний датчик; 3 - генератор напруги;
- 4 - імпульсний перетворювач; 5 - цифровий дисплей; 6 - дешифратор;
- 7 - електронний лічильник-регістр; 8 - генератор імпульсів; 9 - електронний ключ

Окрім електроконтактних і індуктивних датчиків, відомі **пневматичні датчики**, принцип роботи яких зводиться до перетворення відхилень розміру деталі або якого-небудь переміщення в тиск повітря в камері. Схема такого контролю зображена на рис.5.23. Проти контрольованої деталі 1, що спирається на відповідну вимірювальну площину, встановлюється камера 2, жорстко закріплена відносно цієї площини. Камера 2 оснащена двома отворами - вхідним площею F_1 і вихідним площею F_2 .

Камера встановлюється так, щоб між вихідним отвором F_2 (жиклером) і поверхнею деталі створювалася деякий зазор δ величиною приблизно 0,5 мм. Через вхідний отвір F_1 в камеру 2 подається повітря із строго стабілізованим тиском близько 0,15 МПа. Тиск повітря в камері P залежить від різниці між витратою повітря, що проходить через вхідний отвір F_1 і витратою повітря через вихідний отвір F_2 . Останнє, у свою чергу, залежить від зазору δ .

На певній ділянці зміни δ ця залежності може бути прийнятий за

лінійну. В цьому випадку має місце наступний вираз

$$p = K\delta \quad (5.15)$$

де K - коефіцієнт пропорційності.

В найпростішому випадку розмір можна контролювати манометром. Якщо манометр замінити електроконтактним або індуктивним датчиком, то процес контролю можна автоматизувати.

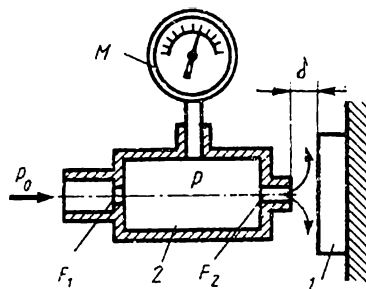


Рисунок - 5.23. Схема пневматичного датчика

Головна перевага пневматичного методу контролю полягає у відсутності необхідності безпосереднього зіткнення вимірювального органу з поверхнею деталі. Погрішність контролю складає біля $\pm 0,3$ мкм.

Представляє істотний практичний інтерес диференціальний сильфоний пневматичний датчик, схематично зображений на рис.5.24. Головними складовими елементами цього датчика є пружні сильфони, які можуть розтягуватися або стискатися під дією повітря. Повітря проходячи через вузькі отвори (жиклери) 3 і 4 під тиском P , створює тиск в сильфонах P_1 і P_2 . При цьому тиск P_1 виявляється постійним і залежить від величини регульованого вихідного отвору 5.

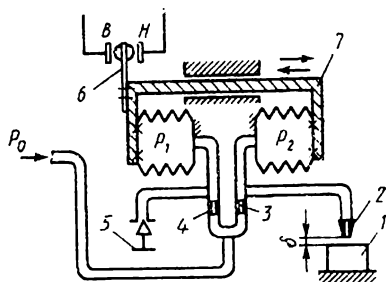


Рисунок - 5.24. Схема диференціального пневматичного датчика

Як видно з рис.5.24, тиск P_2 в другому сильфоні визначається зазором δ , який утворюється між поверхнею контрольованої деталі 1 і вихідним отвором (соплом) 2. Обидва сильфони охоплені загальним стягуванням 7. Таким чином, залежно від різниці тиску P_1 і P_2 , тобто від контрольованого розміру деталі, стягування 7 може переміщатися вліво чи вправо. Стягування пов'язано з контактною системою 6, стан якої визначається зазором δ . Контакти B і H визначають в даному конкретному випадку допустимі розміри контрольованої деталі 1. Подальше перетворення інформації відбувається подібно її перетворенню в електроконтактному датчику.

Існує велика різноманітність оформлення сильфонних датчиків. Описаний принцип вимірювання у всіх випадках однаковий. Головна особливість диференціальних сильфонних датчиків полягає в істотному малому впливі випадкових коливань вхідного живлячого тиску P_0 повітря на результати вимірювання (контролю) розміру.

Засоби утворення первинної інформації при автоматизації контролю розмірів або механічних переміщень не обмежуються пневматичними, індуктивними і електроконтактними датчиками. В техніці автоматичного контролю перспективними є оптичні датчики, які використовують різного роду світлове проміння для перетворення первинної інформації про контрольовані фізичні або геометричні параметри деталей. Для цієї цілі можуть бути використані світлове проміння у видимому діапазоні, інфрачервоне, рентгенівське проміння, γ -промені і т.д. При цьому в якості джерела випромінювання використовуються лампи накаливання, оптичні квантові генератори (лазери), люмінофори електронно-променевих трубок, рентгенівські випромінювачі, світло діоди і т.д.

Для контролю мікроструктури, якості термообробки, твердості і марки сталі різних деталей використовують датчики, що вимірюють їх магнітні властивості, до яких, зокрема, відносяться магнітна проникність, залишкова магнітна індукція і коерцитивна сила.

Ми розглянемо тільки один приклад, що показує, як можливо перевірити твердість деталі 1 за допомогою коерцитивного датчика (рис.5.25). Він представляє собою залізний сердечник, що складається з двох половин 2 і 7, розділених повітряним зазором ϵ величиною 1-2 мм. Сердечник має дві обмотки: що намагнічує $1E$ і що розмагнічує $2E$, а також залізний якірець 6, що повертається на осі 3. Загальна коерцитивна сила магнітного ланцюга виявляється, таким чином, функцією твердості цієї ділянки.

Порядок контролю твердості полягає в наступному (за програмою):

1. Включення постійного струму в обмотку $1E$, при цьому якірець 6 підтягається до сердечників, замикаючи магнітний ланцюг.
2. З ланцюг обмотки $2E$ подається розмагнічуючий струм, який примусово поступово зростає, починаючи від значення, рівного нулю.
3. У міру зростання струму в обмотці $2E$ відбувається падіння залишкової індукції в сердечнику коерцитивного датчика. З моменту, коли ця залишкова індукція досягає значення, близького до нуля, якірець 6 відрива-

ється під дією пружини 4, що фіксується спеціальним датчиком 5. Струм в обмотці 2Е, відповідний відриву якоря, визначає величину коерцитивної сили досліджуваної деталі, тобто твердість (за інших рівних умов: форми, мікроструктури, температури і ін.).

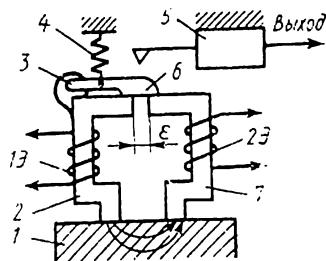


Рисунок 2.25 - Схема коерцитивного датчика

5.3.4 Лазерні методи контролю

Лазерні методи контролю найбільш доцільно використовувати при токарній обробці, так як традиційні методи контролю не завжди забезпечують необхідні результати. Це пов'язано з високими кутовими швидкостями оброблюваних деталей, значною шорсткістю поверхні заготовок і деталей, наявністю в зоні обробки стружки, важкодоступністю оброблюваних поверхонь, вібраціями, складністю розміщення вимірювальних засобів в зоні різання. Специфіка токарної обробки висуває жорсткі вимоги до вимірювальних засобів контролю. Такі засоби повинні характеризуватись наступними даними: безконтактність способу вимірювання при значному робочому зазорі; лінійність вихідних характеристик в діапазоні, що визначається припуском на обробку; постійною часу не більше ніж впродовж одного оберту деталі; незалежністю результатів розмірного контролю від розмірів шорсткості поверхні деталі, її обертання; наявності вібрації; надійність і простота кріплення [2].

Використання оптико-електронних і лазерних вимірювальних систем є одним із сучасних і перспективних напрямків в розвитку метрології, в даному випадку в напрямку автоматичного контролю лінійних розмірів фасонних поверхонь деталей.

Методи лінійних замірів за допомогою оптико-електронних і лазерних пристроїв діляться на амплітудні, фазові і частотні, що і характеризує способи реєстрування вихідної інформації.

Сьогодні використовуються такі лазерні методи лінійних вимірювань.

1. Інтерференційні (інтерферометри на одночастотних і двохчастотних лазерах, активні лазерні інтерферометри, голографічні пристрої, до яких також відносяться і голографічні інтерферометри).

2. Дифракційні (на основі дифракції Фраунгофера).

3. Геометро-оптичні (на принципі триангуляції, сканування, екранування, проєкційні пристрої фазові і імпульсні дальноміри, пристрої з формуванням зображення оптичної марки по принципу поперечного і повздо-

го фокусування).

Лазерні засоби також використовуються в інших видах контролю в машинобудуванні: лазерні інтерферометри координатно вимірювальних машин точного позиціонування і юстиювання верстатів і прецизійного технологічного обладнання; голографічна інтерферометрія – вивчення топографії поверхонь, вимір деформацій, переміщень та просторової орієнтації деталей; доплерівська інтерферометрія - безконтактне вимірювання швидкості переміщення; контролювання шорсткості поверхні.

Активне контролювання розмірів лазерними інтерферометрами не використовуються, тому що вони мають можливість вимірювань тільки в системі припрошування.

Дифракційні методи вимірювання використовують для створення приладів, що вимірюють щільність і діаметри виробів малого діаметра як рухомих, так і нерухомих. Для активного контролю їх використовувати неможливо.

Безконтактні геометро-оптичні методи вимірювання, що базуються на законах геометричної оптики, використовуються в сучасних системах активного контролю для метаторізальних верстатів. Принцип їх роботи базується на принципах "променювої скоби", яка налаштовується на номінальний розмір деталі, яка оброблюється, і формує управляючий сигнал на отримання необхідного розміру.

На рис.5.26 показана лазерна система контролю діаметра деталі на токарному верстаті. Промінь від лазера 5 проходить систему дзеркал і призм ABCD і спрямовується на оброблювальну деталь 1. Частина світлового потоку, яка пройшла по дотичній до поверхні деталі, що контролюється, відхиляється під кутом до основного потоку 8, і оптичними елементами 2 спрямовується на фотоприймач 3. Вихідний сигнал 4 з фотоприймача відповідає розмірному відхиленню діаметра виробу. Система контролює розмір деталі в перетинах. Наладка на номінальне значення розмірів поверхонь деталі здійснюється диференціальним гвинтом 7 за допомогою серводвигуна 6. Розміри діаметрів, які вимірюються, знаходяться в діапазоні 0...200 мм, похибка складає ± 10 мкм. Недоліком системи є те, що неможливо використовувати мастильно-охолоджувальні рідини.

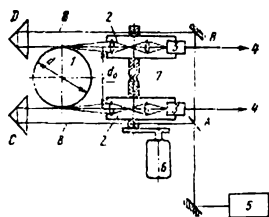


Рисунок 5.26 - Лазерна система контролю діаметра деталі на токарному верстаті

У Вищому технічному училищі Стокгольму (Швеція) розроблена адаптивна лазерна система активного контролю для токарних і шліфувальних верстатів (рис.5.27.). Розміри деталі контролюються двома пульсуючими лазерними проміннями, як нібито утворюють променеву скобу. Потік лазера 1 проходить електрооптичний детектор 2, перетворюється світлоділільником 3 на три паралельні потоки, котрі в свою чергу проходять переривник 4 у вигляді оберտального диска з отворами і стають пульсуючими.

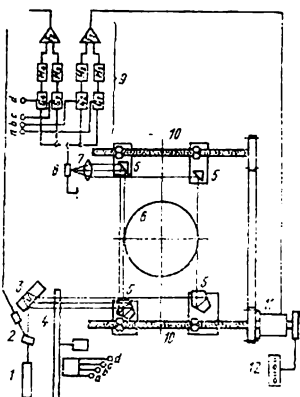


Рисунок 5.27 - Лазерна вимірювальна система активного контролю зі скакуючою "променевою скобою"

Два промені направляються системою призм 5 так, що проходять по дотичній в двох протилежних точках дотику перетину обточувальної циліндричної деталі 6, а третій опорний промінь проходить поза скобою, що утворюється двома першими проміннями. При відхиленні діаметра від номінальної величини фотоприймач 8 за допомогою конденсатора 7 реєструє зміну оптичного сигналу на протязі пів обороту деталі. Вихідні сигнали фотоприймача поступають на вхід електронного вимірювального і управляючого пристрою 9. Оптична скоба налаштовується на номінальний розмір диференціальним гвинтом 10 за допомогою серводвигуна 11. Індикація величин розмірних відхилень висвічується на цифровому табло 12.

Недоліком приладів для активного контролю, зображених на рис.5.26 і рис.5.27, є їх чутливість до динамічних навантажень, а, відповідно, і великі похибки вимірювальних величин (± 10 мкм), в той час як сьогодні оброблюються деталі, в яких коливання допуску не перевищує 1 мкм, а в деяких випадках і 0,1 мкм. Тому стоїть задача розробити прилади менш чутливі до динамічних навантажень.

Принцип дії такого лазерного вимірювального перетворювача показаний на рис.5.28. Випромінювання гелій-неонового лазера 1 типу ОКГ-16 проходить інтерференційний світлоділільник 2 і лінзою 3 фокусується на дільниці поверхні деталі 4, що контролюється, діаметрально протилежній кромці інстру-

мента. Відбитий світловий потік коллимується цією ж лінзою та направляється під кутом 90 на елемент 5, який фокусує цей потік через світлороздільний куб 6 на діафрагми 7 і 12. Діафрагма 7 сканує повздовж оптичної осі за допомогою камертонного модулятора 9 (частота резонансу 475 Гц), який управляється по кільцевій схемі: індуктивний перетворювач 10, підсилювач-обмежувач 13 та транзистори ГТ321Е з глибоким зворотнім позитивним зв'язком, вихідний сигнал якого подається на котушку збудження 11, що забезпечує стабільність амплітуди коливань камертона на власній частоті.

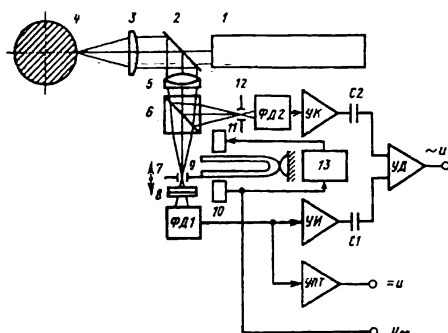


Рисунок 5.28 - Лазерний фокусувальний вимірювач

Світловий потік, що пройшов діафрагму 7, через інтерференційний світлофільтр 8 падає на фотоприймач ФД1 вимірювального напрямку перетворювача, вихідний сигнал якого поступає на вхід операційного підсилювача фототока УИ. Постійна складова вихідного сигналу УИ підсилюється УПТ, виконаним по схемі інтегруючого операційного перетворювача. Перемінна складова вихідного сигналу через розподільчий конденсатор С1 подається на вхід диференціального підсилювача перемінного струму УД, на другий вхід якого поступає сигнал оптико-електронного каналу компенсації динамічних перешкод, який утримує нерухомо точку діафрагму 12, фотоприймач ФД2 та операційний фотопідсилювач фототоку УК з розподільчим конденсатором С2 на виході. Схеми УИ, УПТ, УК і УД зібрані на основі інтегрального операційного підсилювача 140 УД1Б.

Повторювальний перетворювач замірної інформації БОС є електронним пристроєм функціональної обробки замірної інформації, який формує лінійну вихідну характеристику лазерного фокусувального перетворювача (ЛФП). Вихідний сигнал УД подається на вхід двохпівперіодного синхронного детектора СД, опірною напругою якого служить сигнал індуктивного перетворювача 10, камертонного модулятора 9, який передається через обертач фаз В. З виходу СД напруга через низькочастотний RC-фільтр подається на узгоджувальний диференціальний підсилювач УС, вихідний сигнал якого поступає на схему нормування амплітуди вихідного сигналу перетворювача, який являє со-

бою електронний вимірювач відношення ІО з експоненціальним часово-імпульсним перетворенням. Другим сигналом служить вихідний сигнал УПП.

Вихідна напруга ІО подається на прецизійний операційний мостовий обмежувач ПО, який має регулятор кульового рівня, крутизни і рівня обмежень.

Аналіз особливостей одноконтантного вимірювального механізму показав, що на точність вимірювання не впливають силові деформації оброблюваної деталі. Вплив зношування і температури при цьому компенсується наполовину. Особливістю такої схеми є можливість контролю діаметра деталі одним вимірювальним перетворювачем, установленим проти вершини різця. Схема забезпечує мінімальне запізнення вимірювальної інформації так як реакція різця безпосередньо передається на вимірювальний перетворювач, який жорстко пов'язаний з інструментом через механічну систему скоби.

Дослідження показали, що в схемах активного контролю з повторним перетворювачем, похибка лазерного приладу не перевищувала 3 мкм в статичному положенні і 7-8 мкм в робочому режимі.

5.5 Автоматичне діагностування різального інструменту

5.5.1 Загальні положення діагностування інструменту

Як говорилося раніше, більшість відмов в роботі БВ пов'язана з роботою інструмента. Тому підвищення ефективності ГВС тісно пов'язано зі ступенем автоматизації контролю і діагностування стану різального інструменту.

Зовнішній прсая зношування робочих поверхонь інструмента в кожний момент часу характеризується комплексом параметрів. До них можливо віднести: величину і інтенсивність зношування, шорсткість обробленої поверхні, точність розмірів деталі, значення температури, силові характеристики, коливання інструмента.

Оперативну інформацію про дійсне значення того чи іншого параметра отримують за допомогою датчиків (оптичних, пневматичних, механічних, електричних, акустичних, індуктивних, а в останній час і лазерних).

Існуючі методи і пристрої автоматичного контролю працездатності різального інструменту можливо розділити на дві групи: прямого і непрямого отримання інформації. За допомогою способів прямого виміру отримують інформацію про величину зношування передньої і задньої поверхні інструмента, розмірне зношування, шорсткість і розміри обробленої поверхні.

Недоліком методів операційного контролю інструмента з використанням вимірювальних щупів і датчиків є необхідність припинення процесу обробки і виводу інструмента з робочої зони на вимірювальну позицію. Операційний контроль не дозволяє оперативно визначити поломку інструмента, що може призвести до виходу з ладу верстата.

Пряме вимірювання зношування при різанні можливо використовувати для операцій, в яких інструмент не знаходиться постійно в контакті з заготовкою, наприклад, при фрезеруванні. В такому випадку використовуються пневматичні та ультразвукові датчики, оптико-електронні пристрої, які мають ви-

соку вирішальну можливість (чутливість датчиків досягає 2,5 мкм).

Недоліком метода безпосереднього вимірювання зношування є зниження точності контролю внаслідок наросту, що утворюється на різальній кромці, жорсткі умови роботи датчиків від дії стружки та МОР в зоні контролю та можливість визначення тільки інтегрального значення зношування, що є недостатнім для оцінки стану різального інструменту.

Способи непрямой оцінки стану інструменту включають контроль зміни зусиль різання в процесі зношування, значення температури різання, вимірювання віброакустичного сигналу. Відносна простота контролю силових параметрів дозволяє використовувати їх в системах адаптивного управління процесом різання. Але залежності значення зношування від складових сил різання та умов обробки не є універсальними і потребують корекції результатів за допомогою коефіцієнтів, а це викликає значне розсіювання даних.

На точність розмірів оброблювальних деталей значний вплив має також попереднє налагодження інструмента на розмір поза верстатом. Так як врахувати динамічні навантаження на інструменти під час роботи під дією сил різання не завжди є можливим, то виникає потреба автоматичного налагодження інструмента на верстаті під час пробних проходів.

Схема контролю шорсткості оброблювальної поверхні з використанням лазерного проміння показана на рис.5.29. Такий контроль шорсткості поверхні, оснований на безконтактному способі, є досить перспективним, так як зменшує час простою обладнання. Використання цього метода основане на залежності між інтенсивністю прямого та відображеного шорсткою поверхні промінів. При цьому враховується вид операції обробки і коефіцієнт поглинання оброблюваним матеріалом. Зона виміру на оброблюваній поверхні попередньо очищується струменем стиснутого повітря. Після цього прямий промінь направляється під кутом 85° до оброблюваної поверхні.

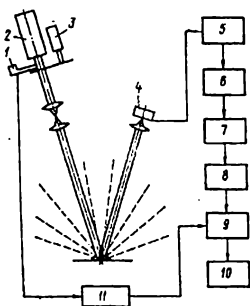


Рисунок 5.29 - Контроль шорсткості поверхні з використанням лазерного проміння:

1, 4 – еталонний та вимірювальний детектори; 2 – лазер; 3 – перетворювач; 5, 11 – підсилювачі; 6, 8 – фільтри; 7 – випрямляч; 9 – блок порівнянь; 10 – вимірювальний пристрій

5.5.2 Автоматичне налагодження інструмента на верстатах

При налагодженні інструмента на необхідний розмір поза верстатом при обробці точних отворів не завжди вдається отримати необхідні їх розміри. Це пов'язане з цілим рядом причин. Для отримання точних розмірів іноді оператору багатоопераційного верстата доводиться досягати точного налагодження інструменту шляхом пробних проходів.

Цю обставину легко пояснити, якщо проаналізувати спектр поля розсіювання Δ_p діаметральних розмірів отворів при чистовому розточуванні

$$\Delta_p = \Delta_y + \Delta_c + \Delta_l + \Delta_T + \kappa \sqrt{\Delta_n^2 + \Delta_{уст}^2} \quad (5.14)$$

де Δ_y - деформації в ТС, приведені до вершини різця;

Δ_c - геометрична похибка верстата, що впливає на точність положення вершини різця відносно осі обертання шпинделя;

Δ_l - похибка від розмірного зношування вершини різця;

Δ_T - похибка, яка викликана тепловими деформаціями різального інструменту в процесі обробки однієї деталі;

Δ_n - похибка налагодження розточувального інструмента на діаметральний розмір;

$\Delta_{уст}$ - похибка установки інструмента з шпиндель БВ;

κ - коефіцієнт, який враховує ступінь ризику отримання браку і форму кривої розподілу випадкових похибок.

Перші чотири похибки носять систематичний характер, і їх вплив можливо врахувати. Похибки Δ_n і $\Delta_{уст}$ врахувати практично неможливо, так як вони залежать від оператора або наладчика інструменту. Ці похибки і призводять до необхідності втручання оператора в автоматичний цикл обробки при розточуванні точних отворів шляхом проведення пробного проходу з наступним вимірюванням отвору і корегування положення вершини різця.

Для скорочення кількості пробних проходів при обробці отворів Н6, Н7 використовують розточувальні пристрої з автоматичним радіальним переміщенням вершини різця. При цьому пробний прохід здійснюється тільки один раз перед початком роботи. Наступні проходи виконують тільки з замірами обробленого отвору та корегуванням положення вершини різця, якщо в цьому є необхідність.

Налагодження інструменту на верстаті може бути прямим або посереднім. Тобто, коли налагодження інструменту здійснюється не безпосередньо через інструмент, а за допомогою корегування програмованого переміщення інструменту, наприклад, різця.

Налагодження інструменту повинно здійснюватись з урахуванням допуску на розмір δ_A , поля розсіювання розмірів заготовки при обробці δ та розмірного зношування інструменту A_{max} . В залежності від співвідношення цих складових можливі два варіанти.

Перший варіант коли $\delta_A \geq \delta + A_{max}$. В цьому випадку можливо інструмент використовувати без допоміжного підналагодження за його період стійко-

сті.

В другому варіанті, коли $\delta_A < \delta + A_{\max}$, необхідно передбачити пристрій для підналагодження інструменту з метою компенсації розмірного зношування за період його стійкості.

Допустиме розмірне зношування інструмента визначається як різниця між допуском на розмір оброблюваної поверхні і сукупністю похибок обробки δ_c .

$$A_q = \delta_A - \delta_c,$$

де A_q - допустиме розмірне зношування інструменту, яке забезпечує збереження розміру оброблюваної заготовки в межах поля допуску.

При визначенні наладженого розміру необхідно розташовувати центр групування розмірів (середину поля розсіювання) в A в такій точці поля допуску на обробку деталі δ_A , щоб отримати максимальну величину на розмірне зношування інструменту. За початок підрахунку розмірів при обробці охопленої поверхні необхідно приймати її нижнє граничне значення з урахуванням того, що в процесі обробки розмір оброблюваної деталі буде збільшуватись за рахунок зношування різальної кромки різця.

За початок підрахунку при обробці поверхні, що охоплює (отвору), необхідно приймати її верхнє граничне значення з урахуванням того, що діаметр оброблюваної поверхні отвору буде зменшуватись за рахунок зношування різальної кромки.

При обробці точних деталей необхідно враховувати збільшення довжини різця при його початковому нагріванні Δl . Під дією сил різання відбуваються також пружні деформації інструменту, які також необхідно враховувати, особливо при обробці точних поверхонь деталей.

Наявність розмірного зношування інструменту в автоматизованих системах потребує частого його підналагодження. Частота підналагоджень інструменту залежить, перш за все, від шляху різання, який визначається довжиною і діаметром оброблюваної поверхні.

Довжина шляху, що проходить інструмент, наприклад, різець, по оброблюваній поверхні за один прохід визначається залежністю

$$L = \frac{\pi D l}{S 10^3}, \quad (5.15)$$

де l - довжина оброблюваної поверхні за один прохід, мм;

D - діаметр оброблюваної поверхні, мм;

S - осьова подача інструмента за один оберт деталі, мм/об.

Розмірне зношування інструменту за один прохід по оброблюваній поверхні визначається залежністю

$$A_{\text{пр}} = V_0 L,$$

де V_0 - питоме розмірне зношування інструменту на шляху різання 1000м.

Кількість проходів, які може зробити інструмент за період між підналаго-

$$m = \frac{A_q}{A_{np}}, \quad (5.16)$$

Відрізок часу, через який необхідно виконати підналагодження інструменту визначається залежністю

$$T_s = tm, \quad (5.17)$$

де t - час обробки деталі на даному переході.

Розмірна стійкість інструмента в більшості випадків менше загальної стійкості по його різальній здатності. Розмірне зношування інструменту є систематичною похибкою і безпосередньо впливає на розміри оброблюваної деталі.

На початку роботи інструменту його зношування відбувається більш інтенсивно, що пов'язане з приробіткою різальної кромки. При заточуванні інструменту із швидкорізальної сталі радіус округлення різальної кромки складає 5-7 мкм. Після 300-1000 м шляху роботи інструменту він уже складає 10-15 мкм, що забезпечує зниження шорсткості поверхні деталі і більшу сталість процесу різання.

При радіусі округлення різальної кромки 30 мкм і більше настає катастрофічне зношування інструменту. Йому передують підвищення шорсткості оброблюваної поверхні деталі. Це є технологічним фактором, який обмежує роботу інструменту, наприклад, розвертки.

Для інструмента із твердого сплаву після приробітку з'являється площадка зношування, розміри якої збільшуються по мірі зростання шляху різання і при $L=8000-30000$ м настає катастрофічне зношування. Тому критерієм зношування приймають не загальну стійкість інструменту, а розмірну стійкість.

Розмірне зношування A за відповідний відрізок часу може бути визначений залежністю

$$A = \Delta R_i - \Delta y, \quad (5.18)$$

де ΔR_i - зміна положення різальної кромки в результаті зношування інструменту;

Δy - зміна положення різальної кромки в результаті пружних деформацій, пов'язаних з ростом сили різання при зношуванні.

Величина Δy приймається в межах $(0,1-0,2)\Delta R_i$ (0,1 - для чистового обточування і 0,2 - для чорнового).

Інтенсивність розмірного зношування на ділянці сталого процесу характеризується питомим зношуванням и визначається залежністю

$$U_0 = \frac{1000U_2}{l_2}, \quad (5.19)$$

де - U_0 величиною зношування, яка характерна для шляху 1000 м;
 U_2 - розмірне зношування на відрізку сталого процесу зношування;
 l_2 - довжина шляху різання на відрізку сталого зношення.

Орієнтовна величина питомого зношування при обробці інструментом із швидкорізальної сталі на 1000 м різання для різців 3-15 мкм для фрез 15-25 мкм, для шліфувальних кругів 1-3 мкм.

Відношення загальної стійкості інструменту по його різальній здатності T до розмірної стійкості T_p показує скільки підналадок необхідно виконати за період стійкості.

$$n = \frac{T}{T_p} - 1. \quad (5.20)$$

Величину розмірного зношування можливо визначити за схемою рис.5.30

$$A = h_3 \operatorname{tg} \alpha,$$

де h_3 - величина зношування задньої поверхні різця;
 α - задній кут.

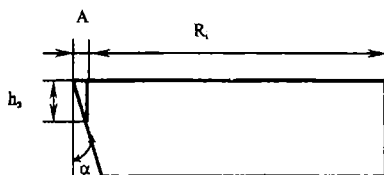


Рисунок 5.30 - Величина розмірного зношування різця

Величину розмірного зношування інструменту можливо зменшити шляхом зменшення величини подачі або заднього кута. Глибина різання мало впливає на зміну величини питомого зношування, так як і передній кут.

5.5.2 Датчики, які використовуються для діагностування

Точність розмірів оброблюваної деталі в значній мірі пов'язана зі станом різального інструменту. Стан різального інструменту може контролюватися як прямим шляхом, так і посереднім. Прямий контроль стану інструмента дозволяє оперативніше реагувати на відхилення від сталості роботи інструмента та внести відповідні корективи в робочий процес.

До прямого методу контролю відноситься автоматичне вимірювання довжини різців, свердел, розверток та інших осьових інструментів. Такий контроль здійснюється за допомогою датчиків дотику.

Посередній метод контролю базується на вимірюванні сил різання і крутних моментів, які характеризують стан різального інструменту.

Типові види датчиків для посереднього контролю сталості роботи інструменту показані на рис.5.31: а - датчик на основі тензометрів для вимірювання складових сили різання; б - п'єзоелектричний датчик для вимірю-

вання деформацій; в - магнітопружний датчик для вимірювання деформації; г- магнітопружний трансформаторний датчик, д - магнітопружний датчик для вимірювання крутного моменту; е - тензодатчик для вимірювання магнітних властивостей скрученої дільниці вала по його крутному моменту; ж - магнітопружний датчик для визначення крутного моменту по силі току двигуна; з - датчик для визначення крутного моменту по силі току.

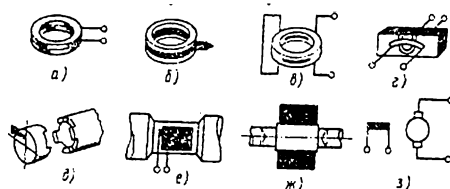


Рисунок 5.31 - Датчики, що використовуються для контролю сил і моментів

Найбільш простим засобом вимірювання (контролю) сил, що діють на робочі елементи верстата, є дріт'яні датчики. Принцип їх дії базується на зміні омичного опору під дією навантаження. Їх недоліком є низка точність, вузький інтервал частот та чутливість до зовнішнього впливу.

5.5.3 Налагодження інструментів на токарних верстатах з ЧПУ

Для автоматичного вимірювання положення інструмента та заготовки на токарних верстатах з ЧПУ використовуються вимірювальні головки з щупами-датчиками дотику (з дискретним сигналом). На рис.5.32 показана схема контролю положення інструмента і заготовки на роботизованому токарному модулі КТ141ПРМ, який оснащений системою ЧПУ моделі 2У32 та вимірювальним комплексом 5В271, до складу якого входить два щупи-датчики дотику. Датчик 2 (рис.5.32,а) призначений для вимірювання положення заготовки 4, що закріплена в патроні 5. Він розташований в одній з позицій револьверної головки 1 токарно-револьверного верстата і з'єднаний з електронним блоком за допомогою оптикоелектронного зв'язку. Датчик оснащується щупом 3, який має форму кульки або диска в залежності від конфігурації заготовки.

Для вимірювання положення вершини інструмента передбачений датчик 7 (рис.5.32,б). Він має форму квадрата, що дозволяє визначити положення вершин як прохідних так і розточувальних різців.

Оснащений такими датчиками верстат працює в режимі координатно-вимірювальної машини, це дозволяє вимірювати положення лінійних розмірів заготовки і положення вершин різців в напрямку їх координатних осей. Датчики дотику пов'язані з системою ЧПУ спеціальною системою зв'язку, яка має лічильники переміщень на кожен координату.

На початку роботи верстата вимірювальний щуп калібрується в автоматичному циклі за допомогою еталонного інструмента для визначення дійсної відстані між точкою відліку верстата і інструмента. При налагодженні

відстані між точкою відліку верстата і інструмента. При налагодженні інструмента щуп прямокутної форми фіксує фактичне положення різальної кромки інструмента, яке порівнюється в системі ЧПУ з заданим в програмі. Після цього визначається необхідна корекція позиціонування різальної кромки інструмента. Це дає можливість швидкого коригування положення інструмента для усунення виявлених відхилень в роботі інструмента або всієї системи в цілому.

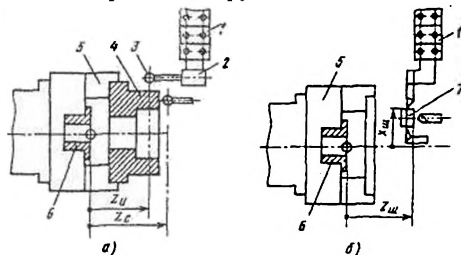


Рисунок 5.32 – Схема роботи датчиків дотику:
а – контроль заготовки; б – контроль інструмента

Схема розташування датчиків визначається компоновкою токарного верстата. Датчики дотику можуть установлюватись на корпусі передньої бабки (рис.5.33,а), на відкидному важелі (рис.5.33,г), або бути висувними і періодично переміщуватись на робочу позицію (рис.5.33,б,в).

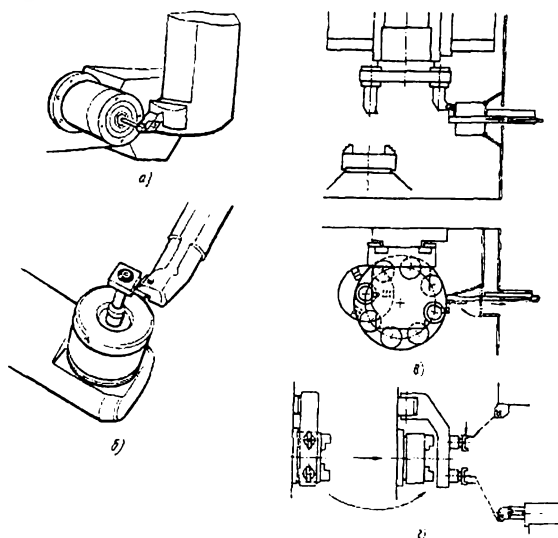


Рисунок 5.33 – Схема установки датчиків дотику:
а – на корпусі передньої бабки; б, в – висувні; г – на відкидному важелі

Для автоматичного настроювання інструмента на токарних верстатах можна використовувати метод автоматичного визначення установочних розмірів інструмента. При використанні цього метода інструменти в револьверній головці можуть розташовуватись довільно. За допомогою електронного маховика інструменти і послідовно встановлюються під перехрестям розташованої в зоні роботи інструментів оптичної системи, яка знаходиться в заданій точці координатної системи верстата (рис.5.34).

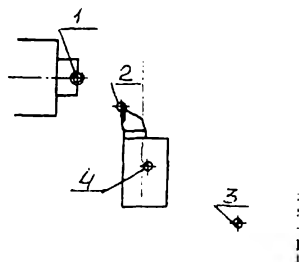


Рисунок - 5.34 – Схема автоматичного налагодження інструментів на токарному верстаті

5.5.4 Налагодження інструментів на багатоцільових верстатах

Для автоматичного налагодження інструментів використовуються різні види щупів та датчиків. По способу зняття і інформації вони діляться на контактні, індуктивні та телеметричні (оптичні). Схема їх роботи на БВ така сама, як і на токарних верстатах. Вони можуть бути розташовані на столі верстата, поза його робочою зоною, або в шпинделі.

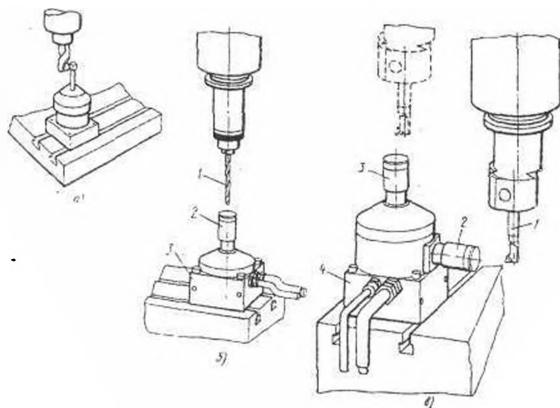


Рисунок 5.35 - Схеми установлення датчиків дотику на БВ:

а - контроль положення різальної кромки; б - контроль довжини свердла;
в - контроль довжини і вильоту різальної кромки

Перед початком обробки визначають положення різальної кромки інструмента відносно початку відліку. Різниця між фактичним положенням різальної кромки і заданим її положенням визначає величину необхідної корекції. Оцінка отриманої інформації за допомогою мікропроцесора забезпечує формування корегуючого сигналу. Схема контролю положення різальної кромки свердла показана на рис.5.35,а На рис.5.35,б показана схема виміру довжини свердла 1 за допомогою і цупа 2 пневматичної головки 3. На рис.5.35,в показана схема виміру довжини і вильоту різальної кромки розточувального різця 1 за допомогою щупів 3 і 2 пневматичних головок 4. Щупи під дією стисненого повітря висовуються. При контактуванні інструмента з щупом головки створюються два однакових електричних сигналу, які відповідають допуску ± 1 мкм.

Один з різновидів шпиндельних головок показано на рис.5.36,а

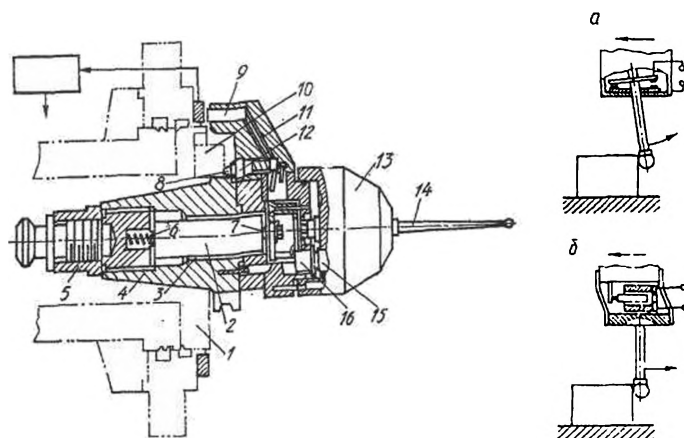


Рисунок 5.36 - Шпиндельна головка з щупом:

а – конструкція головки; б – головка з електричним контактом;
в – головка індуктивного типу

Головка має хвост з'являється 4 для установлення її в інструментальний магазин і шпиндель верстата 1. В порожнині 3 хвостовика установлена батарея 2. До внутрішнього торця хвостовика кріпиться змінний елемент 5 з пружиною 6, яка упирається в від'ємний вивід батареї 2 і служить для його заземлювання. До зовнішнього торця хвостовика 4 прикріплений корпус 13, в якому вмонтований щуп 14 і з'єднаний з ним блок перемикачів. Блок перемикачів через штепсельну вилку 15 і розетку 16 підключається до печатної плати, яка виконує функції генератора. Сигнал з виходу генератору поступає на первину обмотку 9, яка установлена на кронштейні 11. На ньому також змонтований перемикач 12 з плунжером 8, який спрацьовує при контакті зі шпонкою 10. При установці хвостовика в шпиндель перемикач 12 з'єднує батарею 2 з печатною платою. При виведенні хвостовика він відключає батарею. Пружина переми-

кача стискується після виходу плунжера 8 із контакту з шпонкою 10 шпинделя.

Передача сигналу з вимірювального щупа може здійснюватись контактним (рис.5.36,б) або індуктивним методом (рис.5.36,в). Обидва методи мають істотні недоліки, так як не забезпечують належної точності вимірів положень заготовки або інструменту.

Для багатоцільових верстатів переважно використовується оптична система передачі сигналу від датчика (щупа) на приймальний пристрій (рис.5.37). Приймально-передавальний оптичний пристрій 5 може кріпитись стаціонарно і на шпиндельній бабці 3. Він з'єднаний кабелем з блоком 6 інтерфейсу зв'язку з системою ЧПУ 7. Сам трьохмірний щуп 1 має конусний хвостовик для кріплення в шпинделі і оснащений приймально-передавальним оптичним модулем 2 з батареєю. Конструктивно система щупа виконана таким чином, що може передавати сигнали на 360°, тобто незалежно від положення шпинделя, на відстань від 10 до 3000 мм з максимальною швидкістю вимірювання 2000 мм/хв при повторюваності розмірів 1 мкм.

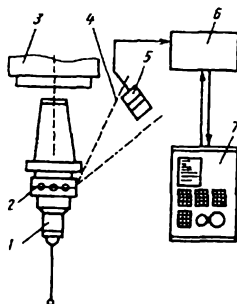


Рисунок 5.37 - Схема роботи головки, яка оснащена щупом-датчиком до-
тику і оптичною системою передачі сигналу

На рис.5.38 показана схема контролю радіального положення вершини різця розточувальної головки 7. Головка подається в шпиндель 4 з магазину 6 верстата 5 за допомогою автооператора 8. В шпинделі вона розташовується таким чином, щоб вершина різця була орієнтована в радіальному супорті 2 в напрямку відрахункового пристрою 1. Повзун 4, що змонтований на шпиндельній бабці, висуває відрахунковий пристрій на величину, яка відповідає вильоту різця розточувальної головки.

Після такої орієнтації розточувальної головки відрахунковий пристрій 1 зміщується до дотику з вершиною різця. Радіальний супорт переміщується з одного, попередньо встановленого положення, в інше. При цьому під дією сил подачі переміщується і відрахунковий пристрій до спрацювання вмонтованого в ньому фотоелектронного датчика, який дає команду на зупинку радіального супорта. Датчик налаштований таким чином, що супорт зупиняється в положенні, яке відповідає початковому діаметру в діапазоні роботи розточувальної головки. Після цього відрахунковий пристрій відводиться із зони обробки.

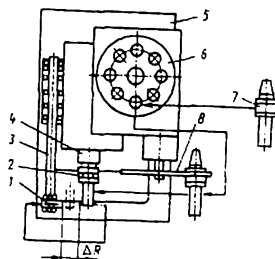


Рисунок 5.38 – Схема автоматичного контролю радіального положення вершини різця

В разі необхідності переходу на інший розточувальний діаметр немає необхідності висування відрахункового пристрою, точність позиціонування вершини різця забезпечується рушієм переміщення радіального супорта. Він стикується з розточувальним пристроєм при установленні його в шпиндель.

Діагностику роботи інструмента, а, відповідно, і сил, що і діють на нього, може здійснюватись через контроль навантаження шпиндельного вузла. Для цього використовуються: тензодатчики вмонтовані в шпиндельний вузол (рис.5.39). На рисунку 1, 2 - площини для розташування датчиків 3, 4 - тензометричні підсилювачі, 5 і 6 - демодулятори, 7 - підсилювач, 8 - реєстровий прилад. Датчики вмонтовані в шпиндельні опри. Збільшення сили різання при зношуванні інструмента веде до росту навантаження на шпиндельні опори, а, відповідно, до їх деформації. Це фіксується тензодатчиками, які через підсилювачі передають сигнал на прилад, що реєструє відхилення від сталості роботи ТС.

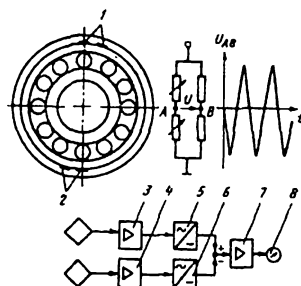


Рисунок 5.39 - Схема використання тензодатчиків в шпиндельних опорах

Більш досконалими є п'єзорезисторні прилади, які мають більш високу чутливість. Вони базуються на кварцевих вимірювальних елементах та підсилювачах зарядів. Вони отримали в верстатобудуванні більш широке розпо-

всюдження, ніж тензометричні прилади.

Система для контролю сил різання і діагнозу стану різального інструмента показана на рис.5.40. Система може функціонувати з токарними або фрезерними верстатами. Сила різання, що виникає на різці 1, передається на супорт 2, який пов'язаний з вимірювальним елементом 3. З цього елемента сигнал через підсилювач 8 поступає в електронний блок. Блок інтерфейсу 6 забезпечує зв'язок з системою ЧПУ 5. При виході сили за допустимі межі, установлені для даного циклу, відбувається зупинка рушія подачі 4. Така система має високу ступінь швидкодії, що є особливо важливим при виході з ладу інструменту або його зношуванні.

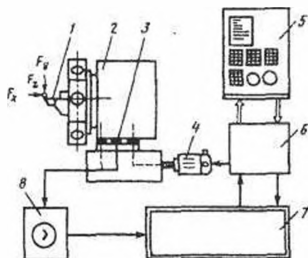


Рисунок 5.40 - Система для контролю стану різального інструменту на токарному верстаті

5.5.5 Структура системи активного контролю

Управління точністю обробки може здійснюватися на основі інформації, яка отримується при вимірюванні розмірів оброблюваної деталі або її окремих поверхонь. Такі вимірювальні системи називають системами активного (адаптивного) контролю. Точність їх суттєво пов'язана з динамікою об'єкта управління.

Принцип адаптивного управління різанням полягає в регулюванні режимів різання, наприклад, в зміні подачі в залежності від глибини різання, твердості матеріалу, зношування інструменту чи інших факторів. Це необхідно для того, щоб тангенціальна складова сили різання не перевищувала допустимої величини.

Схема двоконтурної системи активного контролю показана на рис.5.41. Контур I системи (електронний перетворювач) здійснює контроль за розмірами деталі в процесі обробки і по результатах контролю управляє верстатом. Контур II (електронний статистичний компаратор) виконує операційний контроль обробленої поверхні і по його результатах здійснює корекцію налагодження контуру I.

Індуктивний перетворювач переміщень ІПП передає інформацію про розміри деталі до підсилювача Усі. Сигнал передається лінійним аналоговим формі. Командний пристрій КМУ виробляє сигнали на зміну подачі робочого органу верстата. Показуючий прилад ППр служить для візуального

зображення інформації. Вимірювальна інформація U_x і сигнал U_0 подаються на вхід суматора $См$, що визначає рівень налаштування контуру І. Конкретне значення сигналу U_0 , що відображає положення центру розподілу $X_{ср}$ вибірки деталей, знаходиться контуром ІІ на основі операційного статистичного контролю.

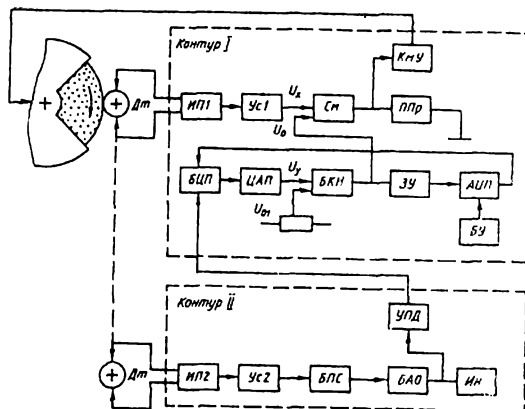


Рисунок 5.41 - Структурна схема двоконтурної системи активного контролю при шліфуванні

Розмір обробленої деталі D_m визначається на позиції контролю за допомогою індуктивного перетворювача ИП2. Перетворене значення сигналу з підсилювача Ус2 поступає в блок перетворення аналогового сигналу БПС. Блок арифметичних операцій БАО виконує розрахунки статистичних параметрів вибірки. Статистичні параметри в дискретній формі через пристрій передачі даних УПД поступають в блок цифрової пам'яті БЦП, де запам'ятовуються. З контуру II сигнал, що несе відомості про параметри $X_{ср}$, перетворюються в цифро-аналоговому перетворювачі ЦАП і подається в блок корекції нуля приладу БКН, де сигнал управління U_1 складається з сигналом U_0 ручного установлювання нуля. При відключенні живлення у системі контролю передбачено збереження сигналів U_0 в пам'яті аналогового запам'ятовуючого пристрою ЗУ. Обмін між аналоговою та цифровою пам'яттю здійснюється за допомогою аналогового-цифрового перетворювача АЦП блоком управління БУ.

Конфур II, крім свого основного призначення - формування сигналу U_n , виконує функції оперативного статистичного аналізатора стабільності ТП. Тому пристрій відображення статистичної інформації U_n має, крім указаних меж поля допуску, показники меж статистичного регулювання, в яких повинен знаходитись ТП.

Використання двоконтурної системи активного контролю дозволяє істотно зменшити похибки виготовлення деталей за допомогою компенсації зупади ИП контуру I нагрівання елементів ТС та ін.

5.6 Контрольно-вимірjuвальні машини

На рис.5.41 показана координатно-вимірjuвальна машина (КВМ). Особливістю конструкції такої машини є комплексний контроль готової деталі та висока продуктивність цієї операції. КВМ може працювати як в складі ГВС, так і автономно. Машина, показана на рис.5.41, працює в складі ГВС. Вона розташована в окремому термоконстантному приміщенні 3, яке має на виході акліматизовочний шлюз. Це дозволяє зберігати в середині приміщення потрібну температуру. В приміщенні змонтовані комбіновані транспортні і приймальні столи, а також пристрої для заміни шупів. Деталі, що підлягають контролю, змонтовані на пристроях супутниках (палетах) 8 і подаються автоматизованим транспортним візком 4 на тактовий стіл 5, звідки через транспортний 6 і приймальний 7 столи подаються в робочу зону вимірjuвальної машини.

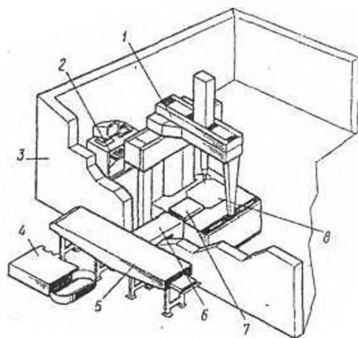


Рисунок 5.41 – Координатно-вимірjuвальна машина

Механізм транспортування деталей управляється програмним пристроєм. Він має діалоговий зв'язок з ЕОМ 2 вимірjuвального агрегату і управляючою ЕОМ ГВС верхнього рівня. Цим досягається оптимальна синхронізація функціонування загального робочого процесу без втручання оператора. Деталі, що підлягають контролю, встановлюються на палети вручну або за допомогою автооператора. Це залежить від того, як працює КВМ в автоматичного чи в автоматизованому режимі. Після завантаження деталей весь цикл контролю здійснюється автоматично. Після контролю деталь подається на склад або на складання, в залежності від структури виробництва.

КВМ, яка працює в складі ГВС, оснащується автоматичною транспортною системою. При цьому КВМ повинна бути оснащеною пристроями для автоматичного прийому та закріплення палет з деталлю. Отримані під час контролю данні використовуються для корегування організації виробничого процесу.

Основним недоліком таких вимірjuвальних комплексів є висока вартість, що обмежує галузь їх використання. Для зменшення витрат на експлуатацію КВМ їх розміщують не в термоконстантному приміщенні, а безпосередньо в

виробничому цеху. Подібна КВМ існує на Новокраматорському машинобудівному заводі.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ ДО РОЗДІЛУ 5

1. Яві задачі стоять перед підсистемою автоматичного контролю?
2. Види похибок обробки, що виникають в умовах автоматизованого виробництва.
3. Які види механізмів існують для компенсації похибок обробки, їх функції.
4. Що є причиною виникнення зворотних та незворотних процесів в ТС та їх вплив на роботу системи.
5. Як впливає швидкість дії процесу на неполадки в ТС?
6. На чому основана дія компенсації температурних деформацій шпинделя “іноварною рамою”?
7. Привести схему температурних компенсацій холодильним методом.
8. Привести схему перетворення кутових переміщень в лінійні.
9. На чому базується схема корегування положення осі шпинделя токарного верстата?
10. Які є чотири основні органи електроавтоматичної контрольної системи?
11. Якими основними ознаками характеризується кожен з чотирьох типів контролю?
12. Якими ознаками характеризується гранична погрішність?
13. Які існують види електроконтактних датчиків?
14. Особливості конструкції індуктивного датчика.
15. Які існують види пневматичних датчиків? Галузь їх використання.
16. На якому принципі працює коерцитивний датчик?
17. Як працює лазерна системи контролю діаметрів валів на токарних верстатах?
18. Який принцип роботи лазерної системи активного контролю зі скануючою “променевою скобою”?
19. Які величини похибок мають системи лазерного активного контролю?
20. На якому принципі базується схема контролю шорсткості поверхні на основі лазерного променя?
21. Які існують способи контролю працездатності різального інструменту на БВ?
22. Чим викликана необхідність автоматичного налагодження інструменту на БВ?
23. Як впливає розмірне зношування інструмента на точність обробки деталі?
24. Для визначення яких параметрів робочого процесу використовуються п'єзодатчики?
25. Що являє собою двохконтурна система активного контролю при шліфуванні?

6 ОРГАНІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ГВС

6.1 Особливості інструментального забезпечення в ГВС та його організація

Підвищення рівня автоматизації ГВС пред'являє нові вимоги до системи інструментального забезпечення. Особливо це стосується надійності в роботі інструмента та вплив його технічного рівня на час підготовки інструментальних наладок. Якщо надійність роботи інструмента впливає на сталість роботи ГВС, то технічний рівень інструментальної наладки впливає на продуктивність і гнучкість системи. Низька надійність інструмента, перш за все, викликає зупинки системи для його заміни та налагодження на необхідний розмір для обробки відповідної поверхні.

Час заміни одного інструмента в магазинах місткістю 20, 40 и 80 інструментів складає відповідно 42, 46, 54 с. Час перезарядження цих магазинів в розрахунку на один деталеустанов складає відповідно 28; 31; 36 хвилин.

Доля підготовчо-завершального часу в залежності від числа деталей N_d в партії приведена в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Доля підготовчо-завершального часу в штучному

№ п/п	Місткість інструментального магазину, шт	Доля часу α , % в залежності від N_d				
		1	3	8	16	25
1	20	18,9	7,2	2,8	1,4	0,9
2	40	20,4	7,8	3,1	1,6	0,99
3	80	23,0	9,1	3,6	1,6	1,2

Із таблиці видно, що збільшення кількості деталей в партії веде до зменшення долі підготовчо-завершального часу в штучному, в той час як збільшення місткості інструментального магазину веде до її зростання. Тому підвищення продуктивності обробки на ГВС можливо тільки при використанні підсистем інструментального забезпечення (ПІЗ) високого рівня автоматизації.

Сьогодні існує два типи ПІЗ, які дозволяють оснащувати верстати магазинами необмеженої місткості з високим ступенем обертання інструмента, що дозволяє зменшити час простоювання ГВС.

Система інструментального забезпечення першого типу базується на використанні великої кількості мінних інструментальних магазинів, заміна яких здійснюється автоматично за допомогою роботизованих візків або автооператорів. Кількість таких магазинів може бути 3-4, а іноді і більше. Комплектування таких магазинів здійснюється на складах. Склад знаходиться у цеху, що дозволяє обслуговувати всі верстати. Час заміни магазину при переході на іншу деталеоперацию складає до 120 с.

Використання ПІЗ першого типу потребує великої кількості ідентичних магазинів, а також спеціальних засобів доставки їх та установлення на верстат. Міс-

ткість таких магазинів невелика – всього 20-25 інструментів. Такі ПІЗ використовують при обробці деталей великими партіями (до 50 шт.), а також в тих випадках, коли час заміни інструмента більший часу роботи інструмента на одному переході, наприклад, при обробці заготовок із легких сплавів.

Система інструментального забезпечення другого типу, що базується на використанні інструментальних магазинів великої місткості, є більш універсальною, так як дозволяє замінювати інструменти в магазині під час роботи верстата. У випадку виходу із ладу одного інструмента верстат продовжує працювати інструментом-дублером. В цей час оператор здійснює заміну інструмента, що вийшов з ладу, вручну. Але така система уже є не автоматичною, а автоматизованою.

При такій ПІЗ кількість інструментів на кожну деталеустановку потрібно мати у 1,5-2 рази більше від номінального за рахунок використання інструментів-дублерів. Тобто, якщо номінально потрібно мати 40 інструментів, то інструментальний магазин повинен вміщувати 60-80 інструментів.

Деякі фірми при такій ПІЗ використовують приставні магазини, які служать накопичувачами інструментів для їх заміни, або використовують автоматизовані склади накопичувачів запасних інструментів.

Обидва типи ПІЗ мають істотні недоліки, які полягають у тому, що наявність одного інструментального магазину великої місткості, або декількох магазинів малої місткості потребує значного простору для їх розміщення. Тому є тенденція до зменшення місткості інструментальних магазинів за рахунок використання прогресивних технологій обробки. Ці технології базуються, з однієї сторони, на високому ступені концентрації різальних кромки інструмента. А з іншої – на використанні універсальних способів обробки, наприклад, кінцевих фрез та планшупертів для обробки отворів замість осевих і розточувальних інструментів.

Значного скорочення кількості інструментів, яка потрібна для обробки деталей на ГВС, можливо досягти за рахунок уніфікації форми і розмірів оброблюваних поверхонь, але це можливо тільки на стадії проектування машини.

З цього аналізу можливо зробити деякі висновки:

1. ПІЗ на базі магазинів великої місткості (80 і більше гнізд для інструментів) придатні для ГВС з невисоким рівнем автоматизації. Але з цих випадків доцільно використовувати допоміжні автоматизовані стелажі, а не приставні магазини.

2. ПІЗ на базі змінних магазинів місткістю до 30 інструментів придатні для використання в ГВС високого рівня автоматизації.

3. Перспективним напрямком розвитку ГВС є зменшення місткості інструментальних магазинів, а також їх кількості за рахунок впровадження прогресивних технологій, що зменшують необхідну кількість інструментів для їх реалізації.

Тому на етапі технологічної підготовки виробництва (ТПВ) необхідно, перед усім, визначити мінімально необхідну кількість різального і допоміжного інструмента для кожної деталеустановки. Для цього необхідно назначити раціональні режими різання з урахуванням надійності процесу обробки та мінімізувати час допоміжних переміщень інструмента за рахунок вибору оптимальних варіантів послідовності заміни інструментів.

Оптимальний варіант заміни інструмента визначається мінімальним часом,

необхідним на його заміну t_3 , і часом на переміщення цього інструмента з однією робочої позиції на іншу t_n .

Розглянемо приклад обробки двох отворів в заготовці типу «плита» (рис. 6.1). Отвори діаметром d , які розташовані один від одного на відстані L , оброблюються послідовно свердлом і зенкером. Перед технологом постає питання, який прийняти варіант заміни свердла і зенкера.

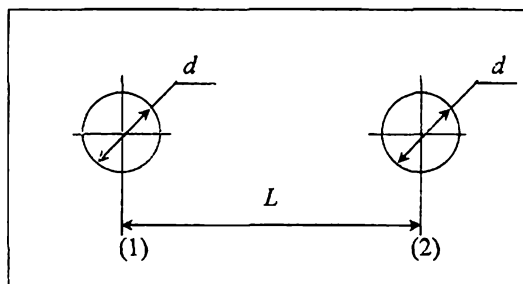


Рисунок 6.1 - Схема визначення оптимальної послідовності заміни інструментів при обробці декількох отворів

Перший варіант: обробити свердлом обидва отвори, а потім замінити його на зенкер і виконати ним ці переходи.

Другий варіант: кожен отвір обробити свердлом і зенкером, а потім ці переходи повторити і для другого отвору.

При першому варіанті витрати допоміжного часу складають

$$t_1 = t_3 + t_n, \quad (6.1)$$

де t_3 – час на заміну свердла;

$t_n = V/L$ – час на його переміщення з першої позиції (1) на другу (2),

V – швидкість переміщення інструмента чи столу з позиції (1) до позиції (2) на відстань L .

Зенкерування отворів відбувається по тій ж схемі, тому витрати часу на заміну і переміщення інструменту будуть такими ж. Тобто повний допоміжний час при першому варіанті складає

$$t_1 = 2(t_3 + t_n) = 2(t_3 + V/L). \quad (6.2)$$

При другому варіанті обробка отворів відбувається послідовно, спочатку перший отвір оброблюється свердлом, потім відбувається його заміна на зенкер. Після повної обробки першого отвору цикл повторюється для наступного отвору. Витрати часу на заміну інструментів при другому варіанті складають $t_2 = 4t_3$, тобто допоміжний час, що пов'язаний з двома замінами інструмента збільшується в два рази. Час на переміщення інструмента з позиції (1) на позицію (2) може бути перекритий часом на заміну інструмента, тому його не враховують. Повний допоміжний час при першому варіанті складає

$$t_2 = 4t_3.$$

(6.3)

Варіант обробки приймається той, де допоміжний час менше.

Прирівнявши вирази 6.2 і 6.3, знайдемо, що при $V \cdot t_3 > L$ необхідно проводити заміну інструмента після обробки двох отворів, а при $V \cdot t_3 < L$ кожний отвір оброблюється послідовно кожним інструментом.

6.2 Автоматичний пошук інструмента та його кодування

При обробці однієї деталі кожний інструмент, який є в магазині, може використовуватись один або декілька разів. Це залежить від кількості поверхонь на оброблюваній заготовці, наприклад отворів - їх може бути один або декілька, тому і інструмент може також переміщуватись декілька разів з шпинделя в гніздо магазину і зворотньо.

Якщо при обробці заготовки кожний інструмент використовується один раз, інструментальні блоки устанавлюються в гнізда інструментального магазину в тому порядку, який відповідає ходу технологічного процесу, і при кожній заміні інструмента магазин переміщується на один шаг.

При виготовленні деталей з великою кількістю однотипних поверхонь один і той же інструмент після використання може змінити своє розташування в інструментальному магазині. При цьому розташування інструментів в магазині у відповідності з ходом технологічного процесу порушується. В таких випадках перед кожною зміною необхідний пошук потрібного інструмента і його транспортування в зону перевантаження. Для цього в умовах автоматичного виробництва існує система розпізнання інструментальних блоків, яка повинна відповідати таким вимогам:

- чіткість інформації;
- швидкість запису і зчитування інформації;
- можливість автоматизації процесу запису і зчитування;
- надійне зберігання і передача інформації в складних умовах (при наявності стружки, охолоджуваної рідини, високих температур, вібрації, бруду та інше);
- збереження стабільної інформації;
- простота і низька вартість.

Існує два напрямки в пошуку необхідного інструмента за рахунок кодування шпиндельної оправки або гнізда інструментального магазину.

Перевага кодування шпиндельних оправок полягає в наступному: можливе довільне розташування оправок в гніздах інструментального магазину верстата, так як при цьому пошук інструмента не пов'язується з номером гнізда, а це полегшує роботу оператора-налагоджувача; немає необхідності в допоміжних переміщеннях інструментального магазину для пошуку гнізда, в яке необхідно встановити інструмент, що виконав свою операцію. Це дозволяє значно скоротити час на заміну інструмента.

Кодування шпиндельних оправок має ряд недоліків:

- ускладнюється конструкція і складання шпиндельних оправок;
- виключається можливість використання інструмента, діаметр якого пере-

вищує шаг між гніздами магазина, так як в процесі роботи дві закодовані шпindelьні оправки з інструментом можуть розташовуватись рядом, що призведе до аварійного стану МА3І.

При кодуванні гнізд магазина шпindelьна оправка з інструментом після завершення обробки відповідної поверхні заготовки повертається в те гніздо, де вона знаходилась до роботи. Таким чином, після завантаження магазина положення шпindelьних оправок з інструментом в ньому не змінюється на протязі усього часу обробки.

В ГВС, що створені на базі багатоцільових верстатів з автоматичною зміною інструмента, використовують системи автоматичного завантаження інструментальних магазинів верстатів із магазина-складу, який обслуговує всю систему. В таких випадках для підвищення надійності пошуку інструмента в магазині верстата здійснюється кодування як шпindelьних оправок, так і гнізд магазина. Пошук інструмента здійснюється по коду його шпindelьної оправки, код гнізда в магазині служить допоміжним елементом контролю правильності вибору інструментального блока.

Кодування шпindelьних оправок дозволяє слідкувати за рухом інструмента від складу до верстата та в зворотному напрямку. Така система дозволяє мати інформацію про місце знаходження інструмента, про ступінь його зношування та інше. Це дозволяє більш ефективно використовувати ресурс різальної частини інструмента.

Сьогодні відомо багато способів ідентифікації інструментальних блоків, до яких відносяться:

1) безкодове використання інструменту, коли пошук і ідентифікація його здійснюється по номеру гнізда магазина, з яке інструментальний блок встановлюється при налагодженні обладнання. Для цього способу характерним є те, що повністю відсутня інформація про самий інструмент.

2) кодування оправок під інструмент набором кодових кілець на її хвостовику. Цей спосіб металоемкий, кодування затратне, малоінформативне, але можливе машинне зчитування [31];

3) кодування змінним кодовим ключем, що має кодові виступи. Ключ при налагодженні інструмента вставляється в відповідне гніздо шпindelьної оправки і, таким чином, потім можливо ідентифікувати інструментальний блок. Цей спосіб металоемкий, малоефективний, але можливе машинне зчитування коду;

4) маркування інструмента постійним цифровим кодом шляхом нанесення букв, цифр фарбуванням або лазером. Спосіб простий, але неможливе зчитування і зміна нанесеної інформації;

5) кодування наклейками (етикетками). Спосіб простий, але недостатньо надійний при використанні, і ричому машинне зчитування можливе тільки на площині.

При різкому зростанні інструментальних потоків в сучасному автоматичному виробництві розглянуті вище схеми уже не задовольняють вимогам, наведеним раніше. Тому на зміну їм прийшли електронні системи розпізнання.

В якості носіїв інформації використовується чіп, який явля собою циліндричну вставку 1 діаметром 12мм і висотою 8мм, яка вставляється в корпус шпindelь-

льної оправки 3 (рис. 6.2).

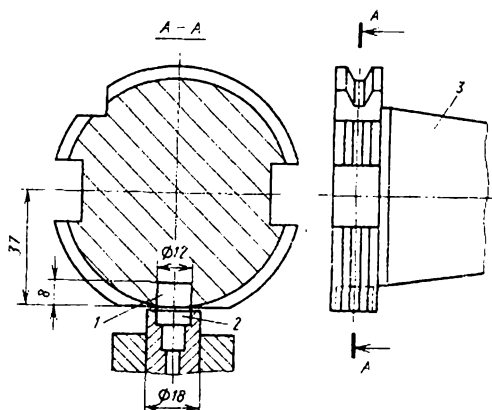


Рисунок 6.2 - Схема кодування шпиндельної оправки

Система включає також зчитувально-записувальну головку 2 та пристрій управління. На носії інформації можливо записувати номер інструмента, величину корекції, дані стійкості, а також інформацію з технологічних параметрів, дані про оброблювану заготовку, тощо. Обсяг такої інформації може складати до 128 біт.

Після повернення інструмента на склад для його підготовки до подальшого використання програмуються причини його заміни: зношування, поломка, планове повернення.

Основою системи компактних конструкцій чіпів, показаних на рис. 6.3, є кодовий електронний датчик – чіп з захищеною пам'яттю. В ньому може бути записаний і переписаний неоіпоразово великий об'єм інформації.

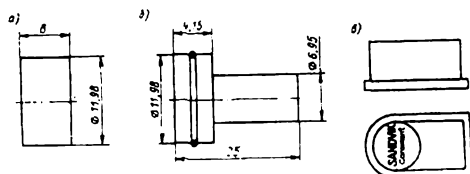


Рисунок 6.3 - Зовнішній вигляд електронних кодових датчиків:
а - циліндричний; б - з штирем; в - фігурний.

6.3 Організація інструментального забезпечення ГВС «Короплай»

6.3.1 Структур: інструментального забезпечення «Короплай»

В процесі підготовки гнучкого автоматизованого виробництва та його функціонування доводиться мати багато допоміжних структур, які повинні забезпечувати безперебійну роботу всієї ГВС.

Системний аналіз існуючих підсистем такого типу показує, що їх структура, перш за все, характеризується рівнем автоматизації виробництва, який визначається технічним рівнем оброблюваної продукції. При високому рівні автоматизації система інструментального забезпечення у загальному вигляді складається з таких умовних структурних одиниць: набору фізичних носіїв різального та допоміжного інструменту; набору програм керування; інформаційного забезпечення про характеристики інструменту, який є в наявності; системи проектування інструментальних наладок та спеціальних інструментів; системи обліку і планування постачання інструменту; пристроїв налагодження інструмента на розмір; системи діагностування стану різального інструмента; способів прогнозування стійкості інструмента, фіксування його остаточного періоду стійкості та критичного зношування; автоматичної системи заміни інструмента в магазині; дільниць по реставрації інструментів.

Система інструментального забезпечення органічно пов'язана з усіма виробничими циклами: розробкою технологічного процесу, підготовкою технологічного оснащення; налагодженням обладнання, управлінням якістю продукції та інше. Із сучасних структур інструментального забезпечення найбільш досконалою є комплексна система інструментального забезпечення «Короплан» шведського концерну «Сандвик» [17]. Система побудована по замкнутому циклу з взаємопов'язаних функціонально визначених дільниць на базі загального програмно-математичного забезпечення (рис. 6.4).

Модульний принцип побудови інструмента дозволяє використовувати її в різних сполученнях. Кожний інструментальний блок оснащується кодовими датчиками, на які за допомогою спеціальних пристроїв в відповідних зонах записується необхідна інформація. Таким чином, в межах всієї системи інструмент є носієм інформації відносно його характеристики, структури технологічного процесу, обладнання та інше.

Головними структурними складовими організаційної системи інструментального забезпечення, які замкнуті в єдине технологічне кільце, є зони планування, зберігання, підготовки, настроювання, транспортування інструмента, а також зони очікування і автоматичного налагоджування, використання його роботи та діагностування. Після чого здійснюється демонтаж інструмента, його відновлення та планування подальшого використання.

Демонтований з верстата інструмент проходить зону (А) очищення та промивання від бруду і подається на перевірку. Тут після розпізнання інструмента і порівняння з фактичними даними та вихідними параметрами приймається рішення про його подальшого використання. Зношений інструмент переточують або замінюють різальні вставки. Придатний для використання інструмент передають на центральний інструментальний склад (Б), де він реєструється і зберігається. Вся інформація про інструмент, яка використовується в процесі розробки технологічного процесу і управляючих програм для верстатів з ЧПУ, зберігається на складі (Б). Тут вирішуються питання використання нових інструментів та планується поповнення запасу.

Наступним етапом інструментального потоку є видача інструмента зі складу, його реєстрація і транспортування на дільницю попередньої комплектації та

монтажу допоміжних інструментів (зона В). Після цього різальний інструмент разом з допоміжним складають в інструментальний блок, який передається в зону налагодження (Г), де інструмент вимірюється і налагоджується на необхідний розмір. Зібрані та налагоджені на розмір інструментальні блоки проходять повний кінцевий контроль, розпізнаються і кодуються. В кодові датчики вводяться всі необхідні дані для раціональної експлуатації інструмента. Ці дані передаються на центральну ЕОМ, яка управляє всім технологічним комплексом.

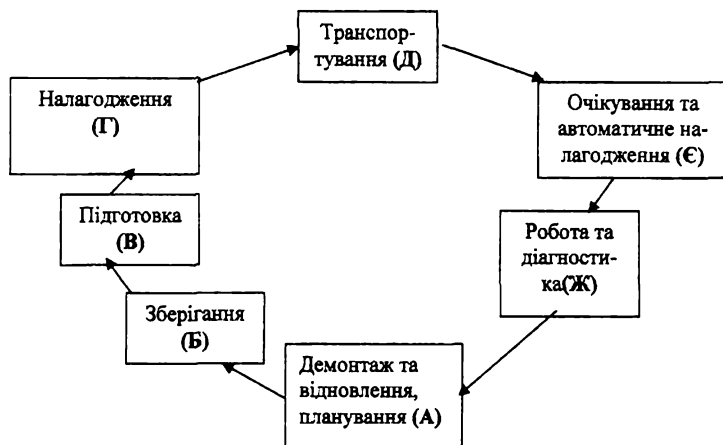


Рисунок 6.4 - Структура інструментозабезпечення «Короплан»

Іноді зона підготовки (В) та зона настроювання об'єднуються в одну дільницю. Якщо верстат оснащується декількома інструментальними магазинами або револьверними головками, то їх підготовка до роботи та монтаж інструментальних блоків здійснюється також на цій дільниці.

Транспортування повністю підготовлених інструментальних блоків до інструментальних магазинів здійснюється за допомогою роботизованих візків. Установка інструментальних блоків в гнізда магазинів здійснюється в залежності від рівня автоматизації вручну або автоматично.

6.3.2 Інструментальні модулі та їх функції в системі інструментального забезпечення

Основним фігурантом системи інструментального забезпечення є інструментальний блок (рис.6.5), який складається з таких модулів: різальної вставки з вузлом кріплення (рис. 6.5,а) та мініатюрного електронного кодового датчика (рис. 6.5,б). Цей датчик встановлюється зверху вузла кріплення різальної вставки. Фактичні відомості про інструмент записуються в кодовому датчику при вимірюванні параметрів різальної вставки та всього інструментального блоку при його налагодженні в зоні (Г). Кодовий датчик не потребує допоміжного джерела енергії при запису інформації. В кодовому датчику для передачі інформації використову-

ється напівпровідниковий криштал (чіп) з електронною пам'яттю, яка може стиратись. Наявність в кожному інструментальному блоці необхідної технологічної інформації забезпечує повний обмін нею між окремими підрозділами, які входять до складу системи інструментозабезпечення.

Носій інформації, криштал, встановлюється в заглибленні пластикової вставки, заливається епоксидною смолою та закривається кришкою з п'ятьма отворами. Через ці отвори штирки з головкою для зчитування і запису контактують з кришталем при обміні інформацією.

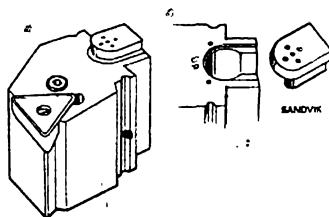


Рисунок 6.5 - Інструментальний блок:
а - різальна вставка; б - датчик

Загальна місткість кодового датчика складає 1024 біт. Це дає можливість записувати та зберігати в пам'яті датчика до 256 символів – чисел від 0 до 9, ком, знаків «+» і «-». При використанні двійково-десятькового коду можливо записати необхідну інформацію. Її збереження забезпечується при температурі до 125°C, а процес зчитування при температурі до 85°C.

Криштал датчика дозволяє виконувати 10000 циклів записів, при цьому частина інформації може залишатись незмінною і використовуватись на протязі всього періоду функціонування датчика.

В загальному випадку до датчика може заноситись така інформація:

- ідентифікаційний номер інструментального блоку;
- кодовий номер інструмента в управляючій програмі для відповідного верстата;
- позиція револьверної головки чи гнізда інструментального магазину;
- задані режими різання і схема обробки;
- тип різальної вставк і;
- фактичні і розрахункові розміри, що визначають положення різальної кромки відносно базових поверхонь;
- заданий період стійкості різальної вставки;
- статичні дані про інструмент (сумарний час різання, запас стійкості, причина виходу з ладу).

Таким чином, кожний інструмент є носієм інформації, яка переміщується разом з ним по всіх виробничих зонах, чітко ідентифікує кожний інструмент без всяких збурень як на робочих позиціях, так і в зоні управління та планування.

6.3.3 Зберігання та складання інструмента

Складання та зберігання інструментальних блоків в системі «КОРОПЛАН» здійснюється в відповідності з їх функціональними можливостями. Інструмент комплектується по типу і призначенню в спеціальних типових касетах, де утримується в спеціальних держателях (рис. 6.6, а, г). Вони використовуються на всіх етапах зберігання, маніпулювання і транспортування інструментальних блоків після їх зняття з верстата. Касета є базовим компонентом системи і відповідає формі всіх елементів, що зберігаються та транспортуються.

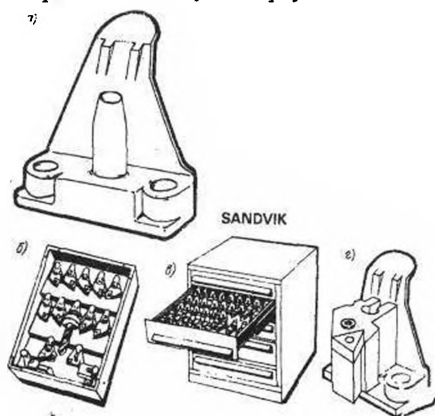


Рисунок 6.6 - Зберігання інструментальних блоків:

а - держатель для осьових інструментів; б - типова касета; в - спеціальна тумба;
г - держатель для різцевих блоків

Касети можуть бути виконані у вигляді палет (рис. 6.6,б), ящиків, тумбочок (рис. 6.6,в) та інше. Для всіх розмірів осьових інструментів та різцевих блоків використовуються касети одного типу. Касети бувають двох кольорів: зеленого і червоного.

6.3.4 Монтаж і налагодження інструмента

Із зони зберігання (складу) інструмент в відповідності з картою комплектації поступає в зону монтажу. Дільниця зони монтажу укомплектована автоматизованою вимірювальною машиною, на якій здійснюється повний контроль інструментальних блоків. Оператор заміряє положення різальних кромки відносно базових поверхонь, а також інші параметри інструментального блока, необхідні для його встановлення на верстаті чи в інструментальному магазині. Всі дані вводяться в комп'ютер вимірювальної машини за допомогою пульта 3 (рис. 6.7). Для нового інструментального блока 8 в відповідності з картою 4, яка є в оператора, в комп'ютер пульта вводиться вся інформація про інструментальний блок, наприклад, базовий код (ідентифікаційний) різальної пластини, номер верстата і номер позиції інструментального магазину, заданий період стійкості та інше. Після вводу оператор перевіряє всі дані на екрані дисплея 2 вимірювальної машини, а потім

вводить їх в кодовий електронний датчик 7 за допомогою спеціальної записуючої системи 6, яка пов'язана через інтерфейс 5 з вимірювальною машиною 1 (рис. 6.7).

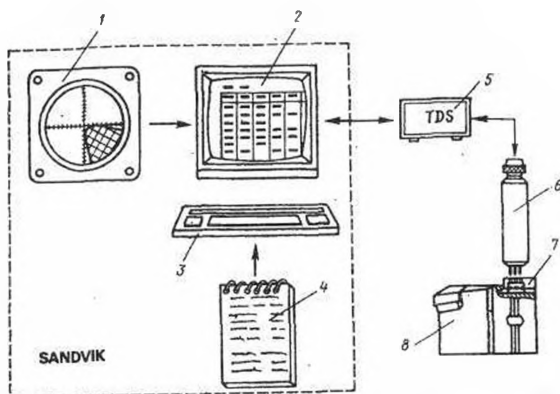


Рисунок 6.7 - Схема виводу інформації з вимірювальної машини в кодовий датчик при його кодуванні:

1 – вимірювальна система; 2 – дисплей; 3 – пульт вводу даних; 4 – задана інформація про інструмент; 5 – інтерфейс системи вводу; 6 – зчитувально-записуюча головка; 7 – кодовий датчик; 8 – інструментальний блок

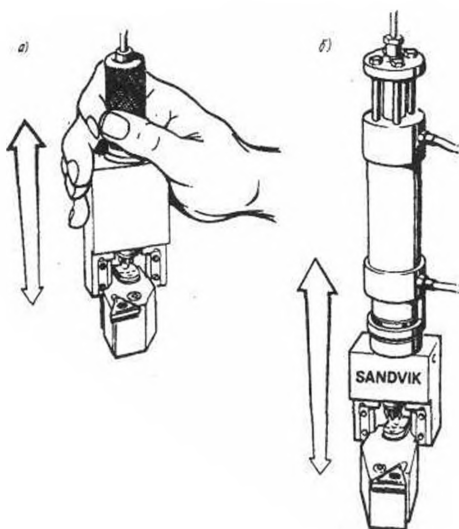


Рисунок 6.8 - Способи установки адаптера на інструментальний блок:

а – вручну; б – за допомогою пневматичного рушія в автоматичному режимі

В залежності від будови вимірювальної машини установка адаптера для запису на інструментальний блок може здійснюватися вручну (рис. 6.8,а), за допомогою пневматичного або гідравлічного пристрою (рис. 6.8,б). В останньому випадку адаптер з головкою змонтований на штоку пневматичного чи гідравлічного рушія і включається в роботу по сигналу пристрою.

Система є достатньо гнучкою і може бути використана окремими модулями, що дозволяє втручання оператора для зміни вихідних програм, здійснення окремих процедур, оперативного контролю та інше на всіх етапах процесу.

На практиці використовують різні конструкції адаптерів в залежності від виду і конструкції інструментальних блоків. Особливої уваги заслуговують автоматичні вимірювальні машини, в яких процес контролю, виміру інструмента та його кодування повністю автоматизовані. Подача інструмента в зону виміру також автоматизована за допомогою робота. Після завантаження інструмент розпізнається, і інформація подається на ЕОМ, яка визначає схему його контролю та відправляє на контрольну позицію. Після завершення процесу контролю, яким керує ЕОМ, інструмент поступає на вихідну позицію, яка може бути суміщена з вхідною позицією, де до кодового датчика інструмента приєднується зчитуючий-записуючий пристрій, куди записуються всі отримані дані. Далі інструмент за допомогою робота передається в інструментальний магазин.

6.3.5 Комплектація інструментальних блоків та їх транспортування в інструментальний магазин

Підготовлені і заміряні інструментальні блоки після вимірювальної машини та запису на них відповідної інформації комплектуються в спеціальні інструментальні магазини дискового або барабанного типу. Під час комплектації здійснюється перевірка розміщення інструментальних блоків в гніздах магазину. Ця процедура спрощується завдяки тому, що захватний пристрій, яким монтується інструментальний блок, суміщений з адаптером. Після комплектування інструментальні магазини спеціальними автоматизованими візками доставляються до верстатів, де їх установлюють замість магазинів, що вже відпрацювали. Заміна магазинів може здійснюватися як автоматично, так і вручну. Магазини є взаємозамінними. Тому можуть бути встановлені на інші верстати з подібною компоновкою.

На рис. 6.9 показана схема установки дискового магазину 7 на токарному верстаті. Магазин встановлюється на спеціальній стійці 6. В автоматичному виробництві верстат оснащується порталним роботом 5, який здійснює як заміну магазину, так і заміну інструмента в револьверній головці 3. Адаптери для зчитування-запису інформації можуть бути встановлені на захватному пристрої, або окремо (позиція 8). По команді системи ЧПУ верстата револьверна головка підводиться до дискового магазину, і здійснюється заміна інструмента за допомогою двохпелечевого робота. Інструмент, який відпрацював, встановлюється в вільне гніздо магазину.

При установці нових інструментальних блоків як в револьверну головку, так і в інструментальний магазин, відбувається зчитування інформації з їх кодових датчиків і передача її в систему ЧПУ для подальшого використання. У кодові датчики інструментальних блоків, що відпрацювали, вноситься технологічна інфор-

мація з системи ЧПУ відносно їх зношування та інше.

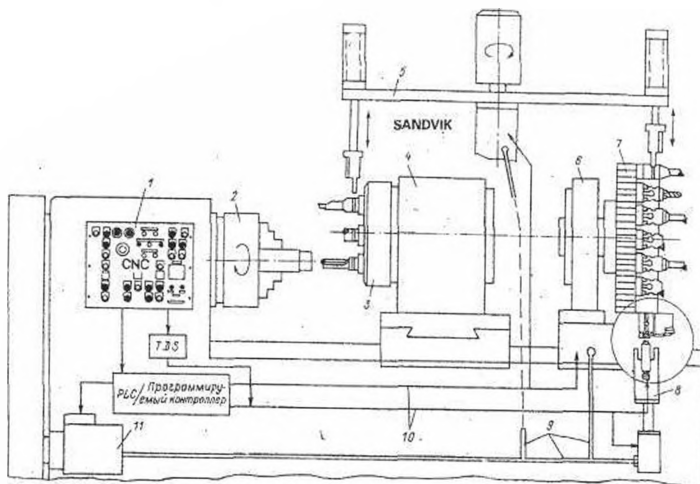


Рисунок 6.9 - Схема токарного верстата з дисковим інструментальним магазином: 1 – пульт ЧПУ; 2 – патрон; 3 – револьверна головка; 4 – стійка револьверної головки; 5 – автооператор заміни інструмента; 6 – стійка магазину; 7 – дисковий магазин; 8 – адаптер читування я-запису інформації; 9 – гідрорушій; 10 – лінії управління і передачі інформації; 11 – силова гідростанція

Використання інструментальних магазинів барабанного (циліндричного) типу для токарних верстатів дозволяє значно збільшити час роботи токарних модулів в автоматичному режимі за рахунок більшої місткості магазинів даного типу.

6.4 Система діагностики

Принципова схема обміну інформацією системою ЧПУ верстата про інструмент, що встановлений в інструментальній магазині, і системою діагностики показана на рис. 6.10.

Інструмент 4, що був встановлений в інструментальний магазин 6, обмінюється відповідною технологічною інформацією з системою ЧПУ, яка необхідна для керування ходом технологічного процесу. Для цього до інструментального блоку 4 на відповідній позиції автоматично підводиться адаптер з голозкою 5, зчитує необхідну інформацію і передає її через інтерфейс 2 інструментальної діалогової системи в систему ЧПУ.

Сюди поступають дані з інструментального блоку, необхідні для корекції координат, що визначають його положення, допустимий час роботи, допустимі навантаження та інша технологічна інформація.

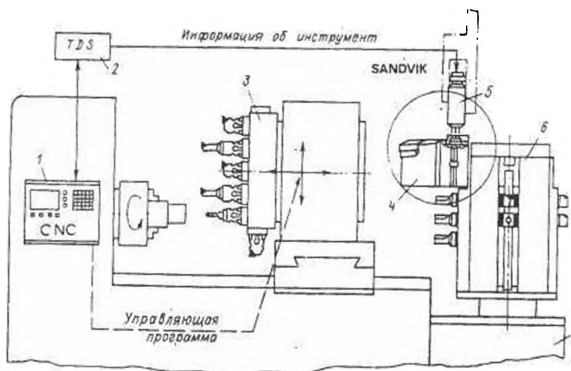


Рисунок 6.10 - Принципова схема обміну інформацією між інструментом і системою ЧПУ та діагностики робочого процесу:

1 – ЧПУ; 2 – інтерфейс інструментальної діалогової системи; 3 – револьверна головка; 4 – інструментальний блок; 5 – зчитувально-записуюча головка барабанного типу; 6 – магазин; 7 – станина

Система діагностики «Короплан» ґрунтується на використанні на кожному верстаті системи датчиків і комп'ютерного прибору ТМ 2000, який дозволяє вести контроль процесу обробки по чотирьох параметрах. Датчик для контролю осьової сили P_0 встановлюється в плиті револьверної головки 3. Аналогічний датчик для контролю крутного моменту M_k встановлюється в шпиндельному вузлі верстата.

Управління процесом обробки здійснюється на основі базових сигналів, які визначаються зміною амплітуди параметрів, що контролюються. Ріст силових параметрів говорить про те, що інструмент зношений і необхідна його заміна. Одночасний контроль двох параметрах (P_0 і M_k) дозволяє вчасно виконати заміну інструмента.

6.5 Організація планування і управління в системі «Короплан»

Технологія сучасного виробництва пов'язана з підготовкою управляючих програм для роботи обладнання з ЧПУ. Система «Короплан» забезпечує зберігання в ЕОМ всіх технологічних даних про обладнання, необхідних для реалізації технологічного процесу, номенклатуру різального та допоміжного інструменту, його оптимальну кількість, пристрої для закріплення заготовок, геометрію інструмента та режими заточування, нормативну та розрахункову стійкість інструменту, час заміни інструмента, оптимальні варіанти інструментальних наладок, час обробки деталей, тощо.

Зона планування і управління є центральною в системі «Короплан». Тут розташована головна управляюча ЕОМ, за допомогою якої здійснюється координація роботи всієї системи. В ЕОМ розміщена головна база даних, необхідних для розробки технологічного процесу обробки заготовки по заданому ескізу дета-

лі.

Система інструментального забезпечення є досить складною і розгалуженою системою. Вона складається із 4 основних масивів: 1 - інструмента, що знаходиться при обладнанні; 2 - інструмента, що знаходиться на складі (на місці попередньої підготовки); 3 - підготовленого інструмента, який знаходиться між складом і верстатом для комплектації і контролю; 4 - інструмента, що знаходиться в процесі транспортування.

Переміщення інструменту між зонами здійснюється транспортними засобами з використанням інструментальних палет або магазинів, що і визначає матеріальні потоки.

Чітке управління такими великими інструментальними потоками і об'ємним інформаційним забезпеченням від головної ЕОМ є занадто складним. Тому система «Короплан» використовує двоступінчате управління, в якому все оперативне управління по зонам покладено на периферійні ЕОМ (персональні комп'ютери). Загальне планування і управління периферійним ЕОМ покладено на центральну ЕОМ.

Розвинута периферійна комп'ютерна система «Короплан» дозволяє на всіх етапах роботи чітко документувати отримані рішення з виводом інформації на всі відомі види програмноносіїв. Так, по кожній операції можливо розпечатати дані за такою структурою: загальні дані; перелік переходів; дані про всі інструментальні блоки; режими обробки на кожний інструмент; послідовність використання інструментів в операції; рекомендації по налагодженню інструментів на кожний перехід; собівартість обробки заданої партії деталей; дані терміну роботи кожного інструменту; час простоювання; час заміни інструментів; розрахункову стійкість.

Питання для самоконтролю до розділу 6

1. Як впливає кількість інструментів в магазині на долю підготовчо-заключного часу в штучному?
2. Скількома інструментальними магазинами може бути укомплектований ГВМ?
3. Чим характеризується перший тип системи інструментального забезпечення ГВС?
4. Яка особливість другого типу СІЗ?
5. Як впливає рівень автоматизації ГВМ на місткість інструментального магазину?
6. За розрахунок яких факторів можливо зменшити місткість інструментальних магазинів?
7. За рахунок чого можливо зменшити витрати часу на допоміжні переміщення інструменту при багатопозиційній обробці?
8. Для чого відбувається кодування шпиндельних оправок та гнізд інструментальних магазинів?
9. Які недоліки виникають при кодуванні шпиндельних оправок?
10. Яким критеріям повинна відповідати система впізнавання інструментальних блоків?

11. Які дані про інструмент заносяться в чіпи інструментальних блоків?
12. Які форми бувають у електронних кодових датчиків?
13. Які, крім електронних датчиків, існують способи ідентифікації інструментальних блоків?
14. Яку структуру має система інструментозабезпечення «Короплан»?
15. Які складові частини (модулі) має різальний блок в системі «Короплан»?
16. Яка інформація заносяться до датчика?
17. Як організоване зберігання інструментальних блоків в системі «Короплан»?
18. Як може здійснюватися введення інформації до датчиків інструментальних блоків?
19. Принципи комплектації, установки та транспортування інструментальних блоків.
20. За допомогою чого відбувається переміщення інструмента на токарному верстаті?
21. Як здійснюється обмін інформацією між інструментом і системою ЧПУ при діагностуванні робочого процесу на токарному модулі?

СПИСОК ПОСИЛАТЬ

1. Аверьянов О.И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.
2. Автоматизация процессов машиностроения. Учебное пособие для машиностроительных вузов/ Я Бурда, В. Гановски, В.С. Вахман и др. Под ред. А.И. Дашенко. М.: Высш. шк. 1991. – 480 с.
3. Активный контроль размеров/ С.С. Волосов, М.Л. Шдайфер, В.Я. Рюмки и др. Под ред. Волосова С.С. М.: Машиностроение. 1984. – 224 с.
4. Бессольцев А.М., Покаксюк В.Н. Гибкие производственные системы на базе обрабатывающих центров. М.: 1984. – 88 с.
5. Вальков В.М. Контроль в ГАП. Л.: Машиностроение. 1986. – 232 с.
6. Вальков В.М., Вершин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. М.: Политехника. 1991. – 269 с.
7. Васильев В.Н., Садовская Т.Г. Организационно-экономические основы гибкого производства. М.: Высш. шк. 1988. – 272 с.
8. Васильев Г.Н. Автоматизация проектирования металлорежущих станков. М.: Машиностроение. 1987. – 280 с.
9. Власов С.Н., Годович Г.М., Черпаков Б.И. Устройство, наладка и обслуживание металлообрабатывающих станков и автоматических линий. М.: Машиностроение, 1995. – 464 с.
10. Воронцов А.Н., Корндорф С.Ф. Приборы автоматического контроля размеров в машиностроении. М.: Машиностроение, 1988. – 280 с.
11. Врагов Ю.Д. Анализ компоновок металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1978. – 208 с.
12. Дж. Пильдич Путь к покупателю/ Перевод с англ. М.: Прогресс, 1991. – 256 с.
13. Драгун А.П. Вспомогательный инструмент для товарно-винторезных станков. Л.: Машиностроение, 1979. – 192 с.
14. Зависляк Н.Н. Современные приспособления к металлорежущим станкам. Л.: Машиностроение, 1967. – 260 с.
15. Иванов А.А. Гибкие производственные системы в приборостроении. М.: Машиностроение, 1988. – 304 с.
16. Иванченко Ф.К. Конструкция и расчет подъемно-транспортных машин.: Учебник для вузов. Киев: Высш. шк., 1983. – 351 с.
17. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС/ И.А. Фадюшин, Я.А. Музыкант, А.И. Мецерыков и др. М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
18. Инструментальные системы автоматизированного производства: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов/ Р.И. Гжиров, В.А. Гречишников, В.П. Логашев и др. СПб: Политехника, 1993. – 399 с.
19. Колка И.А., Кувишинский В.В. Многооперационные станки. М.: Машиностроение, 1983. – 136 с.
20. Корниенко А.А., Левина З.М. Совершенствование автоматической смены инструментов на основе исследований их динамики// Станки и инструмент. 1979. №3 с. 13-15.
21. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983. – 273 с.

22. Кузнецов Ю.Н. Станки с ЧПУ: Учебное пособие. К.: Виш. шк., 1991. – 278 с.
23. Кузнецов Ю.Н., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник. М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
24. Кузнецов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина II. К. – Тернопіль: Тов “ЗМОК”-ПП “Гнозис”, 2001. – 298 с.
25. Кузнецов Ю.М. Верстати-автомати та автоматичні лінії. – Частина I. К. – Тернопіль: Тов “ЗМОК”-ПП “Гнозис”, 2001. – 198 с.
26. Лурье Г.Б. Наладка и подналадка режущего инструмента на размер. М.: Высш. шк., 1981. – 80 с.
27. Малишко І.О. Шляхи створення конкурентноздатної продукції машинобудування// Донецький вісник наукового товариства ім. Шевченка. Донецьк, 2003. Т 3 с. – 91-97.
28. Малышко И.А. Осевые комбинированные инструменты (Рекомендации по проектированию и эксплуатации). Донецк: ПКТИ, 1996. 134 с.
29. Малышко И.А., Толстов С.Л. Аксютин В.А. Повышение эффективности использования многооперационных станков/ Материалы конференции. Свердловск. 1988.
30. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов. Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 516 с.
31. Модзелевский А.А., Соловьев А.В., Лонг В.А. Многооперационные станки. М.: Машиностроение, 1981. – 216 с.
32. Найда Г.М. Чичканов Б.И. Оценка гибкости автоматизированных производств// Электронная промышленность, 1985. №4-5. – с. 26-27.
33. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. Т.2/ А.С. Пронников, Е.И. Борисов, В.В. Бушуев и др. Под общ. ред. А.С. Пронникова. – М.: МГТУ им. Баумана, 1995. – 320 с.
34. Пуш В.Э., Пигерт Р., Сосонкин В.А. Автоматические станочные системы. М.: Машиностроение, 1982. – 319 с.
35. Рациональная эксплуатация инструмента и инструментообеспечения многоцелевых станков с ЧПУ: Методические рекомендации ГПСКТБ «Оргприминструмент». М.: ВНИИТЕМП, 1989. – 52 с.
36. Справочник конструктора инструментальщика/ Под общ. ред. В.И. Баранчикова. М.: Машиностроение, 1994. – 560 с.
37. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х Т./ Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, 1985. – 665 с.
38. Станки с числовым программным управлением/ В.А. Лещенко, Н.А. Богданов, И.В. Вайштейн и др. Под общ. ред. В.А. Лещенко. М.: Машиностроение, 1988. – 568 с.
39. Станочное оборудование гибких производственных систем: Справочное пособие/ Е.С. Пуховой, А.Б. Кукари, И.В. Вовченко, Г.С. Грачев. К.: Техніка, 1990. – 175 с.
40. Українська радянська енциклопедія. Т.1. К.: Головна редакція енциклопедій, 1977. – 544 с.
41. Фальдштейн Е.Э. Режущий инструмент и оснастка станков с ЧПУ. М.: Высш. шк., 1988. – 336 с.

42. Черпаков Е.И. и др. Гибкие производственные системы массового и крупносерийного производства. М.: НИИМаш, 1984. – 56 с.
43. Шаумян Г.А. Автоматы и автоматические линии. М.: Машгиз, 1961. – 552 с.
44. Эксплуатация многоцелевых станков/ И.Г. Федоренко, И.С. Шур, В.Н. Давигора и др. Под общ. ред. В.А. Федорца – К.: Техника, 1988. – 176 с.



Малишко Іван Олександрович, доктор технічних наук, професор кафедри "Металорізальні верстати та інструменти" Донецького національного технічного університету. Закінчив у 1963 році Запорізький машинобудівельний інститут за спеціальністю "Технологія машинобудування, металорізальні верстати та інструменти", інженер-механік. У 1980 році захистив кандидатську дисертацію в КПІ, а в 1996 році - докторську дисертацію в КПІ.

Наукові інтереси: проектування металорізальних інструментів та систем інструментального забезпечення гнучких виробничих систем.



Кисельова Ірина Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри "Металорізальні верстати та інструменти" Донецького національного технічного університету. Закінчила в 1978 році Донецький політехнічний інститут за спеціальністю "Технологія машинобудування, металорізальні верстати та інструменти", інженер-механік. У 1987 році захистила кандидатську дисертацію у ДПІ.