

*А.І. Боровик*

# ТЕХНОЛОГІЧНА ОСНАСТКА

## МЕХАНОСКЛАДАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА



КОНДОР

**ББК 30.605я73**

**УДК 621.7.073 (075.8)**

**Б 83**

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
як підручник для студентів вищих навчальних закладів  
(лист Міністерства освіти і науки України  
від 22.01. 2007 р. № 1.4/18-Г-104 )*

### **Рецензенти:**

Крижанівський В.А. – доктор технічних наук, професор  
(Кіровоградський національний технічний університет);  
Биков В.І. – доктор технічних наук, професор  
(Черкаський державний технологічний університет).

Боровик А.І.

Технологічна оснастка механоскладального виробництва:

**Б 83** Підручник. – К.: «Кондор», 2008. – 726 с.

**ISBN 978-966-351-103-0**

У підручнику викладено призначення, класифікація та загальні вимоги до пристроїв; конструктивні елементи, складальні одиниці пристроїв; типові схеми встановлення запобіжників і установочні елементи; затискні механізми та їх розрахунок, механізовані приводи; напрямні, налагоджувальні та дільні пристосування пристроїв; приклади пристроїв для токарних, шліфувальних, свердильних, фрезерних, зубооброблювальних та протяжних верстатів; особливості проектування та приклади пристроїв для верстатів з ЧПК, автоматизованого виробництва; складальних та контрольних пристроїв; розрахунки пристроїв на точність; методика техніко-економічного обґрунтування пристроїв механоскладального виробництва.

Для студентів вищих навчальних закладів машинобудівних спеціальностей, а також для інженерно-технологічних робітників машинобудівних підприємств.

**ББК 30.605я73**

**УДК 621.7.073 (075.8)**

**ISBN 978-966-351-103-0**

© А.І. Боровик, 2005

© «Кондор», 2005

## Зміст

<b>Вступ</b>		8
Методичні рекомендації студентам і викладачам.....		10
<b>Призначення, класифікація, загальні вимоги, нормалізація та стандартизація технологічної оснастки</b>		
<b>Тема 1.</b>		
1.1. Призначення пристроїв.....		13
1.2. Класифікація пристроїв.....		13
1.3. Загальні вимоги до пристроїв .....		15
1.4. Нормалізація та стандартизація технологічного оснащення .....		15
<b>Запитання для самоконтролю .....</b>		<b>16</b>
<b>Встановлення заготовок у пристрої та устаночні елементи пристроїв, принципова схема пристрою</b>		
<b>Тема 2.</b>		
2.1. Основні принципи встановлення заготовок у пристрої.....		17
2.2. Встановлення заготовок на площину.....		20
2.3. Встановлення заготовок на зовнішню циліндричну поверхню та перпендикулярну до її осі площину....		26
2.4. Встановлення заготовок на внутрішню циліндричну поверхню та перпендикулярну до її осі площину....		33
2.5. Встановлення заготовок на центрові гнізда та конічні фаски.....		37
2.6. Встановлення заготовок на два циліндричних отвори з паралельними осями та перпендикулярну до них площину .....		40
2.7. Принципова схема пристрою .....		48
<b>Запитання для самоконтролю .....</b>		<b>50</b>
<b>Затискні механізми верстатних пристроїв та їх розрахунок</b>		
<b>Тема 3.</b>		
3.1. Загальні відомості .....		51
3.2. Послідовність виконання силових розрахунків пристроїв.....		52

	3.3. Розрахунок потрібних сил закріплення заготовок	55
	3.4. Призначення, класифікація та вимоги до затискачів	68
	3.5. Прості затискачі	71
	3.6. Багатоланкові затискачі	112
	3.7. Установчо-затискні механізми пристроїв	116
	3.8. Силкові приводи пристроїв	163
	3.9. Приклади розрахунків сил закріплення та затискачів	193
	<b>Запитання для самоконтролю</b>	<b>203</b>
<b>Тема 4.</b>	<b>Елементи пристроїв для напрямлення та визначення положення інструментів.</b>	<b>204</b>
	Ділильні механізми та корпуси пристроїв	
	Запитання для самоконтролю	232
<b>Тема 5.</b>	<b>Пристрої для токарних та шліфувальних центрових верстатів</b>	
	5.1. Типи пристроїв	234
	5.2. Кінці шпинделів токарних верстатів	235
	5.3. Пристрої першої групи	237
	5.4. Пристрої другої групи	260
	5.5. Пристрої третьої групи	281
	5.6. Інші пристрої (допоміжний інструмент)	286
	<b>Запитання для самоконтролю</b>	<b>287</b>
<b>Тема 6.</b>	<b>Пристрої для свердлильних верстатів</b>	
	6.1. Характерні конструктивні особливості та види пристроїв для свердлильних верстатів	289
	6.2. Скальчасті кондуктори	291
	6.3. Стаціонарні пристрої	299
	6.4. Рухомі пристрої	305
	6.5. Поворотні пристрої	305
	6.6. Багатошпindelні та револьверні свердлильні головки	315
	6.7. Допоміжні інструменти	335
	<b>Запитання для самоконтролю</b>	<b>358</b>
<b>Тема 7.</b>	<b>Пристрої для фрезерних верстатів</b>	
	7.1. Особливості фрезерних пристроїв	361
	7.2. Машинні лещата	364
	7.3. Універсальні і групові пристрої	381

---

7.4. Ділильні пристрої та пристрої для безперервного фрезерування .....	390
7.5. Інші пристрої для фрезерних верстатів .....	407
<b>Запитання для самоконтролю .....</b>	<b>413</b>
<b>Тема 8. Пристрої для зубооброблювальних і протяжних верстатів</b>	
8.1. Пристрої для зубооброблювальних верстатів ...	415
8.2. Пристрої для протяжних верстатів .....	422
<b>Запитання для самоконтролю .....</b>	<b>437</b>
<b>Тема 9. Пристрої для верстатів з ЧПК</b>	
9.1. Загальні вимоги.....	439
9.2. Основні особливості оснащення, застосовуваного на верстатах із ЧПК .....	440
9.3. Особливості конструкції установчих елементів	442
9.4. Особливості конструкцій затискачів пристроїв	444
9.5 Пристрої для попереднього розмірного налагодження інструменту .....	446
9.6 Пристрої для зміни заготовок і пристроїв.....	451
9.7. Особливості конструкцій пристроїв до фрезерно-свердлильно-розточувальних верстатів і обробних центрів .....	454
9.8. Особливості конструкції допоміжного інструменту .....	456
<b>Запитання для самоконтролю .....</b>	<b>458</b>
<b>Тема 10. Пристрої для автоматизованого виробництва</b>	
10.1. Автоматизація пристроїв для універсального та спеціального обладнання .....	459
10.2. Пристрої для агрегатних верстатів та автоматичних ліній .....	474
<b>Запитання для самоконтролю .....</b>	<b>506</b>
<b>Тема 11. Складальні пристрої</b>	
11.1. Призначення та типи складальних пристроїв ..	508
11.2. Елементи складальних пристроїв .....	515
11.3. Специфіка конструювання спеціальних складальних пристроїв .....	517

11.4. Пристрої для зміни положення виробу при складанні .....	521
Запитання для самоконтролю .....	522

## **Тема 12. Контрольні пристрої**

12.1. Призначення та типи контрольно-вимірювальних пристроїв .....	523
12.2. Принципові схеми вимірювання, бази та установчі елементи .....	526
12.3. Передатні елементи контрольних пристроїв ....	547
12.4. Рухомі елементи .....	558
12.5. Затискні пристосування .....	568
12.6. Вимірювальні засоби .....	573
12.7 Приклади конструкцій контрольних пристроїв	600
Запитання для самоконтролю .....	607

## **Тема 13. Розрахунки верстатних пристроїв на точність обробки, та контрольних – на точність вимірювання**

13.1. Похибки, що пов'язані з верстатним пристроєм ...	609
13.2. Місце верстатного пристрою в загальному балансі точності обробки .....	612
13.3. Загальні положення методики розрахунків на точність верстатних пристроїв при їх проектуванні	616
13.4. Розрахунки при проектуванні верстатних пристроїв різних типів .....	620
13.5. Точнісні розрахунки контрольно-вимірювальних пристроїв .....	646
Запитання для самоконтролю .....	652

## **Тема 14. Методики проектування спеціальних пристроїв та їх техніко-економічне обґрунтування**

14.1 Методика проектування верстатних пристроїв	654
14.2 Етапи проектування складальних пристроїв .....	685
14.3 Методика проектування контрольних пристроїв	685
14.4 Техніко-економічне обґрунтування пристроїв ..	689
Запитання для самоконтролю .....	692

---

<b>Тема 15. Автоматизація проектування пристроїв</b>	
15.1. Загальні відомості про методику автоматизованого проектування пристроїв .....	694
15.2. Методика підготовки вхідної інформації .....	703
15.3. Інформаційна база автоматизованого проектування пристроїв .....	706
15.4. Автоматизація синтезу конструкцій .....	710
15.5. Автоматизація технологічної підготовки виробництва пристроїв (ТПВП) .....	733
15.6. Приклади програм на базі яких може функціонувати САПР-пристроїв .....	720
<b>Запитання для самоконтролю .....</b>	<b>724</b>
 Список літератури .....	 726

## Вступ

Технологічне оснащення в широкому розумінні – це додаткові допоміжні пристрої, які значною мірою розширюють функціональні можливості технологічного обладнання. Технологічне оснащення в машинобудуванні – це верстатні, складальні, контрольні пристрої та допоміжний робочий інструмент, що забезпечують взаємну орієнтацію, контроль положення та закріплення елементів технологічної системи при різних видах обробки. Найскладнішою та найтрудомісткою частиною технологічного оснащення в механоскладальному виробництві є верстатні пристрої, які застосовують для встановлення та закріплення заготовок з метою обробки на металорізальних верстатах.

Застосування пристроїв дає змогу усунути розмітку заготовок перед обробкою, підвищити їх точність, збільшити продуктивність праці на операції, знизити собівартість продукції, полегшити умови праці та забезпечити її безпеку, розширити технологічні можливості обладнання, організувати багатостатне обслуговування, застосувати технологічно обґрунтовані норми часу, зменшити кількість працівників, що залучаються до випуску продукції.

Часта зміна об'єктів виробництва, що пов'язано зі зростаючими темпами технологічного прогресу, потребує від технологічної науки та практики створення конструкцій і систем пристроїв, методів їх розрахунків, проєктування та виготовлення, які забезпечують скорочення термінів підготовки виробництва.

Наукові основи створення прогресивних конструкцій пристроїв вивчає дисципліна „Технологічна оснастка механоскладального виробництва”, яка розвиває та синтезує основні положення курсу „Основи технології машинобудування” щодо завдань конструювання пристроїв, вибору та обґрунтування прийнятих рішень. Предметом розглядуваної дисципліни є система знань і практичних навичок з вибору, проєктування та техніко-економічного обґрунтування технологічного оснащення для конкретних умов виробництва. При цьому основну увагу приділено розробці принципів і методик конструювання та розрахунків пристроїв.



Принципово нові вимоги, що висуваються до пристроїв, зумовлені розширенням парку верстатів із ЧПК, переналагодження яких на обробку нової заготовки зводиться до зміни програми (що займає небагато часу), а також до зміни чи переналагодження пристрою для базування та закріплення заготовки (що також повинно займати небагато часу).

У малосерійному та серійному виробництві також необхідно розв'язувати проблеми, пов'язані з використанням швидко переналагоджуваних та оборотних систем технологічного оснащення; ці проблеми насамперед пов'язані із забезпеченням необхідної точності.

Вивчення закономірностей впливу пристрою на точність та продуктивність виконуваних операцій дасть змогу проектувати пристрої, які сприятимуть інтенсифікації виробництва та підвищенню його точності.

Робота пов'язана з уніфікацією та стандартизацією елементів пристрою, створює основу для автоматизованого проектування пристроїв з використанням електронно-обчислювальної техніки та автоматів для графічного зображення. Це сприяє прискоренню технологічної підготовки виробництва.

## Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення:
  - технологічного оснащення;
  - пристрою;
  - верстатного пристрою;
  - допоміжного робочого інструменту.
2. Що дає застосування пристроїв?
3. Що є предметом дисципліни „Технологічна оснастка механо-складального виробництва”?
4. Основні напрямки розвитку створення прогресивних конструкцій пристроїв.

## Методичні рекомендації студентам і викладачам

Дисципліна „Технологічна оснастка механоскладального виробництва” передбачає спеціальну підготовку інженера-механіка з машинобудування. Курс читається в машинобудівних і політехнічних вищих навчальних закладах студентам спеціальностей 7.090202 „Технологія машинобудування”, 7.090203 „Металорізальні верстаки та системи” та 7.090204 „Інструментальне виробництво”. У результаті вивчення дисципліни студент має засвоїти принципи та методи конструювання технологічної оснастки й уміти аналізувати технологічні операції, для яких проектується технологічна оснастка; вміти визначати способи налагодження технологічної оснастки, а також основні та похідні розміри, відхилення та допуски положення елементів і поверхонь технологічної оснастки; виконувати точнісні та силові розрахунки при проектуванні пристроїв; розробляти креслення пристроїв; виконувати економічну оцінку застосування різних варіантів пристроїв.

Для вивчення курсу „Технологічна оснастка механоскладального виробництва” необхідні знання зі спеціальних дисциплін – „Технологія конструкційних матеріалів”, „Матеріалознавство”, „Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання”, „Теорія різання та різальні інструменти”, „Металорізальні верстати”, „Технологія машинобудування”, а також із загальноінженерних дисциплін – „Теоретична механіка”, „Теорія механізмів і машин”, „Гідравліка”, „Електротехніка” та ін.

Ефективно засвоїти пропоновану дисципліну можна лише при самостійному опрацюванню матеріалу програми.

Мета підручника – допомогти студентам і викладачам найефективніше засвоїти матеріал.

Досвід викладання курсу „Технологічна оснастка механоскладального виробництва” показав, що матеріал краще засвоюється при виконанні індивідуальних завдань і лабораторних робіт, тому крім аудиторних занять (лекцій та практичних) пропонується видавати домашні завдання та проводити лабораторні роботи, які повинні підтверджувати основні положення курсу і мати переважно дослідний характер.

Тематика наукових досліджень може бути такою: дослідження точності встановлення заготовок і деталей у пристроях, методики їх розрахунків, автоматизація розрахунку та конструювання пристроїв, економічне обґрунтування їх застосування та інші питання. Дослідження можуть мати експериментальний і розрахунково-аналітичний характер. Дослідження оформлюють у вигляді пояснювальної записки обсягом 15-20 сторінок.

Приблизний перелік лабораторних робіт:

1. Розрахунок та експериментальна перевірка сили закріплення заготовки у верстатному пристрої.
2. Дослідження чинників, що впливають на силу закріплення заготовок на магнітній плиті.
3. Розрахунок та експериментальна перевірка потрібного тиску в гідропластмасовій оправці для передавання заданого крутного моменту на оброблювану заготовку.
4. Експериментальні дослідження сили закріплення заготовок при використанні пневмоциліндрів і пневмокамер.
5. Дослідження похибки встановлення заготовок у пристроях різних типів.
6. Дослідження похибки базування заготовок при різних схемах встановлення.
7. Дослідження точності ділильних механізмів пристроїв різного типу.
8. Дослідження точності обробки отворів без напрямлення та з напрямленням інструменту по кондукторних втулках.
9. Практика застосування універсально-збірних пристроїв (УЗП) та універсально-налагоджувальних пристроїв (УНП).
10. Дослідження точності та продуктивності контрольних пристроїв.
11. Дослідження продуктивності складальних пристроїв.
12. Визначення економічної доцільності застосування пристроїв різного типу.

Мета індивідуальної самостійної роботи студентів – набути практичних навичок проектування пристроїв, а також самостійної роботи з навчальною та довідковою літературою, підготуватись до виконання курсового проекту.

---

**Методичні рекомендації студентам і викладачам**

---

Завдання виконують під час аудиторних занять, а також самостійно в позаурочний час.

Завдання студент має виконувати самостійно. Викладач вказує напрямок розв'язання завдання і роз'яснює лише моменти, які не розуміє студент.

У підручнику багато уваги приділено основам розрахунку та конструювання пристроїв; опис їх конструкцій наведений лише як приклад сучасних прогресивних рішень, а також для ілюстрування основних положень. Тому рекомендується під час проходження технологічної практики на підприємстві особливу увагу приділити вивченню конструкцій і методів встановлення та налагодження реальних пристроїв (як універсальних, так і спеціальних). Це буде підготовчим етапом до вивчення курсу „Технологічна оснастка механоскладального виробництва”.

При викладанні курсу необхідно показати, що завдання конструювання пристроїв випливає з більш загального завдання проектування технологічних процесів виготовлення виробу. Початкові дані та принципові рішення конструктор одержує від технолога, і отже, знання курсу „Технологічна оснастка механоскладального виробництва” однаковою мірою необхідне як конструктору, так і технологу.

Кожна тема підручника починається з викладу теоретичного матеріалу. А такі стрижневі питання, як точнісні та силові розрахунки, правила розробки конструкції пристрою, викладені у вигляді методик, створених на конкретних практичних прикладах.

Для полегшення засвоєння тематичного матеріалу наведено питання для самоконтролю.

Обов'язкові умови для ефективного вивчення курсу – розбір прикладів з розв'язаннями; розв'язання тематичних задач на практичних заняттях з тем, які потребують виконання розрахунків; виконання домашніх завдань та лабораторних робіт; самостійна робота, пов'язана з підготовкою відповідей на контрольні запитання.

Підручником доцільно користуватися при курсовому та дипломному проектуванні; як додатковий матеріал можна використовувати відповідні нормативні документи, довідники та монографії.

# ТЕМА

# 1

## Призначення, класифікація, загальні вимоги, нормалізація та стандартизація технологічної оснастки

### 1.1. Призначення пристроїв

Основне призначення верстатних пристроїв – встановлення та закріплення заготовки, яку обробляють на верстаті.

За допомогою пристрою досягається:

- підвищення продуктивності та точності обробки, складання та контролю;
- полегшення умов праці, зниження необхідної кваліфікації та зменшення кількості залучуваних працівників;
- точна регламентація тривалості виконуваних операцій;
- розширення технологічних можливостей обладнання;
- підвищення безпеки праці та зниження аварійності.

У разі використання пристроїв знижується собівартість продукції. Проте в кожному конкретному випадку доцільність застосування пристрою має підтверджуватись економічними розрахунками.

### 1.2. Класифікація пристроїв

За цільовим призначенням пристрої поділяють на групи.

1. Верстатні пристрої для встановлення та закріплення оброблюваних заготовок (токарні, свердлильні, фрезерні, для гнуття, рихтування та ін.).

2. Верстатні пристрої для встановлення та закріплення робочого інструменту (патрони для свердел, мітчиків, розверток; багатошпindelні свердлильні та фрезерні головки; інструментальні державки для токарно-револьверних верстатів та ін.). Пристрої цієї групи є допоміжним інструментом, який характеризується великою кількістю нормалізованих конструкцій.

За допомогою пристроїв зазначених щойно груп налагоджують технологічну систему верстат-заготовка-інструмент.

3. Складальні пристрої для з'єднування деталей у виробі:

- закріплення базових деталей складуваного виробу;
- забезпечення правильного встановлення з'єднаних елементів виробу;
- попереднього деформування пружних елементів, які встановлюються у складальну одиницю (пружини, розрізні кільця);
- запресування, клепання, розвальцювання та інших операцій, коли при складанні потребуються великі сили.

4. Контрольні пристрої для перевірки заготовок при проміжному та остаточному контролі деталей, а також при складанні машин.

5. Пристрої для захоплення, переміщення та перевертання важких, а у автоматизованому виробництві і легких складуваних заготовок, деталей та виробів.

За ступенем спеціалізації пристрої розподіляють на універсальні, переналагоджувальні та спеціальні:

1) універсальні пристрої застосовують в одиничному та мало-серійному виробництві. Вони бувають стандартними, які виготовляють у централізованому порядку (лепата, патрони, ділильні головки, поворотні столи, планшайби та ін.), і спеціальними.

2) переналагоджувані пристрої застосовують у мало- та середньо-серійному виробництві. До них належать:

- універсально-збірні (УЗП) та збірно-розбірні (ЗРП), які складаються з набору нормалізованих деталей і вузлів, що дають змогу багаторазово перекомпоновувати складувані конструкції;

- універсальні пристрої зі спеціальними налагодженнями (УНП);

- групові переналагоджувані для обробки певної групи деталей.

3) спеціальні пристрої, призначені для виконання певних технологічних операцій, і є не переналагоджуваними пристроями одноцільового призначення. Їх використовують у масовому виробництві.

За ступенем механізації та автоматизації пристрої поділяють на ручні, механізовані, напівавтоматичні та автоматичні.

### 1.3. Загальні вимоги до пристроїв

Конкретні вимоги до кожного пристрою формуються у технічному завданні на його проектування. Загальні вимоги до пристрою такі.

1. Забезпечення заданої точності. Це досягається добром відповідної конструкції та точності елементів, які визначають положення заготовки в пристрої та інструменту відносно пристрою; жорсткістю корпусу, яка гарантує незмінність положення пристрою та відсутність вібрацій; надійністю затискачів, які забезпечують незмінність положення деталі під час обробки; точністю встановлення пристрою на верстаті.

2. Забезпечення заданої продуктивності операції. Ця вимога задовольняється завдяки застосуванню механізованих та автоматизованих затискачів і силових приводів, автоматизації інших робочих заходів обслуговування пристрою.

3. Економічна доцільність. Витрати на проектування, виготовлення та експлуатацію пристрою мають окупатися за рахунок зниження собівартості виконуваних операцій.

4. Добра ремонтпридатність. Ця вимога забезпечується добром відповідної конструкції деталей, що швидко спрацьовуються, і способом їх закріплення на пристрої.

5. Зручність експлуатації, що забезпечується за рахунок зручності встановлення та знімання деталі, розміщення рукояток, легкості очищення від стружки, простоти встановлення пристрою на верстаті, відсутності дрібних частин, які можуть загубитись.

6. Полегшення умов праці робітника.

7. Безпечність роботи, що досягається завдяки застосуванню затискачів із самогальмівними ланками, а також спеціальних блокувальних механізмів, які забезпечують вимкнення верстата при раптовому розкріпленні заготовок.

### 1.4. Нормалізація та стандартизація технологічного оснащення

Технічний прогрес і ринкові відносини в економіці потребують частої зміни виготовлюваної продукції на нову, досконалішу. За таких умов потрібно прагнути до максимального скорочення часу на підготовку виробництва нових виробів і здешевлення їх.

Оскільки в загальних витратах на технологічну підготовку виробництва технологічне оснащення перевищує 80%, стає зрозумілим актуальність зниження витрат на нього.

Це вирішується нормалізацією та стандартизацією розмірів, деталей і вузлів технологічної оснастки, при цьому:

- скорочується номенклатура та збільшується кількість виготовлених деталей одного найменування та розміру;
- на етапі конструювання зменшуються обсяг, терміни, трудомісткість і собівартість виконуваної конструкторської роботи;
- на етапі виготовлення збільшується кількість партій, з'являється можливість централізованого виготовлення в запас;
- на етапі експлуатації скорочується час і зменшується собівартість ремонту завдяки використанню деталей із запасу, з'являється можливість повторного використання елементів.

Рівень використання нормальних та стандартних деталей при конструюванні спеціальних пристроїв досягає 70%.

Етапи нормалізації:

- нормалізація конструктивних елементів (розмірні ряди, радіуси, нарізки посадки та ін.);
- нормалізація деталей спеціальних пристроїв (установчі, затискні, корпуси та ін.);
- нормалізація вузлів функціонального призначення.

Нормалі розробляють на підприємствах, в інститутах; стандарти створюють за узагальненими нормальними.

## **Запитання для самоконтролю**

1. Для чого призначені пристрої?
2. За якими ознаками класифікують пристрої?
3. Назвіть групи пристроїв за ознаками: цільовою, ступенями спеціалізації, механізації та автоматизації.
4. Які загальні вимоги висуваються до пристрою?
5. Чим зумовлюється потреба нормалізації та стандартизації пристроїв?
6. У чому полягає суть нормалізації та стандартизації пристроїв? Їх етапи.



**ТЕМА****2****ВСТАНОВЛЕННЯ  
ЗАГОТОВОК У ПРИСТРОЇ  
ТА УСТАНОВЧІ ЕЛЕМЕНТИ  
ПРИСТРОЇВ, ПРИНЦИПОВА  
СХЕМА ПРИСТРОЮ**

Пристрої є важливими елементами технологічної системи, від яких багато в чому залежать точність, продуктивність і собівартість механічної обробки, складання та технічного контролю виробів. Точність обробки (складання), у свою чергу, залежить від точності встановлення в пристрої заготовки (деталі, вузла). Розглянемо загальні принципи встановлення та похибки, що виникають при цьому, стосовно механічної обробки.

**2.1. Основні принципи встановлення заготовок у пристрої**

1. Для досягнення потрібної точності обробки заготовка повинна мати строго визначене положення відносно різального інструменту. Ця вимога задовольняється при дотриманні правил шести точок. Кількість опор (точок), на які встановлюють заготовку, не повинна перевищувати шести. При повному орієнтуванні заготовка позбавляється всіх (шести) ступенів свободи, при неповному – меншій їх кількості. Приклади встановлення заготовок з їх повною і неповною орієнтацією в пристрої показано на рисунку 2.1.

Схему встановлення прямокутної заготовки з повною орієнтацією зображено на рисунку 2.1,а, а практичну реалізацію цієї схеми – на рисунку 2.1,б. На схемі, показаній на рисунку 2.1,в, заготовка також позбавлена всіх ступенів свободи. Приклад схеми з неповною орієнтацією заготовки показано на рисунку 2.1,г, при цьому заготовка плоским торцем спирається на три точки, а циліндричною поверхнею стикається з двома останніми точками. Оскільки лиска може бути виконана в будь-якому місці, для встановлення заготовки достатньо п'яти точок. Схему для свердління отвору в сферичній заготовці показано на рисунку 2.1,д. Для таких умов (свердління отвору в довільному місці)

необхідно і достатньо трьох опор. При обробці недостатньо жорстких заготовок опорних точок має бути шість. Схему встановлення прямокутної заготовки з довгим кропштейном, в якого оброблюють торці бобишки, показано на рисунку 2.1, е. Крім основних шести опор, на які встановлюють заготовку базовими площинами, застосовано допоміжну індивідуальну підвідну опору 1, до якої заготовка притискується силою  $W_1$ . Це сприяє істотному підвищенню жорсткості технологічної системи.

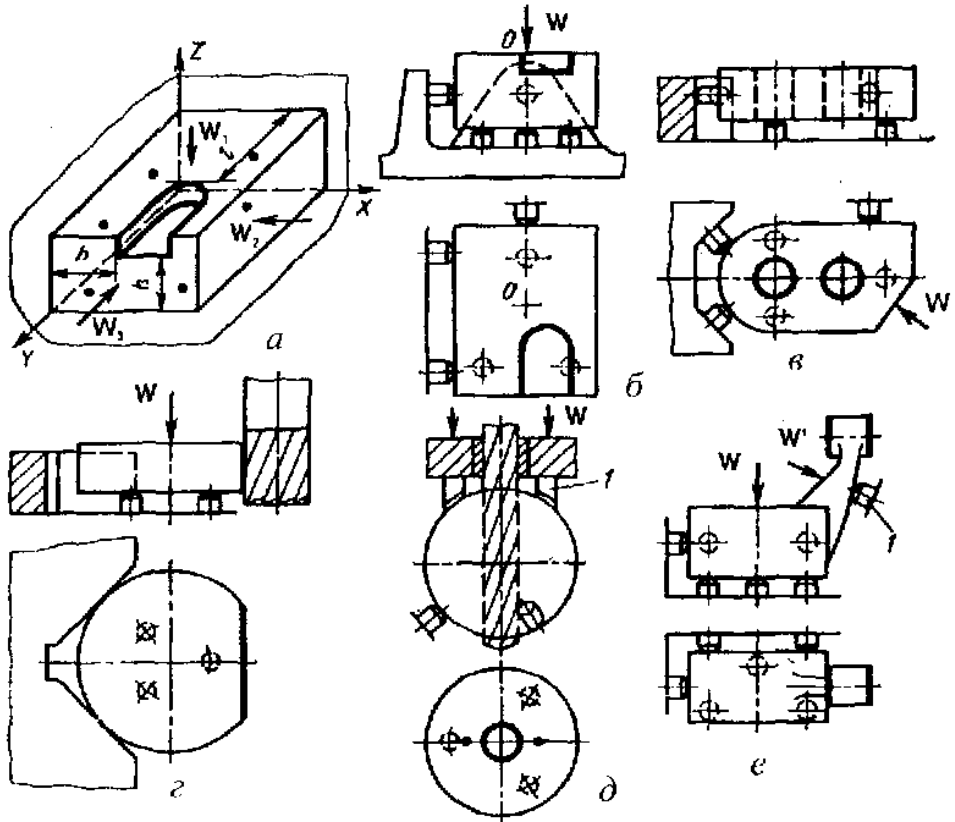


Рисунок 2.1. Приклади встановлення заготовок з повною та неповною орієнтацією

2. При обробці в пристрої заготовка має вільно дотикатися до опор і не мати можливості зміщуватися або обертатися відносно трьох координатних осей і поверхонь, тобто повинна мати повну визначеність базування, що досягається прикладанням до заготовки відповідних сил закріплення (силового замикання).

3. Жорсткість заготовки має бути достатньою для запобігання її деформації при закріпленні та обробці. При недостатній жорсткості слід використовувати підвідні опори.

4. Заготовка повинна мати щільний контакт з установчими елементами пристрою, жорстко закріпленими в його корпусі, що забезпечується відповідною точністю установчих елементів і базових поверхонь заготовки, а також прикладанням до заготовки відповідного силового замикання.

5. Для підвищення стійкості заготовки відстані між опорами потрібно призначати якомога більшими. При встановленні заготовки на опори та прикладанні затискних сил не повинно виникати перекидного моменту.

Згідно із загальними принципами встановлення заготовок до установчих елементів висувають такі вимоги:

- Кількість та розташування установчих елементів мають забезпечувати орієнтацію заготовки згідно з прийнятою в технологічному процесі схемою базування, а також достатню її стійкість у пристрої.

- При використанні установчих баз заготовки з шорсткістю  $R_a > 20$  мкм установчі елементи пристрою слід виконувати з обмеженою опорною поверхнею, щоб зменшити вплив нерівностей цих баз на стійкість заготовки.

- Установчі елементи не повинні псувати поверхні, особливо ті, що не підлягають повторній обробці.

- Установчі елементи мають бути жорсткими. Їх жорсткість підвищують за рахунок поліпшення якості з'єднання елементів із корпусом пристрою, застосування шабрування чи шліфування поверхонь пристроїв, а також міцного притиснення елементів до корпусу пристрою кріпильними деталями.

- Стійкість проти спрацювання опор підвищують, виготовляючи їх із загартованої сталі марок У8А та 45, а також зі сталі марок 20 та 20Х, які спочатку цементують, а потім загартовують до твердості HRC55...60. Спрацювання опор можна зменшити хромуванням їх несучих поверхонь чи наплавленням твердим сплавом, а також шліфуванням поверхонь до отримання шорсткості  $R_a = 0,63...0,32$  мкм.

- Для прискорення ремонту пристрою установчі елементи виконують легкознімними, що дуже важливо при масовому виробництві.

## 2.2. Встановлення заготовок на площину

### Схеми встановлення

Положення призматичної заготовки в системі координат показано на рисунку 2.2, а. Три координати, які визначають положення заготовки відносно площини  $XOY$ , позбавляють її трьох ступенів свободи – можливості переміщуватися в напрямі осі  $OZ$  та обертатися навколо осей  $OY$  і  $OX$ .

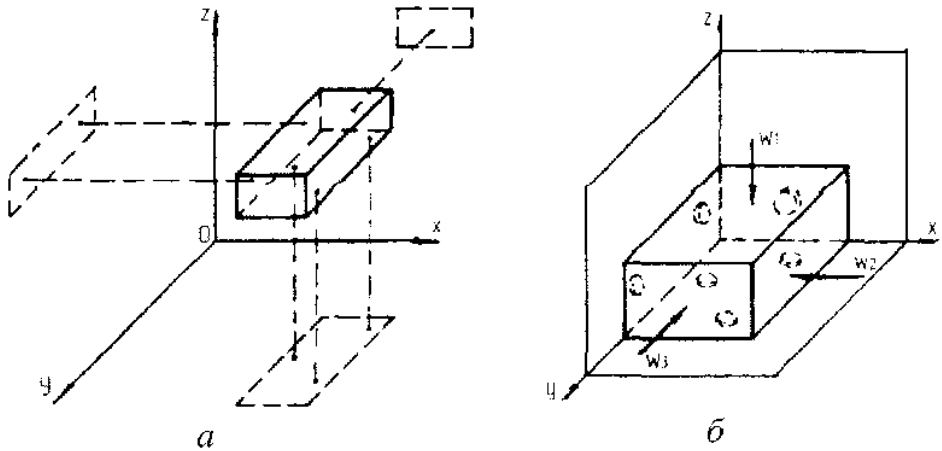


Рисунок 2.2. Схеми базування призматичних заготовок

Дві координати, які визначають положення заготовки відносно площини  $ZOY$ , позбавляють її двох ступенів свободи – можливості переміщуватися в напрямі осі  $OX$  та обертатися навколо осі  $OZ$ .

Шоста координата, яка визначає положення заготовки відносно площини  $XOZ$ , позбавляє її останнього ступеня свободи – можливості переміщуватися в напрямі осі  $OY$ .

Якщо координати замінити опорними точками (штифтами), дістанемо схему базування призматичних заготовок (рисунок 2.2,б); сили затиску  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  забезпечують силоне замикання.

Поверхні заготовки з трьома точками опори називають установчими базами, бокову поверхню з двома точками – напрямною базою, а торцеву з однією точкою – упорною.

## Установчі елементи

При встановленні заготовок на площину використовують установчі елементи – штир та опорні пластини (рисунок 2.3). Конструкції та розміри штирів і пластин визначені спеціальними стандартами. Опорні штирі можуть бути постійними та регульованими. При встановленні заготовок на необроблювані базові поверхні використовують постійні опори з рифленими та сферичними головками (рисунок 2.3, а, в), а також регульовані опори. Перші запресовують у корпус пристрою і в разі спрацювання змінюють. Другі вкручують у корпус на різьбі та стопорять у потрібному положенні контргайкою (рисунок 2.3, г). Їх регулюють для компенсації спрацювання та при налагодженні пристрою. Встановлення заготовок обробленими базами виконують на опори з плоскою головкою (рисунок 2.3, б) та опорні пластини (рисунок 2.3, д).

При конструюванні пристроїв рекомендуються такі граничні навантаження  $P$  на опори зі сферичною головкою  $D$  [8]:

$D$ , мм	10	16	15	40
$P$ , кН	2	5	12	30

Дані стосуються заготовок зі сталі та чавуну.

Для заготовок із кольорових сплавів навантаження на опори слід зменшити на 30–40% [7]. Опори з рифленими головками мають такі навантаження [8]:

$D$ , мм	10	16	25	40
$P$ , кН	4	10	25	60

Для опор із гладкою поверхнею та опорних пластин допустиме навантаження становить 5 МПа [8].

Отвори під штирі в корпусі пристрою виконують наскрізними, з'єднують штирі з отворами по посадці  $H7/h6$  чи  $H7/p6$ . Опорні площадки в корпусі під головки штирів мають дещо виступати, їх оброблюють з одного робочого ходу. При частій зміні спрацьованих штирів їх встановлюють у перехідну втулку по посадці  $H7/js6$  чи  $H7/h6$ , а втулку – у корпус пристрою по посадці  $H7/h6$  чи  $H7/p6$ . Головку висотою  $h$  виконують з відхиленням посадки  $h6$  чи  $h5$ , що сприяє їх взаємозамінності.

Опорні пластини виготовляють двох типів – плоскі та з косими пазами (рисунк 2.3, *д*). Плоскі пластини рекомендується закріплювати на вертикальних стінках корпусу пристрою. Пластини, як і штирі, закріплюють на виступаючих площадках корпусу пристрою.

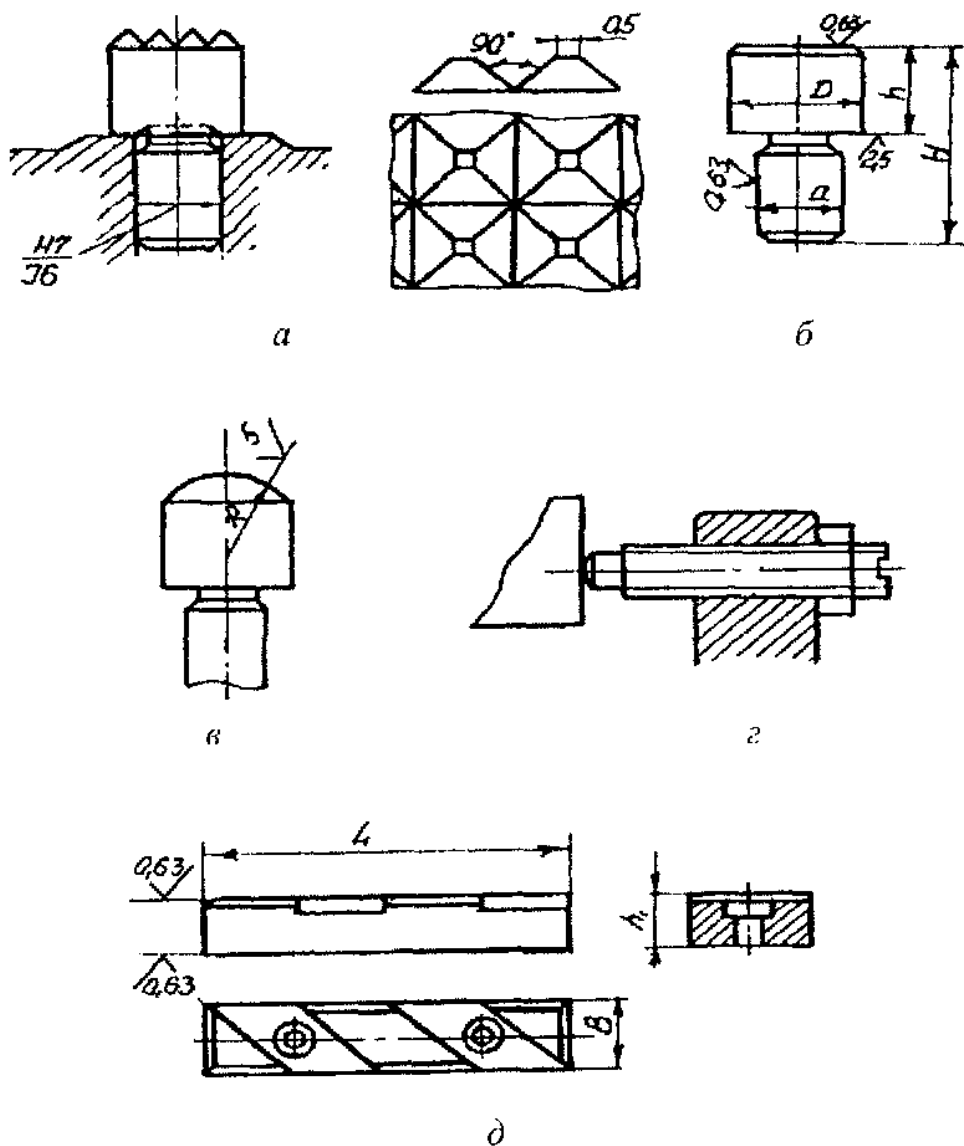


Рисунок 2.3. Схеми опор для встановлення на плоскі поверхні

У пристроях крім постійних опор використовують також два типи допоміжних опор – самоустановні та підвідні.

Приклад конструкції самоустановної опори показано на рисунку 2.4. вертикальний штир 1 під дією слабкої пружини 4 висувається вгору до зіткнення із заготовкою, не зміщуючи її.

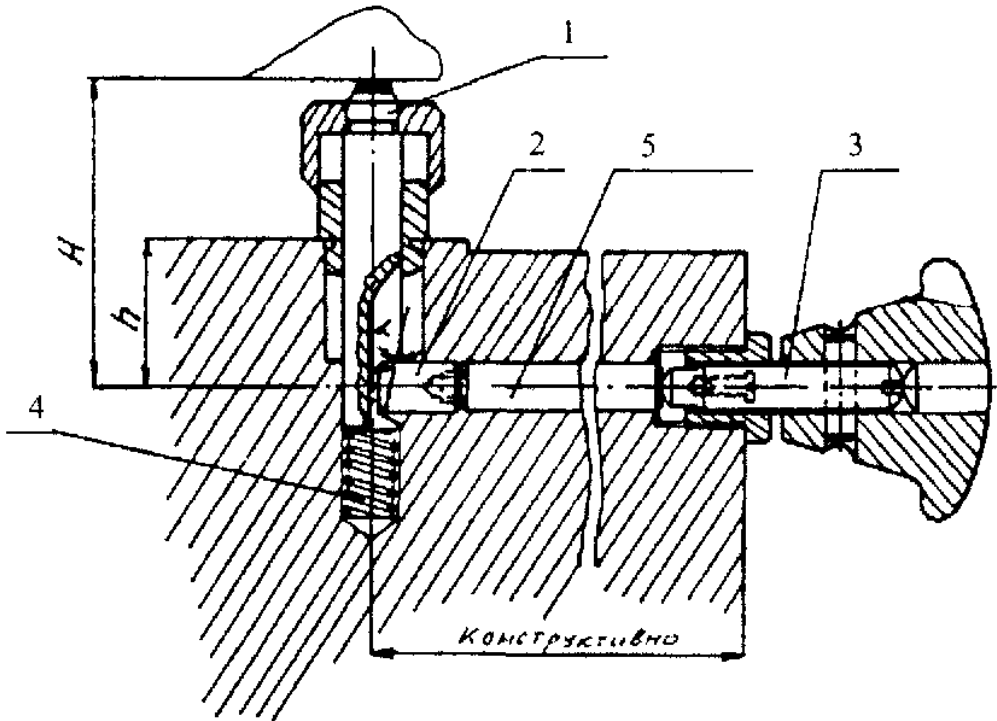


Рисунок 2.4. Схема самоустановної опори ( $h = 12-45$  мм;  
 $H = 40-100$  мм)

Затягуючи гвинт 3, опору застопорюють. Сухар 2 обмежує висування штиря при відкручуванні гвинта. При куті скосу  $\alpha < 10^\circ$  система самогальмується. Проміжним стержнем 5 змінюють відстань від маховичка до осі штиря. Для важких заготовок застосовують також клинові опори, які підводять вручну.

### Похибки базування

Наближено допустиму похибку базування можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_{б.доп} \leq T - \Delta, \quad (2.1)$$

де  $T$  – допуск на розмір;  $\Delta$  – сумарна похибка (без похибки базування), яку визначають для розміру, отриманого в даному переході, за таблицями середньої економічної точності.

Дійсна, або фактична, похибка базування має дорівнювати допустимій або бути меншою від неї, тобто

$$\varepsilon_{б.д} \leq \varepsilon_{б.доп}. \quad (2.2)$$

Чисельно дійсна похибка базування дорівнює різниці граничних відстаней між вимірювальною базою та встановленим на розмір різальним інструментом чи упором.

Приклад розрахунку похибки базування при встановленні заготовки площиною розглянемо за допомогою схеми, показаної на рисунку 2.5.

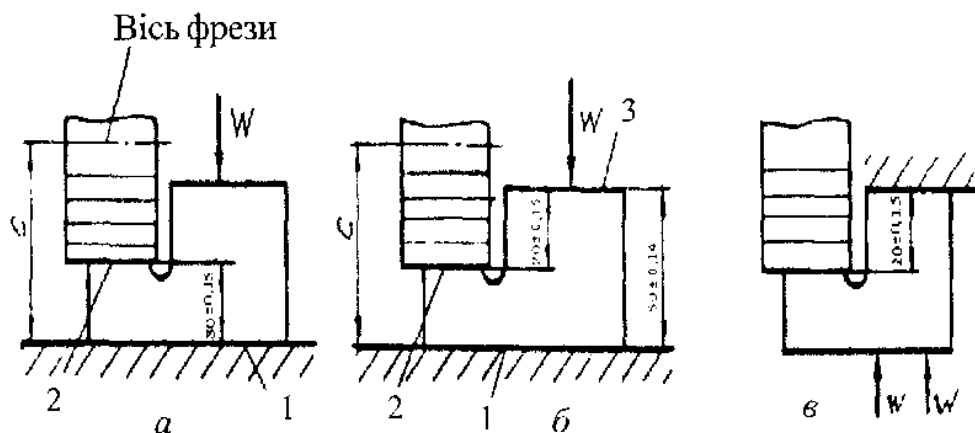


Рисунок 2.5. Схеми для розрахунку похибки базування при встановленні заготовок на площину

Для розміру  $30 \pm (0,15)$  мм (рисунок 2.5, а) площина 1 є водночас і технологічною (установчою), і вимірювальною базою, тому похибка базування в цьому разі дорівнює нулю.



Для розміру  $20 \pm (0,15)$  мм (рисунок 2.5, б) площина 1 є технологічною базою, а площина 3 – вимірювальною. У цьому разі немінуча похибка базування, яку легко визначити з огляду на таке.

Налагоджувальний розмір  $C$ , а отже, і положення фрези при обробці поверхні 2 залишаються незмінними ( $C = \text{const}$ ), а вимірювальна база 3 при обробці партії заготовок коливатиметься відносно леза фрези в межах допуску 0,28 мм на базисний розмір 50 мм, який отримано на попередній операції. Допуск на базисний розмір і буде похибкою базування:  $\epsilon_6 = 0,28$ . Ця похибка є складовою частиною сумарної похибки, отриманої при даному встановленні розміру  $20 \pm (0,15)$  мм. Тоді на похибку налагодження та обробки залишається лише  $0,3 - 0,28 = 0,02$  мм, що явно недостатньо. Щоб розв'язати задачу, необхідно або виключити похибку базування, виконуючи встановлення за схемою, показаною на рисунку 2.5, в, або перерахувати допуски.

Збільшити допуск на розмір 20 мм технолог не має права без узгодження з конструктором; можна лише зменшити допуск на базисний розмір 50 мм і тим самим зменшити похибку базування.

Новий допуск на розмір 50 мм можна визначити так:

$$T_{50} = \epsilon_6 = T_{20} - \Delta,$$

де  $T$  – допуски на розміри 50 та 20 мм;  $\epsilon_6$  – похибка базування;

$\Delta$  – сумарна похибка (без урахування похибки базування), яку визначають для розміру 20 мм за таблицями середньої скономічної точності.

Новий допуск на базисний розмір у вигляді відхилень технолог вказує на операційному ескізі, який видає на робоче місце замість робочого креслення.

Наприклад, при  $\Delta = 0,1$  мм

$$T_{50} = 0,3 - 0,1 = 0,2 \text{ мм}$$

Тоді на операційному ескізі мають бути вказані розміри  $20 \pm (0,15)$  та  $50 \pm (0,1)$  мм.

### 2.3. Встановлення заготовок на зовнішню циліндричну поверхню та перпендикулярну до її осі площину

#### Схеми встановлення

Для точного визначення положення валика в просторі необхідно задати п'ять координат (рисунок 2.6, а), які позбавлять валик п'яти ступенів свободи: можливості переміщуватися в напрямі осей  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$  та обертатися навколо осей  $OX$  і  $OZ$ . Шостий ступінь свободи – можливість обертатися навколо Власної осі – віднімається у валика координатою, проведеною від поверхні шпонкової канавки.

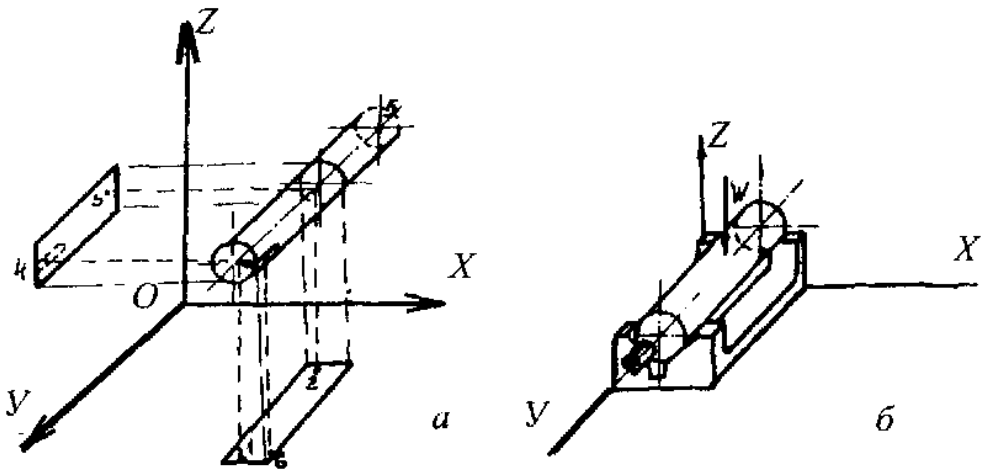


Рисунок 2.6. Схеми базування циліндричних заготовок

Якщо координатні площі замінити на призму, дістанемо другу схему базування із затиском заготовки силою  $W$  (рисунок 2.6, б).

Циліндричну поверхню валика з чотирма опорними точками називають подвійною напрямною базою, а торцеву – упорною базою. Для орієнтації заготовки в кутовому положенні потрібна друга упорна база під шпонку або штифт (на схемі не показано).

При базуванні по зовнішніх циліндричних поверхнях або по отворах у різних самоцентруючих патронах та оправках ці поверхні також є подвійними напрямними базами; торець або виступ заготовки використовують як упорну базу.

Схему базування коротких циліндричних заготовок (диска, кільця) показано на рисунку 2.7. У цьому разі торцева поверхня заготовки з трьома опорними точками (рисунок 2.7, а) є установчою базою, а коротка циліндрична з двома опорними точками – напрямною (базою). Бокова поверхня шпонкової канавки еквівалентна одній опорній точці і є упорною базою. Приклади базування за розглянутою схемою з використанням короткої призми та кулачків патрона показано на рисунку 2.7, б, в.

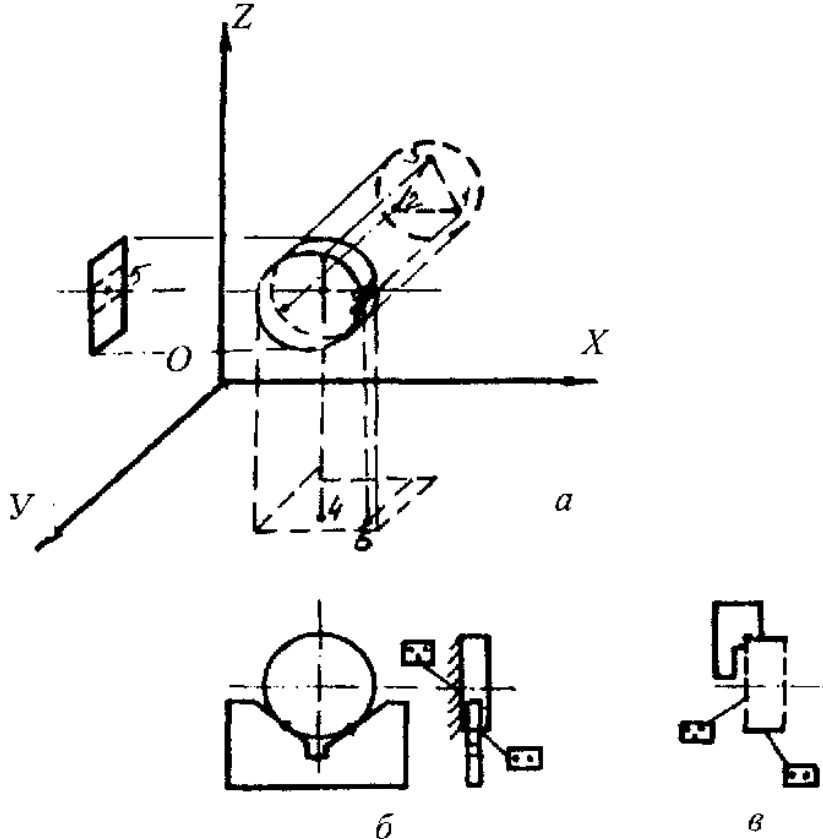


Рисунок 2.7. Схеми базування коротких циліндричних заготовок

У разі встановлення заготовки довгою конічною поверхнею вона позбавляється п'яти ступенів свободи, оскільки довга конічна поверхня водночас с подвійною напрямною та упорною базою. Для орієнтації заготовки в кутовому положенні потрібна ще одна упорна поверхня під штифт або шпонку.

Встановлення на зовнішні циліндричні поверхні з перехрещеними осями характерне для заготовок деталей типу трійників і хрестовин. У деталях першого типу (трійники – крани, фітинги) оброблюють звичайно отвори та торці.

Заготовку встановлюють на три вузькі призми (рисунок 2.8, а) при необроблених базових поверхнях на шість точок, чим забезпечується її повна орієнтація в просторі. Закріплюють заготовку вертикально прикладеною силою. Обробку заготовки з використанням необроблених баз намагаються виконати за одне встановлення, використовуючи поворотні пристрої (при послідовній обробці) чи агрегатні багатопиндельні верстати (при паралельній та паралельно-послідовній обробці).

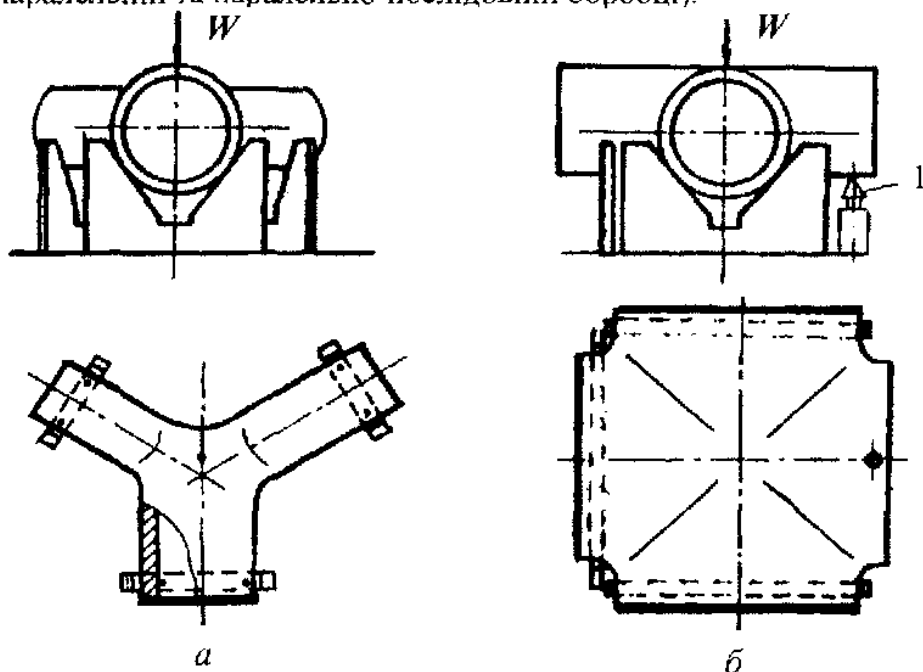


Рисунок 2.8. Схеми встановлення заготовок на зовнішні циліндричні поверхні з перехрещеними осями

Заготовки деталей типу хрестовин часто оброблюють у пристроях з чотирма призмами. Така схема встановлення теоретично неправильна, оскільки забезпечити контакт одночасно по восьми точках (для вузьких призм) або по довжині всіх твірних (для широких призм) неможливо. Слід застосовувати схему встановлення на три призми. Замість четвертої призми використовують (у разі потреби) самоустановну опору (рисунок 2.8, б).

### Установчі елементи

При встановленні заготовки зовнішньою поверхнею установчим елементом, як правило, є призма та губки самоцентруючого патрона.

Призма – це установча деталь висотою  $H$  із робочою поверхнею у вигляді паза з кутом  $\alpha$ , що дорівнює  $60$  чи  $120^\circ$ . У пристроях найчастіше використовують призму з кутом  $\alpha = 90^\circ$ . Широкі опорні призми застосовують для встановлення заготовок діаметром  $5...120$  мм з обробленими поверхнями, а вузькі – для встановлення заготовок з необробленими поверхнями.

При обробці консольних частин заготовки використовують підвідні та самоустановні опори у вигляді плоских або призматичних елементів.

Призми виготовляють зі сталі 20Х, цементують на глибину  $0,8...1,2$  мм, а потім загартовують робочі поверхні (HRC55...60). Призми великих розмірів виконують із сірого чавуну з прикрученими сталевими загартованими щоками. Недолік такої конструкції – знижена жорсткість через наявність додаткових стиків. Нижня та бокові (робочі) поверхні призм шліфують до шорсткості  $R_a = 0,63...0,32$  мкм. Призми прикріплюють до корпусу пристрою гвинтами і фіксують контрольними штифтами. Межу допустимого навантаження ( $H$ ) на призму за умовами контактної міцності можна визначити за формулою (заготовка зі сталі або чавуну,  $\alpha = 90^\circ$ ) [8].

$$W = vD, \quad (2.3)$$

де  $v$  – довжина лінії контакту заготовки з призмою, мм;  $D$  – діаметр заготовки, мм.

### Похибки базування

На рисунку 2.9 показано способи встановлення на призму валів для фрезерування лиски, причому розмір до лиски заданий від різних вимірювальних баз:

- 1) верхньою твірною валу (лінією), зв'язаною з оброблюваною поверхнею розміром  $h_1$  (рисунок 2.9, а);
- 2) нижньою твірною валу, зв'язаною з оброблюваною поверхнею розміром  $h_2$  (рисунок 2.9, б);
- 3) віссю валу, зв'язаною з оброблюваною поверхнею розміром  $h$  (рисунок 2.9, в).

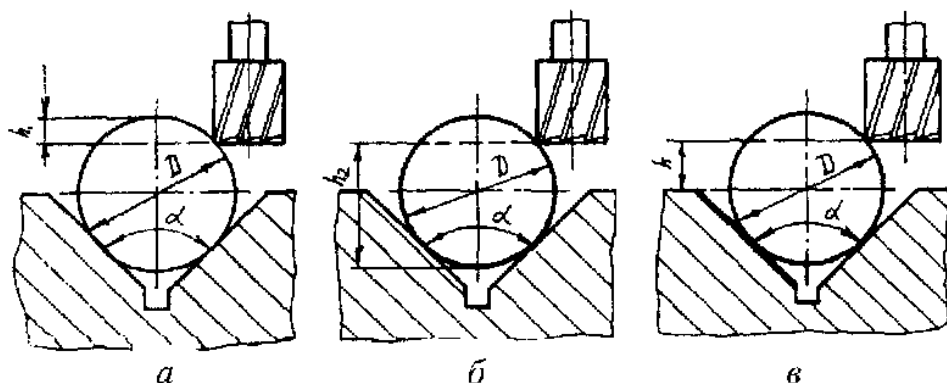


Рисунок 2.9. Схеми для визначення похибок базування валів при їх встановленні на призмі

В усіх трьох випадках вали встановлені в призми зовнішньою циліндричною поверхнею (допоміжною базою), тому для розмірів  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h$  внаслідок несумісності установчої (технологічної) та вимірювальної баз похибка базування неминуха. Ці похибки залежать від допуску  $T_D$  на зовнішній діаметр валів і кута  $\alpha$  призми. Визначимо ці похибки базування, які з'являються при встановленні партії валів на призму.

Схему, яка пояснює причини появи похибок базування при послідовному встановленні в призму оброблюваних валів із найбільшим  $D_1$  та найменшим  $D_2$  граничними розмірами, зображено

на рисунку 2.10. Визначимо відстань  $\Delta h_1$  між верхніми точками граничних діаметрів валів, відстань  $\Delta h_2$  між нижніми точками граничних діаметрів і відстань  $\Delta h$  між осями. Зазначені відстані і є похибками базування відповідних розмірів валів при встановленні за схемою, зображеною на рисунку 2.9.

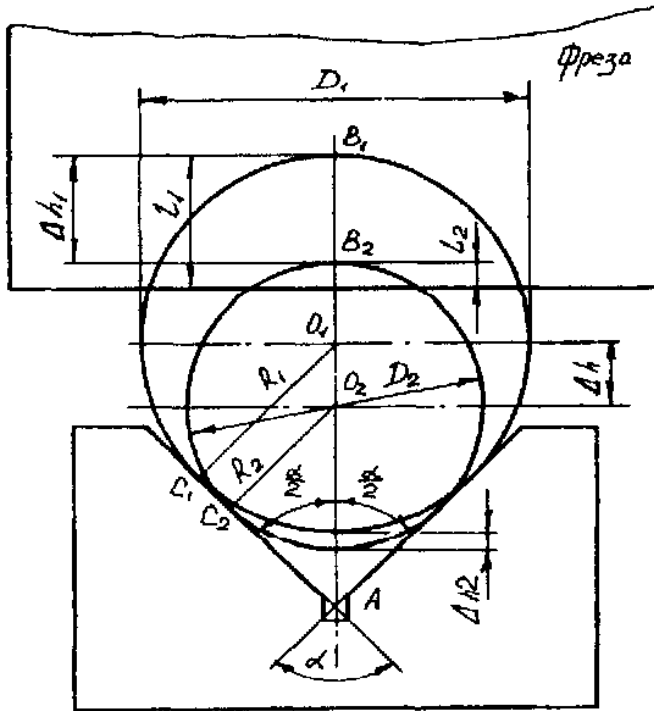


Рисунок 2.10. Схеми для визначення похибок базування валів при їх встановленні циліндричною поверхнею на призму

Згідно з геометричними будовами (рисунок 2.10) визначимо похибки базування:

$$\begin{aligned} \Delta h_1 = \varepsilon_{6,h1} = AB_1 - AB_2 &= \left[ \frac{D_1}{2} + \frac{D_1}{2 \sin \alpha / 2} \right] - \left[ \frac{D_2}{2} + \frac{D_2}{2 \sin \alpha / 2} \right] = \\ &= \frac{(D_1 - D_2) [1 + \sin \alpha / 2]}{2 \sin \alpha / 2} = \frac{\Delta D [1 + \sin \alpha / 2]}{2 \sin \alpha / 2} = \Delta DK_1 = TK_1, \end{aligned} \quad (2.4)$$

$$\Delta h_2 = \varepsilon_{\delta, h_2} = \frac{\Delta D [1 - \sin \alpha / 2]}{2 \sin \alpha / 2} = \Delta D K_2 = T K_2, \quad (2.5)$$

$$\Delta h = \varepsilon_{\delta h} = \frac{\Delta D}{2 \sin \alpha / 2} = \Delta D K = T K, \quad (2.6)$$

де

$$K_1 = \frac{1 + \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad K_2 = \frac{1 - \sin \frac{\alpha}{2}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}; \quad K = \frac{1}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \quad (2.7)$$

а  $T$  – допуск діаметра бази, мм.

Підставляючи в (2.7) значення кута ( $\alpha = 90^\circ$ ), визначимо  $K_1 = 1,21$ ;  $K_2 = 0,21$ ;  $K = 0,7$ .

Отже, похибки базування

$$\varepsilon_{\delta h_1} = T K_1 = 1,21 T; \quad (2.8)$$

$$\varepsilon_{\delta h_2} = T K_2 = 0,21 T; \quad (2.9)$$

$$\varepsilon_{\delta h} = T K = 0,7 T. \quad (2.10)$$

При  $\alpha = 180^\circ$  (встановлення валу на площину)

$$\varepsilon_{\delta h_1} = T; \quad \varepsilon_{\delta h_2} = 0; \quad \varepsilon_{\delta h} = 0,5 T. \quad (2.11)$$

Схему встановлення, при якому необхідно забезпечити розмір  $h_2$  і симетричне розташування паза, показано на рисунку 2.11, а. Аналогічно згідно з попередніми схемами (рисунок 2.9, б, в) похибки базування  $\varepsilon_{h_2} = 0$ ;  $\varepsilon_h = 0,5 T$  (відхилення від симетричності).

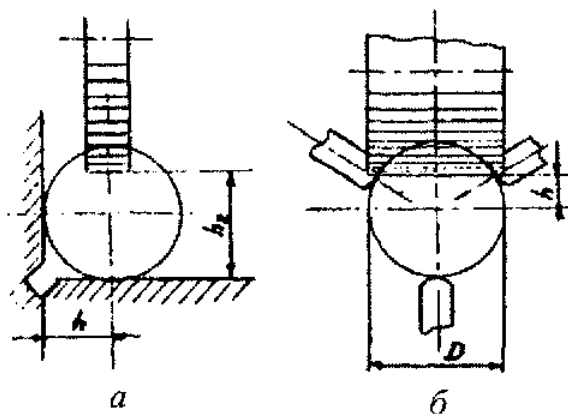


Рисунок 2.11. – варіанти схем встановлення заготовок-тіл обертання



Схему вала, затиснутого в кулачках самоцентруючого патрона, показано на рисунку 2.11, б, де осі вала та патрона (вимірювальна та технологічна бази) збігаються, тому  $\varepsilon_h = 0$ . Коли б розмір  $h$  було задано від нижньої твірної, то  $\varepsilon_h = 0,5T$ .

## 2.4. Встановлення заготовок на внутрішню циліндричну поверхню та перпендикулярну до її осі площину

Таке встановлення здійснюють на пальці та оправки. Торець заготовки координує її положення по довжині, а різні елементи (шпонкові канавки, радіальні отвори та ін.) визначають її кутове положення.

### Жорсткі оправки

Типи жорстких оправок показано на рисунку 2.12. Схему конічної оправки (конусність 1:2000 - 1:4000), на яку заготовку насаджують циліндричним отвором, обробленим з точністю Н6-Н7, показано на рисунку 2.12, а. Завдяки розклинюючій дії заготовка утримується від прокручування при обробці. Точність центрування - 0,005...0,010мм. У цьому разі точністю центрування вважають зміщення осі базової поверхні заготовки відносно осі обертання центрувально-затискного механізму. Похибку центрування визначають вимірюванням биття еталонної деталі, встановленої на цей механізм. Недолік розглядуваної оправки - відсутність точної фіксації заготовки по довжині. Оправку використовують в одиничному на малосерійному виробництві.

Схему оправки, на яку заготовку насаджують із натягом, показано на рисунку 2.12, б. Використовуючи підкладні кільця при запресовуванні, заготовку точно орієнтують по довжині оправки. Найвність канавки 1 дає змогу підрізати торці заготовки, шийку 2 використовують для напрямлення заготовки. Точність центрування - 0,005...0,010мм.

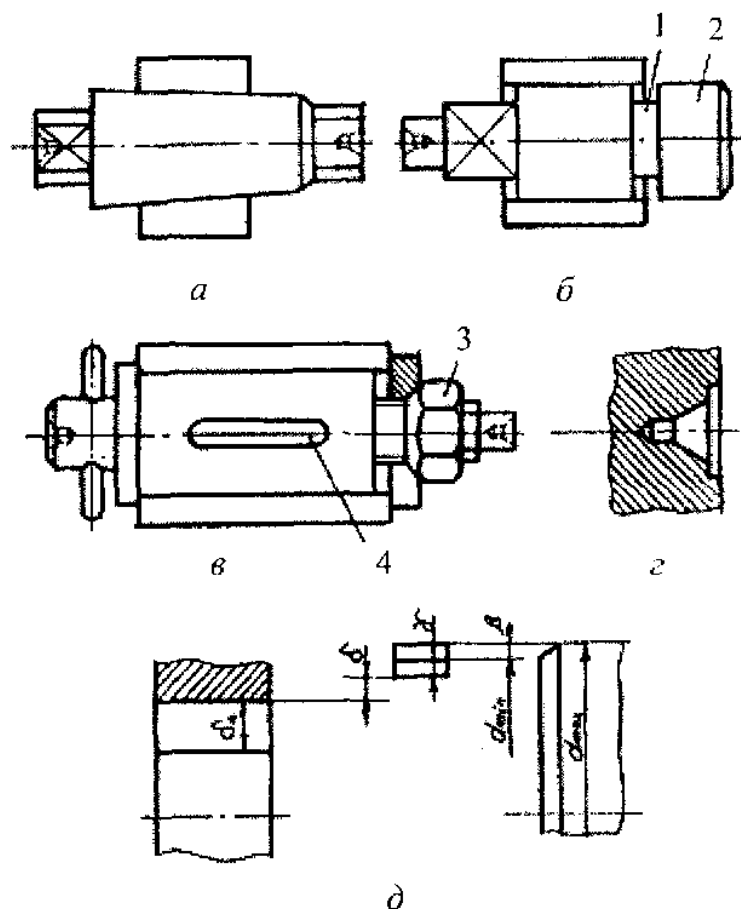


Рисунок 2.12 – схеми жорстких оправок

Схему оправки, на яку заготовку насаджують із зазором, показано на рисунку 2.12б. Положення заготовки по довжині визначається буртом оправки: її прокручуванню запобігають затяганням гайки 3 або шпонки 4 (за наявності в заготовці шпонкової канавки). Для цих оправок базові отвори заготовок рекомендується обробляти за 7-м квалітетом. Точність центрування залежно від зазору – 0,02...0,03мм.

Оправки виготовляють зі сталі 20Х, цементують на глибину 1,2...1,5мм і загартовують до твердості HRC55...60. Робочі поверхні шийок шліфують до шорсткості  $R_a = 0,63...0,32$  мкм. На

центрових гніздах виконують фаски або піднутрюють їх (рисунок 2.12, *г*) для запобігання ушкодження. Для передачі моменту на кінці оправки передбачають квадрат, лиски або повідковий палець. Оправки діаметром понад 80 мм для полегшення виконують порожніми. При конструюванні оправки із запресовкою заготовки визначають діаметр її робочої шийки.

Поля допусків на виготовлення  $\beta$  і спрацювання  $\gamma$  оправки, а також її найменший та найбільший діаметри показано на рисунку 2.12, *д*. Для оправок діаметром до 80 мм значення  $\beta$  можна брати таким, що дорівнює 0,01мм і  $\gamma = 0,010...0,015$  мм.

### Розтискні оправки

Типи розтискних оправок показано на рисунку 2.13. Консольна оправка з прорізами на робочій шийці 1 (рисунок 2.13, *а*) призначена для закріплення заготовки 2 затяганням внутрішнього конуса 3. Оправки цього типу допускають використання баз у вигляді отворів, оброблених із точністю Н8-Н12.

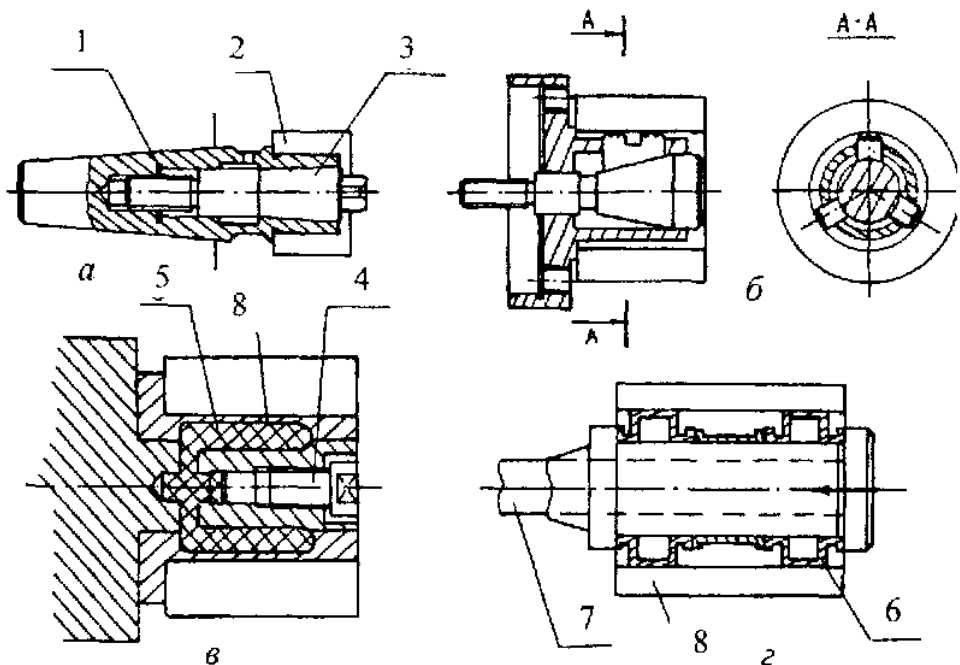


Рисунок 2.13 – Схеми розтискних оправок

Консольну оправку з трьома сухарями (рисунок 2.13, б), що розтискуються внутрішнім конусом, використовують для закріплення товстостінних заготовок, отвори яких можуть бути обробленими і необробленими. Точність центрування оправки – 0,05...0,10 мм, а оправки, показаної на рисунку 2.13, а – 0,02...0,4мм.

Схему оправки з пружною гільзою, що розтискується з середини гідропластмасою, показано на рисунку 2.13, в.

Затягуючи гвинт 4 стискують гідропластмасу 5, яка, розтискуючи тонкостінну гільзу 8, закріплює заготовку. Оправки з гідропластмасою забезпечують точність центрування 0,005...0,1мм. Базові отвори заготовки оброблюють із точністю H7-H8.

Схему оправки з гофрованими втулками 6, що забезпечують точність центрування 0,002...0,003 мм, показано на рисунку 2.13, г. При прикладанні осьової сили від штока 7 циліндрична частина втулок випинається і міцно закріплює заготовку 8. Втулки виготовляють зі сталі 30X, У10А або 65Г із термічною обробкою до твердості HRC45...50. Різностінність втулки допускається до 0,05 мм і биття торця – до 0,005 мм. Точність обробки базових отворів – у межах H6-H7.

### Установчі пальці

Встановлення заготовок базовими отворами в стаціонарні пристрої виконують на консольні циліндричні пальці (рисунок 2.14). Схему пальців з буртами показано на рисунку 2.14, а, для полегшення одягання заготовок на пальцях знімають фаску. Пальці діаметром до 16мм виготовляють зі сталі У7А, а діаметром понад 16 мм – зі сталі 20X із цементациєю на глибину 0,8...1,2 мм і загартуванням до твердості HRC50...55. Робочу поверхню пальців обробляють по посадках H7/g6 чи H9/f8 і шліфують до шерсткості  $R_a = 0,63...0,32$  мкм.

Похибки встановлення на пальці характеризуються зміщенням заготовки на діаметральний зазор між поверхнями з'єднання. Якщо базовий торець заготовки не перпендикулярний до осі отвору, можливе відхилення осі отвору від осі пальця.

Повну орієнтацію заготовки отримують базуванням по торцю та різних елементах (шпонкова канавка, радіальний отвір, виступи), які забезпечують її кутову координацію.

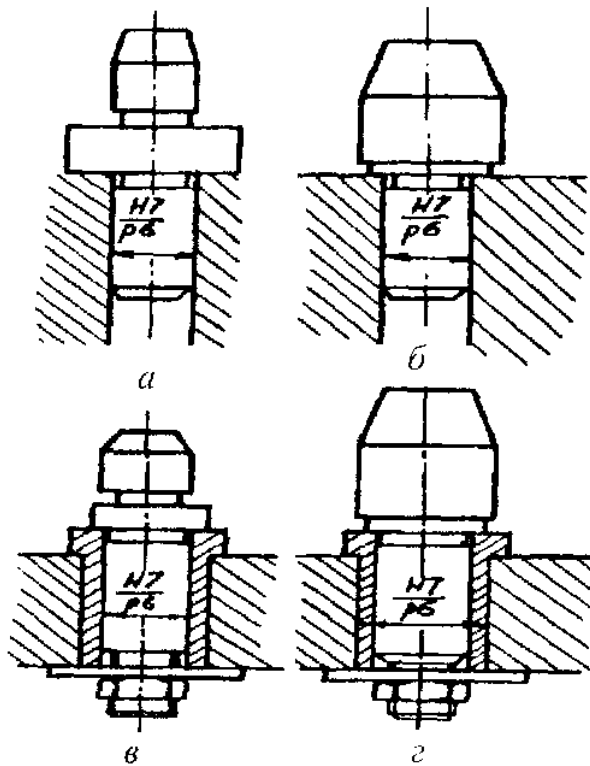


Рисунок 2.14. Схеми установчих пальців

## 2.5. Встановлення заготовок на центрові гнізда та конічні фаски

При встановленні заготовки в центрах верстата використовують короткі конічні поверхні. Лівий центровий отвір водночас є напрямною та упорною базою, що позбавляє заготовку трьох ступенів свободи; правий – лише напрямним і додатково позбавляє заготовку двох ступенів свободи. Якщо необхідно надати заготовці точне кутове положення і позбавити її шостого ступеня свободи, то використовують другу упорну базу.

Установочними елементами при цьому є центри з кутом  $60^\circ$ . Їх конструктивні різновиди показано на рисунку 2.15: схему встановлення на жорсткий центр – рисунок 2.15, б (характерна для деталей типу гільз); на спеціальний центр із трьома вузькими стрічками 1 на кромці отвору заготовки – рисунок 2.15, в. Конструкцію повідко-

вого центра, який передає крутний момент за рахунок вдавлювання рифлень у поверхню конічної фаски при прикладанні до центра осьової сили зображено на рисунку 2.15, а. Цей центр забезпечує передачу моменту, потрібного при чистовій обробці, але погіршує поверхню базової фаски.

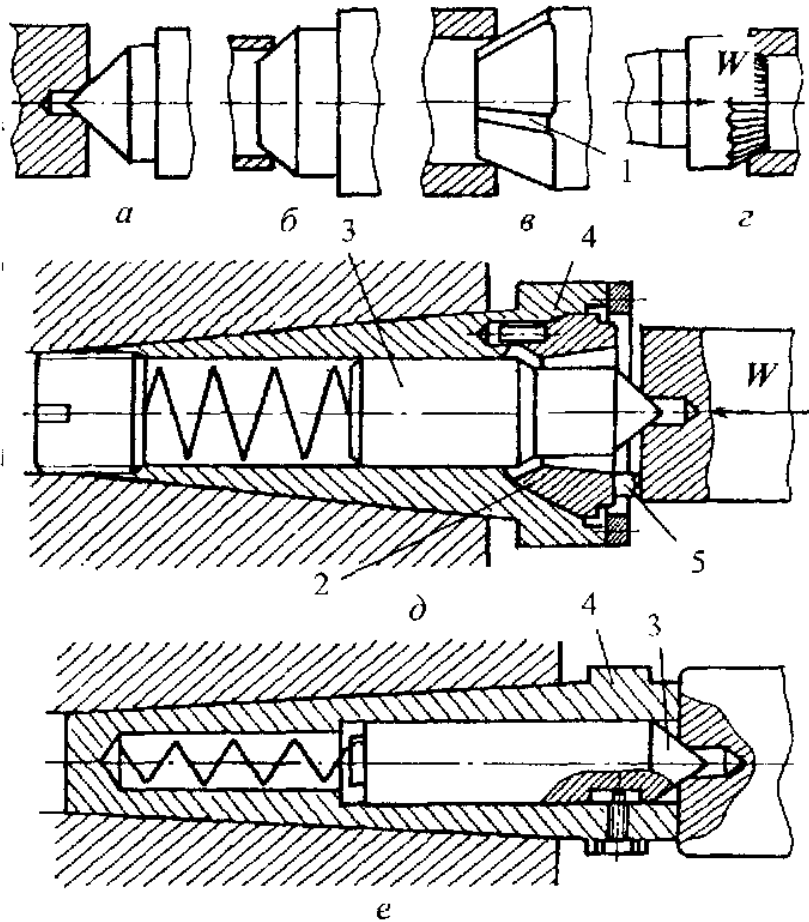


Рисунок 2.15 – Схеми встановлення заготовок на центрові гнізда та конічні фаски

Конструкцію повідкового центра, який передає момент через рифлення, що вдавлюються в торцеву площину заготовки, показано на рисунку 2.15, д. Рифлення 5 виконане на трьох ділянках самоустановної шайби 2. Центр 3 плаваючої конструкції змонтований

у проміжній втулці 4. Центри виконують зі сталі марок 45, У6А, У8А і піддають термічній обробці до твердості HRC55...60; стійкість проти спрацювання підвищують наплавлюванням твердого сплаву. Форму заднього центрального гнізда зберігають завдяки застосуванню обертових центрів.

При встановленні на жорсткий центр похибка базування для осьових розмірів залежить від точності виконання центрових гнізд. Якщо глибина гнізда обмежена допуском, то похибка базування для розміру від лівого (від передньої бабки) торця до будь-якого уступу, який підрізують на верстаті, дорівнюватиме цьому допуску.

Приблизно похибку базування по довжині шийок можна визначити так:

$$\varepsilon_\ell = \Delta Y, \quad (2.12)$$

де  $\ell$  – довжина шийки;  $\Delta Y$  – різниця між найбільшою та найменшою висотою конуса центрального гнізда в партії заготовок.

Для центрових гнізд із кутом конуса  $60^\circ$  залежно від розміру гнізд похибка  $\varepsilon_\ell = 0,1 \dots 0,25$  мм.

Для точного встановлення по довжині застосовують плаваючий центр 3 (рисунок 2.15*е*).

При цьому змінна глибина центрального гнізда не впливає на осьове положення заготовки. При упорі останньої в торець проміжної втулки 4 збігаються технологічна та вимірвальна бази, тобто справджується умова  $\varepsilon_\ell = 0$ .

На першому переході похибка в радіальному напрямі утворюється похибкою зацентрування, тобто зміщенням осі центрових гнізд відносно осі заготовки. Приблизно цю похибку можна визначити за формулою:

$$\varepsilon_\delta = 0,25T_D, \quad (2.13)$$

де  $T_D$  – допуск на діаметральний розмір заготовки.

Розглядувана похибка виявляється у вигляді биття заготовки при обробці. На подальших переходах похибка зменшується і разом з іншими похибками не виходить за межі допуску.

## 2.6. Встановлення заготовок на два циліндричних отвори з паралельними осями та перпендикулярну до них площину

Таку схему використовують при обробці заготовок деталей типу корпусів, плит і картерів. Її переваги: простота конструкції пристрою; можливість дотримання постійності баз на більшості операцій технологічного процесу і відносно прості передавання та фіксація заготовок на потокових та автоматичних лініях. Порівняно зі встановленням на шість точок розглядувана схема забезпечує більшу доступність різального інструменту до оброблюваної заготовки. Заготовка закріплюється прикладанням сили, перпендикулярної до її базової площини. Таке встановлення найдоцільніше для заготовок, розміри базової площини яких перевищують висоту. Базову площину заготовки піддають чистовій обробці, а отвори розвертають із точністю Н7. У цьому разі установчими елементами є опорні пластини та два жорстких або висувних пальця (посадка Н7/ф7 чи Н7/д8). Останні використовують при автоматизованій обробці.

### Розрахунки при базуванні за площиною та отворами

При встановленні заготовок на площину та два отвори необхідно виконати розрахунки, пов'язані зі встановленням на пальці.

Уведемо позначення:  $L$  – відстань між центрами базових отворів та установчих пальців (номінальний розмір);  $T_0$  – допуск на міжцентрову відстань базових отворів;  $\pm \frac{T_0}{2}$  – відхилення міжцентрової відстані базових отворів;  $T_n$  – допуск на міжцентрову відстань установчих пальців;  $\frac{T_n}{2}$  – відхилення міжцентрової відстані установчих пальців;  $S_{1\min}$  – мінімальний зазор у з'єднанні першого отвору з пальцем;  $S_{2\min}$  – мінімальний зазор у з'єднанні другого отвору з пальцем.



### Умова, при якій можливе встановлення заготовок на два циліндричних пальця

Для визначення цієї умови припускаємо найнесприятливіший випадок (рисунок 2.16), а саме: міжцентрову відстань отворів у заготовці виконано найбільшою  $\left(L + \frac{T_0}{2}\right)$ , міжцентрову відстань пальців – найменшою  $\left(L - \frac{T_n}{2}\right)$ ; зазори в з'єднанні отворів з пальцями виконано мінімальним ( $S_{1min}$ ;  $S_{2min}$ ).

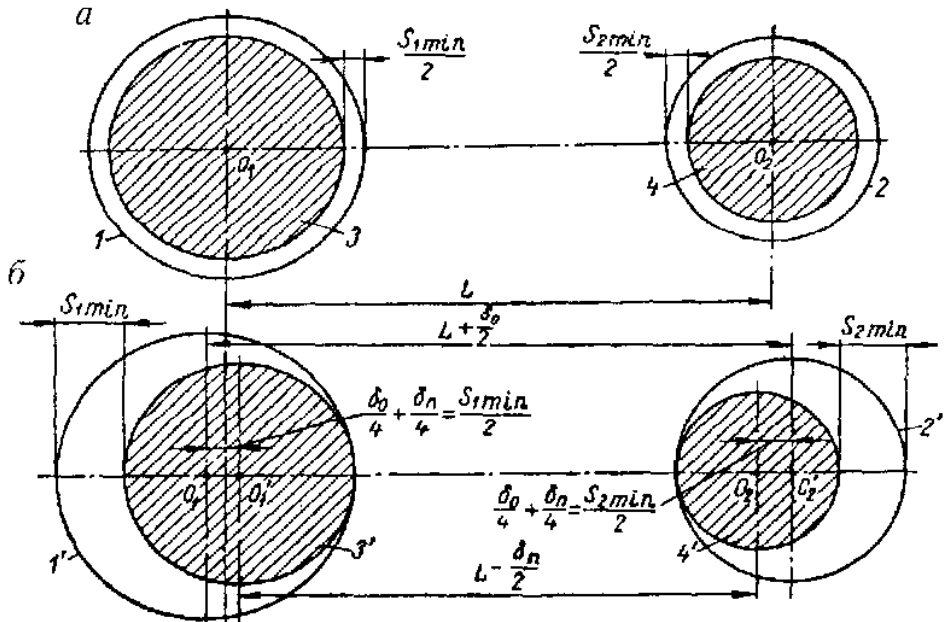


Рисунок 2.16 – Розрахункові схеми для встановлення заготовки на два циліндричних пальця

Положення отворів 1, 2 і пальців 3, 4 при номінальній міжцентровій відстані між ними  $L$  показано на рисунку 2.16, а.

На рисунку 2.16, б осі отворів 1' та 2' мають найбільшу міжцентрову відстань  $(L + T_0/2)$ , а колами 3' та 4' показано положення

пальців при найменшій міжцентровій відстані  $(L - T_n / 2)$ . Згідно з графічною побудовою (рисунок 2.16, б) визначаємо

$$2 \left( \frac{T_a}{4} + \frac{T_n}{4} \right) = \frac{S_{1\min}}{2} + \frac{S_{2\min}}{2}. \quad (2.14)$$

Звідси визначаємо умову, при якій можливе встановлення на два циліндричних пальця:

$$S_{1\min} + S_{2\min} \geq T_a + T_n. \quad (2.15)$$

**Умова, при якій можливе встановлення заготовок на один циліндричний і один зрізаний палець, і визначення оптимальної ширини  $b$  циліндричної ділянки зрізаного пальця**

Щоб зменшити розрахункові мінімальні зазори і тим самим підвищити точність базування, не порушуючи умови (2.15), при якій можливе встановлення на два пальця, один із них зрізують так, як показано на рисунку 2.17, чим збільшують зазор в напрямі розміру  $L$ .

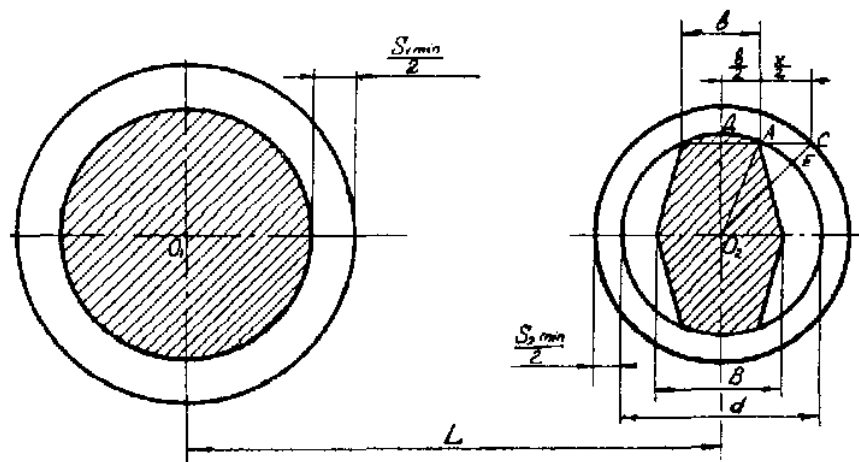


Рисунок 2.17. Схема для визначення збільшеного зазору  $x$  у напрямі  $L$ , що утворюється в з'єднанні зі зрізаним пальцем

Із трикутника  $DO_2C$  маємо:

$$(O_2E + EC)^2 = O_2D^2 + (DA + AC)^2.$$

Із трикутника  $AO_2D$  маємо:

$$O_2 D^2 = AO_2^2 - AD^2.$$

Замінюючи літерні позначення відрізків їх значеннями, дістаємо:

$$\left(\frac{d}{2} + \frac{S_{2\min}}{2}\right)^2 = \frac{d^2}{4} - \frac{v^2}{4} + \left(\frac{v}{2} + \frac{x}{2}\right)^2.$$

Розв'яжемо це рівняння відносно  $x$  (квадратами малих величин  $x$  та  $S_{2\min}$  можна знехтувати). Тоді:

$$x = d S_{2\min} / v. \quad (2.16)$$

Отже, чим вужча циліндрична ділянка  $v$  зрізаного пальця, тим більший зазор  $x$ . Проте надмірне зменшення циліндричної ділянки призводить до швидкого спрацювання пальця, тому ширину  $v$  слід брати найбільшою з можливих, визначаючи її розрахунком.

Підставляючи в (2.15) замість зазору  $S_{2\min}$  до зрізу його збільшене значення  $x$  після зрізування, дістаємо умову, при якій можна встановити заготовку на циліндричний та зрізаний палець:

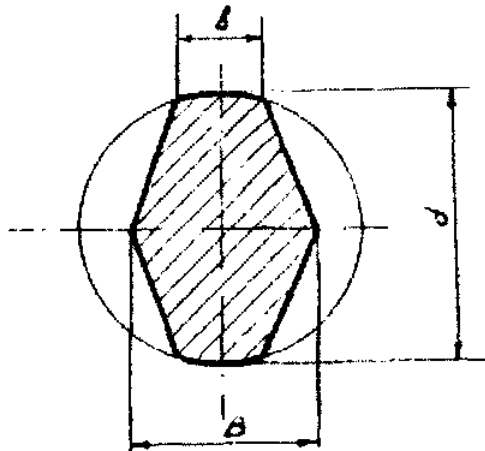
$$S_{1\min} + S_{2\min} d / v \geq T_0 + T_n, \quad (2.17)$$

звідки

$$v \leq \frac{S_{2\min}}{T_0 + T_n - S_{1\min}} d. \quad (2.18)$$

Розміри зрізаних пальців можна вибрати з таблиці 2.1 [1].

Таблиця 2.1 – рекомендовані розміри зрізаних пальців (мм)



Продовження таблиці 2.1

Діаметр пальця $d$	$\delta$	$B$
4...6	2	$d-0,5$
Понад 6 до 10	3	$d-1$
Понад 10 до 20	4	$d-2$
Понад 20 до 32	5	$d-4$
Понад 32 до 40	6	$d-5$
Понад 40 до 50	8	$d-5$
Понад 50	14	Плоский зріз

### Визначення величини граничного зміщення (повороту) заготовки при встановленні її на площину та отворами на два пальця

Припускаємо найнесприятливіший граничний випадок (рисунок 2.18), коли зазори в з'єднаннях пальців з отворами максимальні.

Згідно з побудовою маємо:

$$O_2A = O_1O_1' = \frac{S_{1\max}}{2}; \quad O_2O_2' = \frac{S_{2\max}}{2}; \quad O_2'A = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2}.$$

Розглядаючи прямокутний трикутник  $O_2'O_1'A$ , дістаємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L}. \quad (2.19)$$

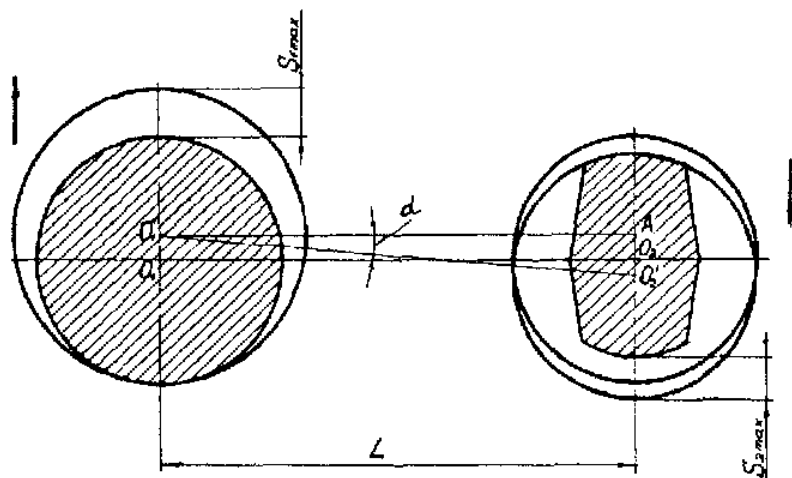


Рисунок 2.18 – Схема для визначення граничного зміщення заготовки при встановленні площиною і отворами на циліндричний та зрізаний палець

При базуванні за площиною та одному отвору на високому зрізаному пальці  $S_{1\min} = 0$  умову, при якій можна встановити заготовку, дістаємо з формули (2.17):

$$S_{\min} \frac{d}{\sigma} \geq T_{пл.о} + T_{пл.п}. \quad (2.20)$$

Згідно з (2.18)

$$\sigma \leq \frac{S_{2\min}}{T_{пл.о} + T_{пл.п}} - d, \quad (2.21)$$

де  $T_{пл.о}$ ,  $T_{пл.п}$  – допуск на відстань  $L$  відповідно між базовою площиною заготовки та віссю отвору і між установчою площиною пристрою та віссю пальця.

### Похибки базування

При встановленні заготовок на пальці можуть з'явитися різні похибки, які залежать від варіанту встановлення заготовки.

При варіанті встановлення, як показано на рисунку 2.19,  $a$ , гарантується для всієї партії заготовок контакт базового отвору з установчим елементом завжди за однією й тією самою твірною, вибраною як технологічну базу. У цьому разі дана твірна проходить через точку  $O$ . Для трьох розмірів ( $A$ ,  $B$ ,  $B$ ) установча (технологічна) база не збігається з вимірювальною. Тому для кожного з цих розмірів з'являються похибки базування:

$$\epsilon_{бА} = \frac{T_o}{2} + \frac{T_n}{2} + 2e + \frac{T}{2}; \quad (2.22)$$

$$\epsilon_{бБ} = \frac{T_o}{2} + \frac{T_n}{2}; \quad (2.23)$$

$$\epsilon_{бВ} = \frac{T_o}{2} + \frac{T_n}{2} + 2e + \frac{T}{2}, \quad (2.24)$$

де  $T_o$  – допуск на виготовлення базового отвору;  $T_n = \delta_{\text{виг}} + \delta_{\text{спр}}$  ( $\delta_{\text{виг}}$  – допуск на виготовлення пальця;  $\delta_{\text{спр}}$  – допуск на спрацювання пальця);  $e$  – ексцентриситет зовнішньої та внутрішньої поверхонь заготовки.

Порівнюючи похибки базування цих розмірів, бачимо, що найменша похибка з'являється при витримуванні розміру  $B$ .

При встановленні за варіантом, показаним на рисунку 2.19, б, контакт базового отвору з установчими елементами за певною твірною для всієї партії заготовок не гарантується.

Наприклад, при встановленні заготовки на пальці з вертикальною віссю в пристрої, який не має механізмів для підтискування заготовки до пальця, створюються умови для зміни положення установчої бази.

Контакт отвору з пальцем може відбуватися по твірних, що проходять через точки  $O$  та  $O'$  (рисунок 2.19, б). Максимальна відстань між осями пальця (I-I) та базового отвору (II-II) дорівнює максимальному зазору в з'єднанні між ними. Максимальний зазор  $S_{\max}$  дорівнює сумі мінімального гарантованого зазору  $S_{\min}$ , допуску на виготовлення отвору  $T_o$  і допусків на виготовлення та спрацювання пальця  $T_n$ . Тоді похибки базування при витримуванні розмірів А і В відповідно

$$\varepsilon_{\delta_A} = \varepsilon_{\delta_B} = S_{\min} + T_o + T_n + 2e + \frac{T}{2}; \quad (2.25)$$

$$\varepsilon_{\delta_B} = S_{\min} + T_n + T_n. \quad (2.26)$$

При встановленні на два пальця, так само як і при встановленні на один палець, можливі два випадки: 1) контакт базових отворів із пальцями до певних твірних забезпечується; 2) такого контакту немає.

Схему встановлення в першому випадку, коли сила  $W$  забезпечує контакт базових отворів із пальцями по твірних у точках К і М показано на рисунку 2.19, в. При такому встановленні можуть з'являтися похибки розмірів А, Б, В, Г, Д і взаємного зміщення  $\beta$ . Похибки вказаних розмірів спричинюються неузгодженням технологічної та вимірювальної баз. Аналогічно зі встановленням на один палець за наявності сили, що забезпечує контакт базових отворів і пальців (рисунок 2.19, а) похибки базування розмірів А, Б, В відповідно

$$\varepsilon_{\delta_A} = \varepsilon_{\delta_B} = \frac{T_{a1}}{2} + \frac{T_{n1}}{2}; \quad (2.27)$$

$$\varepsilon_{\delta_B} = \frac{T_{a2}}{2} + \frac{T_{n2}}{2}. \quad (2.28)$$

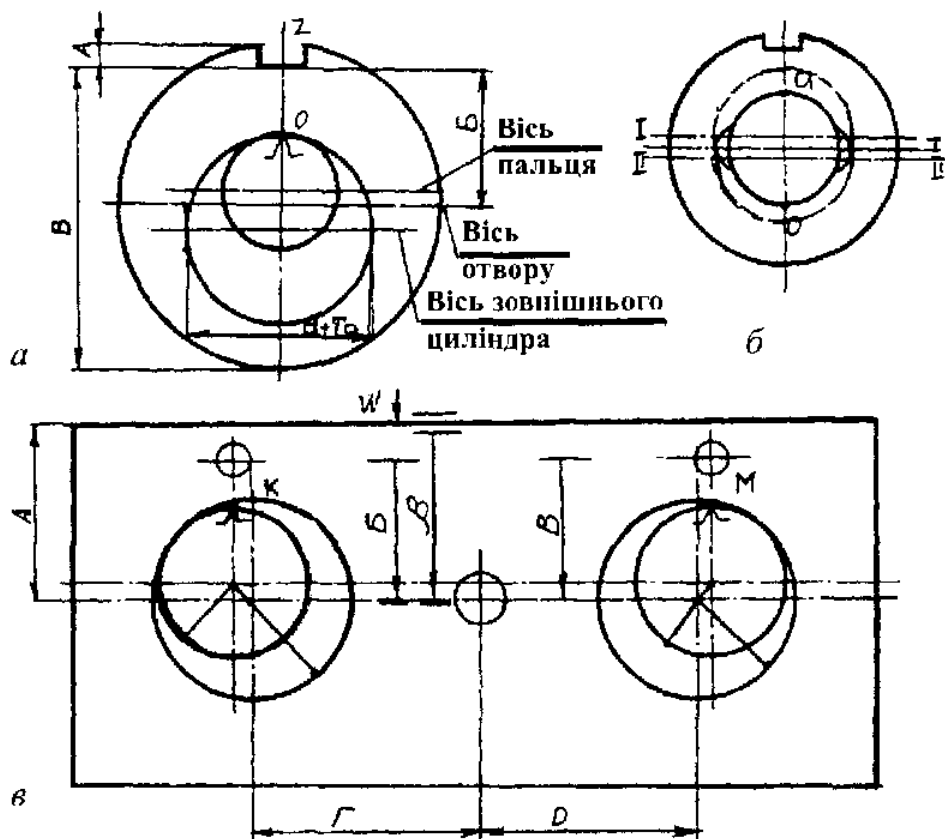


Рисунок 2.19 – Схеми розрахунків похибок розмірів при встановленні на площину та пальці

У напрямі розмірів  $\Gamma$  і  $D$  не діють сили, які б забезпечували постійний контакт базових отворів і пальців по певних твірних. Тому похибки базування розмірів  $\Gamma$  і  $D$  відповідно:

$$\varepsilon_{\delta_{\Gamma}} = T_{o1} + S_{1\min} + T_{n1}; \quad (2.29)$$

$$\varepsilon_{\delta_D} = T_{o2} + S_{2\min} + T_{n2}. \quad (2.30)$$

У разі встановлення заготовки на зрізаний палець зміна положення осі отвору відносно осі зрізаного пальця в напрямі міжцентрової відстані може відбуватися в межах  $X$ . Тому

$$\varepsilon_{\delta_L} = \sqrt{d_{o2}^2 - d_{n2}^2 + s^2} - s. \quad (2.31)$$

У другому випадку за відсутності сил, що забезпечують контакт базових отворів із пальцями по певних твірних, похибки всіх розмірів перевищуватимуть похибки за першим варіантом, і визначати їх необхідно аналогічно другому варіанту встановлення на один палець (рисунок 2.19, б).

## 2.7. Принципова схема пристрою

Принципова схема пристрою складається зі схеми розташування установчих елементів, схеми сил затиску заготовки, кінематики передачі зусилля від привода до затискних елементів.

Схема розташування установчих елементів визначається схемою базування заготовки та типом установчих елементів. Згідно зі схемою базування заготовки відома кількість установчих елементів, які мають розташуватися по трьох координатних площинах, побудованих на комплекті баз заготовки. При розробці принципової схеми визначають найкраще розташування установчих елементів у кожній координатній площині. Наприклад, для базування заготовки на установчу базу остання повинна мати три установчих елементи. Розташувати їх на заданій площині можна по-різному. Добирають таку схему розташування елементів, при якій були б забезпечені найвища точність встановлення та найбільша стійкість заготовки, що базується.

При доборі схеми сил затиску заготовки насамперед вирішують, на які координатні площини, що побудовані на установчих елементах пристрою, повинно бути напрямлене силове замикання. З точки зору надійного забезпечення визначеності базування заготовки рекомендується силове замикання напрямляти на кожен з шести опор. Для спрощення пристрою бажано прикладати сили затиску на одну координатну площину, побудовану на установчій базі. Отже, оцінюючи схему сил і моментів, що діють на заготовку під час обробки, згідно з добраною схемою розташування установчих елементів спочатку вирішують, на які бази з комплекту баз напрямити силове замикання і скільки сил діятиме на базу – одна чи кілька, тобто на кожний установчий елемент. Наприклад, на установчу базу може бути напрямлена одна сила або три сили,



тобто на кожний установчий елемент. Коли прикладається одна сила, точка її прикладання має збігатися з точкою, рівновіддаленою від кожного з трьох установчих елементів. На цьому самому етапі визначають потребу в додаткових опорах.

Після визначення схем розташування установчих елементів і сил затиску визначають кінематичну схему передачі зусилля від силового привода до затискних елементів. У результаті дістають принципову схему пристрою.

Принципову схему пристрою для встановлення заготовок корпусного типу показано на рисунку 2.20, з якого випливає, що заготовка базується на площині 1 та двох пальцях 2 і 3 (штир 3 зрізаний). Заготовки до установчої бази затискаються силами  $W$  двох притискачів від циліндра 4 через важільну систему.

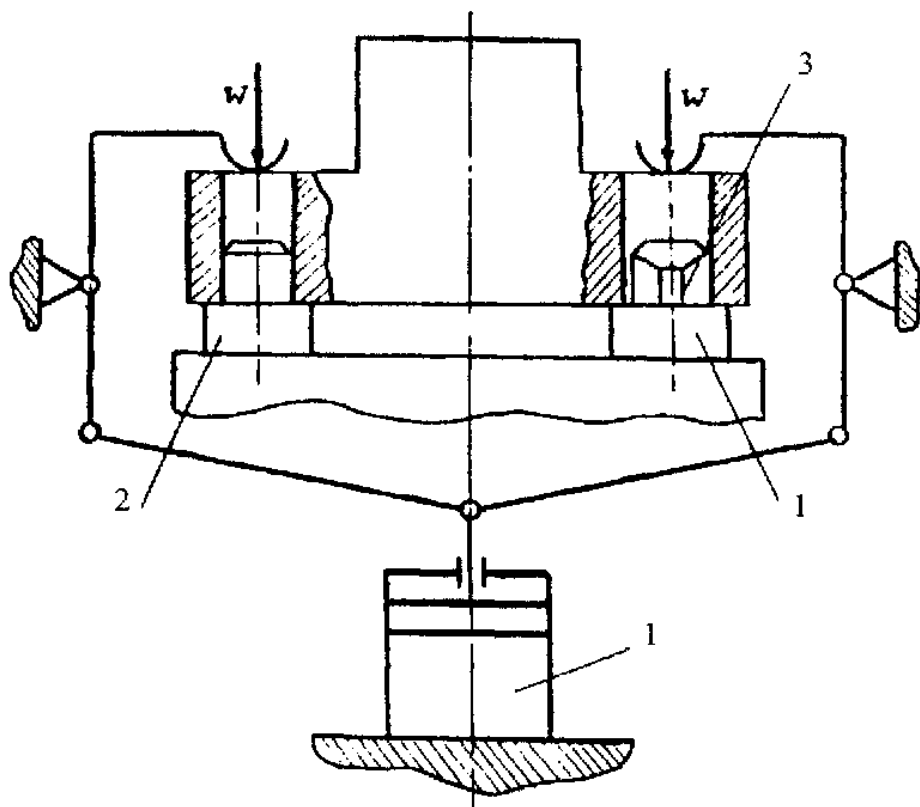


Рисунок 2.20. Принципова схема пристрою

## Запитання для самоконтролю

1. Яким вимогам має відповідати заготовка при встановленні її в пристрій?
2. Яким загальним вимогам мають відповідати установчі елементи?
3. Накресліть схеми встановлення заготовки на площину.
4. Схарактеризуйте циліндричні опори.
5. Схарактеризуйте пластинчасті опори.
6. Схарактеризуйте допоміжні опори.
7. Причини появи похибок базування при встановленні заготовок на площину. Їх суть, методи визначення.
8. Накресліть схеми встановлення заготовок на зовнішню циліндричну поверхню (довгу та коротку).
9. Накресліть схеми встановлення заготовок довгою конічною поверхнею.
10. Накресліть схеми встановлення заготовок деталей типу трійників і хрестовин.
11. Схарактеризуйте призми.
12. Причини появи похибок базування заготовки в призмі.
13. Від чого залежить похибка базування заготовки в призмі?
14. Схарактеризуйте жорсткі оправки.
15. Згідно з якими умовами розраховується виконавчий діаметр жорсткої оправки?
16. Схарактеризуйте розтискні оправки.
17. Схарактеризуйте установчі пальці.
18. Накресліть схеми встановлення заготовок на центрові гнізда та конічні фаски.
19. Схарактеризуйте установчі елементи-центри.
20. Від чого залежать похибки базування при обробці заготовок у центрах?
21. Накресліть схеми встановлення заготовок на два циліндричних отвори та перпендикулярну до них площину.
22. Визначіть, як формулюються умови, при яких можливе встановлення заготовок: на два циліндричних пальця, на один циліндричний і один зрізаний палець.
23. Варіанти встановлення заготовок на отвори та площину.
24. З чого складається принципова схема пристрою?
25. Порядок розробки принципової схеми пристрою.
26. Наведіть приклад принципової схеми пристрою.

# ТЕМА

# 3

## Затискні механізми верстатних пристроїв та їх розрахунк

### 3.1. Загальні відомості

Будь-який затискний пристрій у загальному випадку включає джерело сили та передавальний механізм (рисунок 3.1).

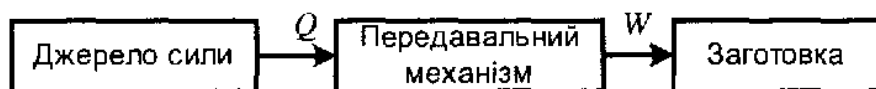


Рисунок 3.1. Структурна схема затискних пристроїв.

Початкове зусилля, яке розвивається джерелом, може створюватись або людиною за рахунок її мускульної енергії при використанні ручних затискачів, або яким-небудь приводом пневматичним, гідравлічним, електричним тощо.

Передавальний механізм у більшості конструкцій призначений для збільшення і зміни напрямку початкової сили  $Q$ , тобто для перетворення її у затискне зусилля  $W$  і для створення найбільш компактною конструкції затискного пристрою.

Метою силового розрахунку верстатного пристрою є визначення величини початкової сили і параметрів передавального (силового) механізму.

Знайдене значення початкової сили використовується надалі для вибору силового приводу або для розрахунку його параметрів при проектуванні. Початковими даними для розрахунку є сили і моменти різання та сили інерції, які виникають при обробці заготовки і які розраховуються за відомими емпіричними формулами теорії різання металів. При цьому повинні розглядатися такі конкретні режими і умови обробки, при яких сили і моменти різання виявляються найбільшими за величиною.

При токарній обробці визначають величини зусиль  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  (осьової, радіальної та тангенціальної складової сили різання). При свердлінні, розсвердлованні, зенкеруванні і розвертанні розраховуються крутний момент  $M_{кр}$  і осьова  $P_{ос}$ . При фрезеруванні знаходиться величина колової сили  $P_z$ . Сили інерції необхідно враховувати в розрахунку при переміщенні заготовок зі значними прискореннями.

## 3.2. Послідовність виконання силових розрахунків пристроїв

### Аналіз технологічної операції

Метою аналізу технологічної операції є уточнення прийнятої технологом схеми встановлення і закріплення заготовки. На цьому етапі вивчаються можливі місця та напрями прикладання сил різання, зусиль закріплення, аналізуються режими обробки, форма, матеріал та розміри установчих поверхонь заготовки. Усі ці фактори, що визначаються ескізом обробки, безпосередньо впливають на перебіг та результати розрахунку. У результаті аналізу можуть виникнути пропозиції щодо заміни установчих поверхонь заготовки, місць прикладання затискних зусиль, по вибору найбільш раціональної конструкції пристрою. При цьому дуже важливе значення має швидкодія затискача, зручність його експлуатації і надійність закріплення заготовки.

### Побудова розрахункової схеми

Цей етап є принципово важливим і потребує старанної проробки. Розрахункова схема являє собою ескіз заготовки у потрібній кількості проєкцій або в аксонометрії, зображеної в системі координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , на якій позначаються діючі на заготовку сили й моменти, точки їх прикладання з указанням відстаней. Як правило, на розрахунковій схемі відображаються сили і моменти різання, затискні зусилля, реакції опор і сили тертя. Бажано на розрахунковій схемі спрощено позначити установчі і затискні елементи пристрою з указанням їх основних розмірів та розмірів між ними.

Оскільки зусилля і моменти різання не залишаються постійними при обробці заготовки ні за величиною, ні за точкою прикла-

дання, то при побудові розрахункової схеми необхідно розглядати найбільш несприятливий випадок, коли їх значення будуть найбільшими, що відповідно призводить до необхідності прикладання найбільших зусиль закріплення.

### Складання рівнянь рівноваги заготовки

Зусилля закріплення визначаються шляхом розв'язання системи рівнянь рівноваги заготовки, одержаних на основі розрахункової схеми.

В загальному випадку таких рівнянь шість

1.  $\sum P_x = 0$ ;
2.  $\sum P_y = 0$ ;
3.  $\sum P_z = 0$ ;
4.  $\sum$  моментів  $P_x = 0$ ;
5.  $\sum$  моментів  $P_y = 0$ ;
6.  $\sum$  моментів  $P_z = 0$ ,

(3.1)

де  $\sum P_x$ ,  $\sum P_y$ ,  $\sum P_z$  – сума проєкцій усіх сил на осі  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  відповідно;  $\sum$  моментів  $P_x$ ,  $\sum$  моментів  $P_y$ ,  $\sum$  моментів  $P_z$  – сума моментів цих сил відносно осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  відповідно.

В багатьох випадках для точного розв'язання задачі розрахунку зусиль закріплення потребується складання і розв'язання складних диференціальних рівнянь руху. Але, як показує практика, багато задач динаміки з достатнім ступенем точності можна розв'язати, використовуючи відносно прості методи статки.

З шести можливих рівнянь статки (3.1) вибираються ті, які можуть бути застосовані до даного випадку. Рівняння рівноваги записуються у загальному вигляді з використанням умовних позначень сил, моментів і відстаней, указаних на розрахунковій схемі.

### Визначення коефіцієнта запасу

Оскільки при обробці заготовок виникають неминучі коливання сил і моментів різання, які викликаються різними факторами, при складанні рівнянь рівноваги заготовки величину затискного зусилля  $W$  необхідно збільшити у  $K$  разів.

$K$  – коефіцієнт запасу надійності закріплення заготовки  $У$  загальному випадку величина цього коефіцієнта може знаходитись у межах  $K = 1,5 \div 3$ , при чистовій обробці  $K = 1,5$ , при чорновій  $K = 2,5 \div 3$ . Величина  $K$  залежить від конкретних умов обробки заготовки.

### **Визначення необхідних затискних зусиль (сил закріплення) – $W$**

Затискні зусилля (сили закріплення) – це сили, які безпосередньо діють на заготовку і забезпечують незмінність її положення під час обробки відносно установчих елементів пристрою, величини цих сил визначаються шляхом розв'язання рівнянь (3.1). Якщо зусилля різання прагнуть зрушити заготовку в якому-небудь напрямку, то зусилля закріплення визначаються з рівнянь сил. У випадку, якщо сили різання прагнуть повернути заготовку навколо якої-небудь осі, необхідно розглядати також і рівняння моментів діючих сил. У загальному випадку розглядаються ті й інші рівняння, необхідним зусиллям закріплення приймається найбільше з одержаних значень.

### **Визначення величини початкової сили – $Q$**

Початкова сила – це сила на приводі, яка через передавальний механізм створює затискне зусилля на заготовці. Передавальний механізм у даному випадку називається силовим механізмом. Силкові механізми пристроїв поділяються на прості й комбіновані (тобто складені з двох, трьох зблокованих простих).

До простих механізмів відносяться гвинтові, клинові, ексцентриккові, важільні, важільно-шарнірні тощо.

Прості механізми прийнято називати затискачами. Комбіновані механізми звичайно виконуються як гвинтоважільні, ексцентриковажільні та називаються прихватами. У тих випадках, коли прості або комбіновані механізми використовують у компоновках з механізованим приводом (пневматичним, гідравлічним тощо), вони називаються механізмами-підсилювачами.

Величина початкової сили залежить від конкретної конструкції силового механізму і розраховується за відповідними формулами.

### 3.3. Розрахунок потрібних сил закріплення заготовок

Затискні механізми, які попереджують зміщення заготовки від дії сил

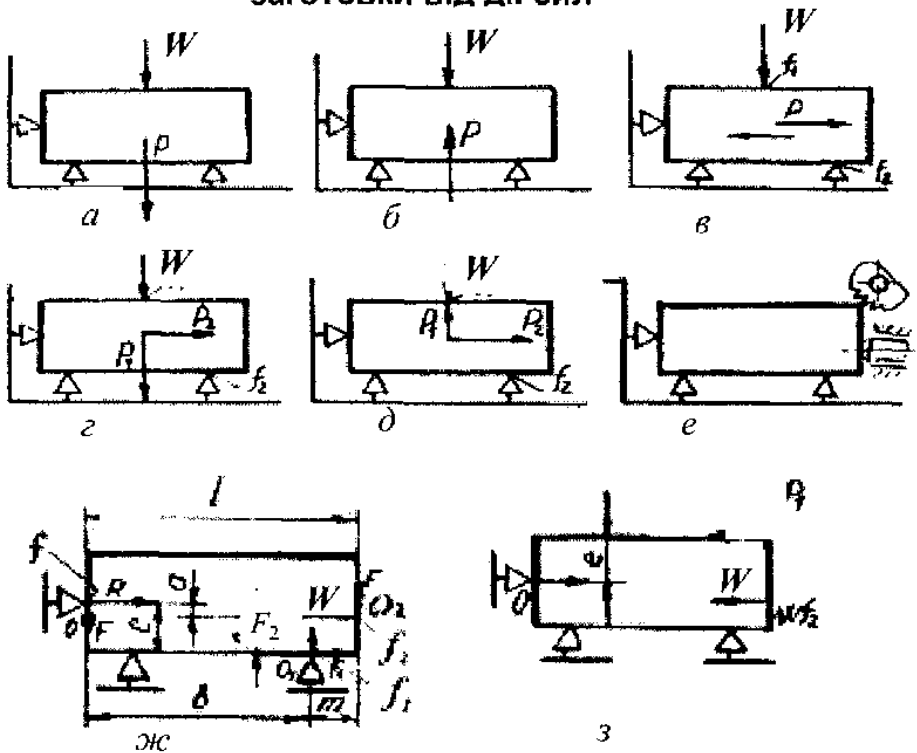


Рисунок 3.2. Розрахункові схеми для визначення затискних зусиль заготовки від зміщення

а) Сила  $P$ , яка виникає при обробці заготовки, і сила закріплення  $W$  притискують заготовку до опор пристрою (рисунок 3.2, а). Цій схемі відповідає цекування бобишок, протягування отворів тощо:

$$\text{при } P = \text{const}; W = 0; \quad (3.2)$$

Якщо виникають додаткові зсувні сили  $N$ , які направлені проти сил закріплення, то

$$W = KN, \quad (3.3)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу ( $K = 1,5$ ).

б) Сила  $P$  направлена проти затискного зусилля (рисунок 3.2 б), в даному випадку,

$$W = KP, \quad (3.4)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу.

в) Сили, які виникають при обробці, прагнуть відсунути заготовку від опор (маятникове фрезерування, фрезерування замкнених контурів) (рисунок 3.2, в).

Зміщенню заготовки запобігають сили тертя, які виникають у місцях контакту заготовки з опорами та затискними елементами пристрою.

Згідно з цією умовою повинна додержуватись нерівність:

$$P < Wf_1 + Wf_2, \quad (3.5)$$

де  $f_1$  і  $f_2$  – коефіцієнти тертя заготовки з установчими та затискними елементами відповідно.

Вводячи коефіцієнт запасу, одержимо остаточно:

$$W = \frac{KP}{(f_1 + f_2)}. \quad (3.6)$$

Цю розрахункову схему можна застосувати також для випадку встановлення заготовки на два отвори та перпендикулярну їх осям площину. З умов точності обробки та охорони базового отвору від вм'ятиши ромбічного пальця сила різання повинна сприйматись силою тертя на базовій площині заготовки, тобто пальці повинні бути повністю розвантажені.

г) Сила  $P_1$  притискує заготовку до опор, а сила  $P_2$  зсуває її з опор (рисунок 3.2, г).

Затискне зусилля  $W$  знаходимо за аналогією з попереднім випадком:  $kP_2 = (W + P_1)f_2 + Wf_1$ ,

звідки

$$W = \frac{(KP_2 - P_1f_2)}{f_1 + f_2}. \quad (3.7)$$

Якщо  $KP_2 < P_1f_2$  і нема вібрацій, то  $W = 0$ .

д) Сила  $P_1$  направлена назустріч силі закріплення (рисунок 3.2, д). Сила закріплення повинна бути достатньою для забезпечення контакту заготовки з опорами пристрою і запобігання її зсуванню в напрямку дії сили  $P_2$ .

Першій умові відповідає рівність:



$$W' = K_1 P_1, \quad (3.8)$$

а другій –

$$K P_2 = W'' f_1 + (W - P_1) f_2. \quad (3.9)$$

Звідси

$$W'' = \frac{P_1 \cdot f_2 + K_2 \cdot P_2}{f_1 + f_2}. \quad (3.10)$$

З одержаних значень  $W'$  і  $W''$  вибирають більше з них.

е) Заготовка закріплена горизонтальною силою  $W$  (рисунок 3.2, е). Необхідно вибрати плече «а» сили  $W$ , (рисунок 3.2, ж) при якому заготовка була б щільно притиснута до установчих елементів пристрою. На заготовку до обробки, крім  $W$ , діють сили (рисунок 3.2, ж):  $R$  і  $R_1$  – реакції опор;  $F, F_1, F_2$  – сили тертя;  $R_1, F, F_1, F_2$  – перешкоджають повороту заготовки за годинниковою стрілкою від дії сили  $W$ ;

Прирівнюючи суму моментів сил відносно точки  $O$  нулю, одержимо:

$$W = \frac{R_1(b + f_1 c)}{a - f_2 \ell}. \quad (3.11)$$

З суми моментів сил відносно точки  $O_1$ , що дорівнює нулю, знаходимо:

$$W(n + f_2 m) = R(c - f b),$$

де  $f, f_1, f_2$  – коефіцієнти тертя в місцях дотику заготовки, опор пристрою та затискних елементів.

Підставляючи в останню формулу значення  $W$  з виразу (3.11), одержимо:

$$\frac{R_1(b + f_1 c)(n + f_2 m)}{a - f_2 \ell} = R(c - f b). \quad (3.12)$$

Враховуючи те, що  $R_1 = R f - W f_2$ , знаходимо:

$$R = R_1 \left[ 1 + \frac{(b + f_1 c) f_2}{a + f_2 \ell} \right] \frac{1}{f}. \quad (3.13)$$

Підставляючи вираз (3.12) у формулу (3.13), після перетворення одержимо, що при будь-якому значенні  $W$

$$a \leq \frac{(b + f_1 c)(n + f_2 m) f}{c - f b} - (b + f c) + f_2 \ell. \quad (3.14)$$

При сталому процесі на заготовку діють сили  $P_1$  і  $P_2$  (рисунок 3.2, з).

З умови рівноваги  $Wa + Wf_2l - KP_2l - KP_1l = 0$

$$W = \frac{K(P_2l + P_1l)}{a + f_2l}, \quad (3.15)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу.

### Затискні механізми, які запобігають прокручуванню заготовки від дії моменту

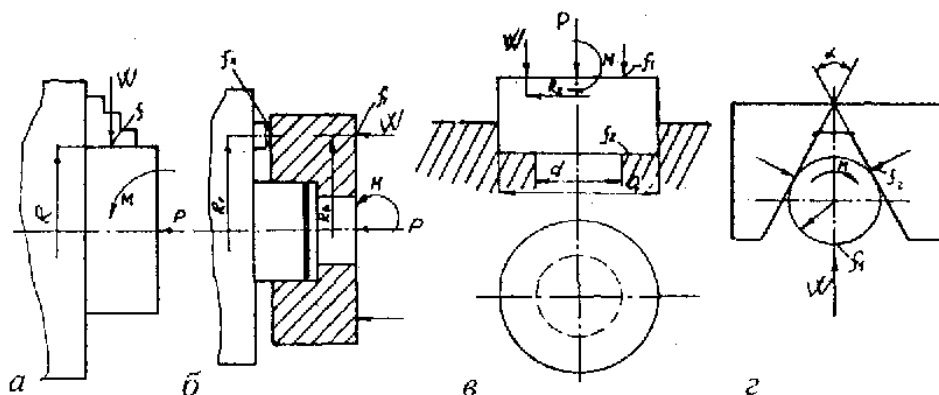


Рисунок 3.3. Розрахункові схеми для визначення затискних зусиль заготовки від прокручування

а) Заготовка, встановлена у трикулачковому патроні, перебуває під дією моменту  $M$  та осрової сили  $P$  (рисунок 3.3, а):

$$W = \frac{K M}{3 f R}, \quad (3.16)$$

де  $R$  – радіус заготовки;  $f$  – коефіцієнт тертя її поверхні у кулачках.

При великих значеннях  $P$  можуть додатково виникнути сили тертя між торцем заготовки і виступами кулачків.

Якщо  $\frac{P}{3} > f_1 W$ , де  $f_1$  – коефіцієнт тертя при зрушенні заготовки вздовж кулачків, то розрахунок  $W$  слід вести з умови:

$$KM = 3fRW + 3f_2R_1 \left( \frac{P}{3} - f_1W \right),$$

звідки:

$$W = \frac{KM - f_2 R_1 P}{3f R - 3f_1 f_2 R_1}, \quad (3.17)$$

де  $f_2$  – коефіцієнт тертя заготовки з уступами кулачків;  $R_1$  – середній радіус розташування площадки контакту.

При протилежному напрямку дії сили  $P$  слід користуватись формулою (3.16).

Значення  $W$  перевіряють на неможливість осьового зрушення заготовки за формулою:

$$KP = 3f_1 W; \quad (3.18)$$

б) Заготовка центрується за виточкою і притискується до трьох опор прихватами (рисунок 3.3, б). У процесі обробки виникають:  $M$  – зсувний момент;  $P$  – осьова сила.

При рівних реакціях опор можливі такі схеми розрахунку:

1) При жорсткому встановленні і достатній жорсткості закріплення у тангенціальному напрямку сила  $W$  знаходиться з рівняння:

$$KM = f_2 WR_1 + f_2 PR_1 + f_1 WR_2,$$

Звідки:

$$W = \frac{KM - f_2 PR_1}{f_1 R_2 + f_2 R_1}. \quad (3.19)$$

2) За тих же умов, але при малій тангенціальній жорсткості затискача тертя між заготовкою і прихватами не враховують, тому:

$$KM = f_2 WR_1 + f_2 PR_1,$$

Звідки:

$$W = \frac{KM - f_2 PR_1}{f_2 R_1}. \quad (3.20)$$

в) Заготовка встановлена на кільцеву поверхню (рисунок 3.3, в). При рівномірному тиску на поверхню маємо аналогічні два випадки розрахунку:

$$W = \frac{KM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + f_1 R_2}; \quad (3.21)$$

$$W = \frac{KM - \frac{1}{3} f_2 P \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}{\frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}. \quad (3.22)$$

г) Заготовка закріплена у призмі з кутом  $\alpha$  (рисунок 3.3, з). Без урахування тертя на торці маємо:

$$KM = f_1 RW + f_2 RW \frac{1}{\sin \alpha / 2},$$

звідки:

$$W = \frac{KM}{f_1 R + \frac{f_2 R}{\sin \alpha / 2}}, \quad (3.23)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя між заготовкою та затискачем при прокручуванні;  $f_2$  – коефіцієнт тертя між заготовкою та призмою.

Якщо заготовка зсувається під дією осевої сили  $P$  уздовж призми, то

$$W = \frac{KP}{f_1' + f_2' \frac{1}{\sin \alpha / 2}}, \quad (3.24)$$

де  $f_1'$  та  $f_2'$  – коефіцієнти тертя між заготовкою та затискачем і між заготовкою та призмою у повздовжньому напрямку, відповідно.

### Затискні механізми, які запобігають зміщенню заготовки від дії кількох одночасно діючих моментів

а) В заготовці одночасно обробляється  $n$  отворів мірним інструментом (зенкер, розвертка, циковка) з паралельно розташованими отворами (рисунок 3.4, а). При малій радіальній жорсткості (великий виліт інструменту, робота без кондукторних втулок) на заготовку діє сумарний момент  $\sum_{i=1}^n M_i$  від інструментів.

Силу закріплення і місце її прикладання вибирають так, щоб момент тертя, який утримує заготовку, дорівнював:

$$M_{\text{тер}} = K \sum_{i=1}^n M_i.$$

Якщо заготовка закріплена у призмі (рисунки 3.4, а), то для розрахунку сили закріплення можна застосувати формули (3.23), (3.24) схеми (рисунки 3.3, г).

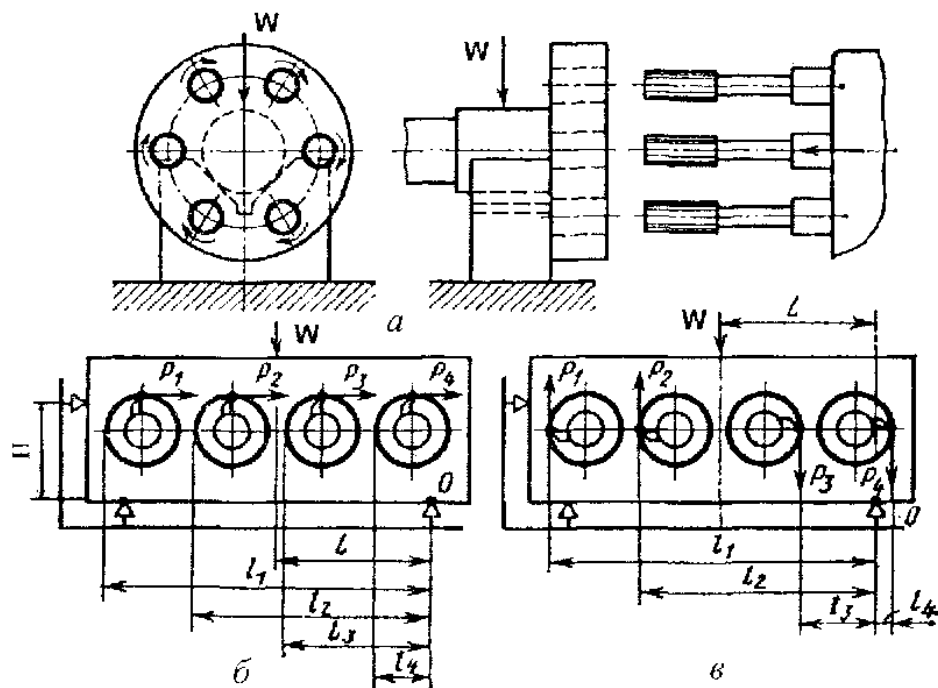


Рисунок 3.4. Схеми для визначення сил закріплення заготовок при багатоінструментальній обробці

При великій радіальній жорсткості сила закріплення зменшується. (Можна звести до «0» – два зенкери обертає вправо, два – вліво).

б) У заготовці одночасно розточується декілька паралельно розташованих отворів однорізцевими скалками (рисунки 3.4, б). При найневигоднішому кутовому розташуванні різців виникає сумарна сила зсуву:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n.$$

Сила закріплення в такому випадку:

$$W = \frac{KP}{f_1 + f_2}, \quad (3.25)$$

де  $f_1$  і  $f_2$  – коефіцієнти тертя відповідно між заготовкою і затискними елементами, заготовкою і опорами.

Момент відносно точки «0» від сили  $P$  дорівнює  $M = PH$ .

Він повинен бути зрівноважений моментом від сили  $W$ , рівним  $M_1 = WL$ .

Вводячи коефіцієнт запасу  $K$ , одержимо силу закріплення з умов прикладання моментів:

$$W = \frac{KPH}{L}, \quad (3.26)$$

$$W = \frac{K(P_1\ell_1 + P_2\ell_2 + P_3\ell_3 + \dots + P_n\ell_n)}{L}. \quad (3.27)$$

Визначаючи силу з умов (3.27), (3.28), (3.29), вибираємо її найбільше значення для даного конкретного випадку.

При синхронному обертанні шпинделів можна встановити розташування різців (рисунок 3.4, в), при якому умова (3.25) відповідає, а умова (3.27) набуде вигляду:

$$W = \frac{K[(P_4\ell_4 + P_3\ell_3) + (P_2\ell_2 + P_1\ell_1)]}{L}. \quad (3.28)$$

Силу закріплення у цьому випадку можна значно зменшити.

### Затискні механізми, які запобігають прокручуванню заготовки від дії бічних сил

Заготовка встановлена на три опори і базується бічними площинами (рисунок 3.5). Сила різання  $P$  прагне повернути заготовку навколо бічної опори  $\theta$ . Зміщенню заготовки перешкоджають сили тертя у місцях її контакту з опорами (коефіцієнт тертя  $f_1$ ) і з затискними механізмами (коефіцієнт тертя  $f_2$ ).

Якщо сила закріплення прикладена у центрі  $M$  опорного трикутника, то умова рівноваги має вигляд:

$$KPr = W[f_1(r_1 + r_2 + r_3)/3 + f_2r_4]; \quad (3.29)$$

звідки:

$$W = \frac{3KPr}{f_1(r_1 + r_2 + r_3) + 3f_2r_4}. \quad (3.30)$$

Якщо точка прикладання сили закріплення  $M'$  не збігається з центром  $M$  опорного трикутника, то рівність реакцій опор порушується.

Для загального випадку умова рівноваги буде:

$$KPr = fW(ar + br + cr) + f_2Wr, \quad (3.31)$$

де коефіцієнт  $a$ ,  $b$ ,  $c$  у сумі складають одиницю і знаходять їх з умов статички.

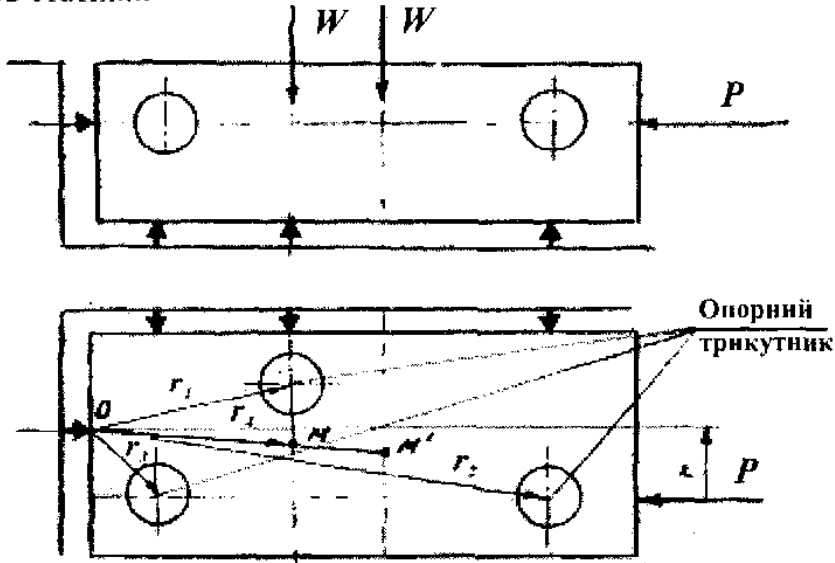


Рисунок 3.5. Розрахункова схема визначення сил закріплення заготовок

З виразу (3.31) маємо:

$$W = \frac{3KPr}{f_1(ar_1 + br_2 + cr_3) + f_2r_4} \quad (3.32)$$

**Приклади розрахункових схем і формули для визначення затискних зусиль при конкретному виді обробки**

**Розрахункові схеми та формули для визначення необхідних зусиль затиску при обробці заготовок на свердлильних верстатах**

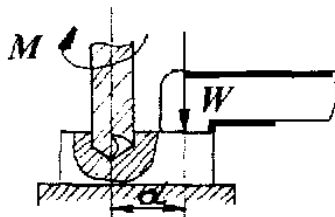


Рисунок 3.6. Затиск заготовки прихватами при свердлінні

$$W = \frac{KM}{fd}, \quad (3.33)$$

де  $W$  – необхідне зусилля затиску, Н (кгс);  $K$  – коефіцієнт запасу;  $M$  – крутильний момент на свердлі, Нм (кгс.мм);  $f$  – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях притискачів;

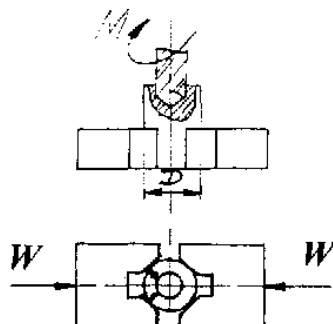


Рисунок 3.7. Затиск заготовки призмами при свердлінні

$$W = \frac{KM \sin \frac{\alpha}{2}}{fD}, \quad (3.34)$$

де  $\alpha$  – кут призми, град;

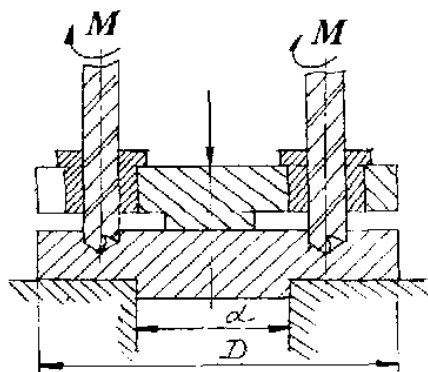


Рисунок 3.8. Затиск заготовки кондукторною плитою при свердлінні

$$W = \frac{KMn}{\frac{1}{3}f \left( \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right)}, \quad (3.35)$$



де  $n$  – кількість одночасно працюючих свердел.

Розрахункові схеми та формули для визначення необхідних зусиль затиску при обробці заготовок на фрезерних верстатах.

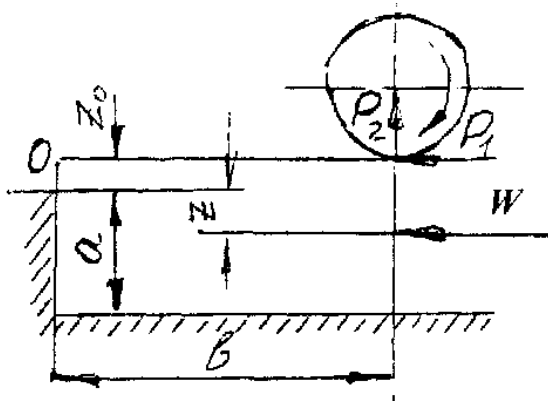


Рисунок 3.9. Затиск заготовки бічною силою при фрезеруванні

$$W = K \frac{P_2 b + P_1 Z_0}{Z + b f}, \quad (3.36)$$

де  $W$  – необхідна сила затиску, Н (кгс);  $K$  – коефіцієнт запасу;  $P_1$ ,  $P_2$  – складові сили різання, Н (кгс);  $f$  – коефіцієнт тертя на робочих поверхнях притискачів;

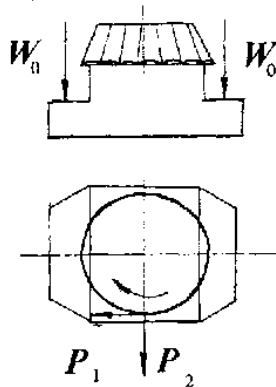


Рисунок 3.10. Затиск заготовки прихватами при фрезеруванні

$$W = \frac{K}{f} \sqrt{P_1^2 + P_2^2}, \quad (3.37)$$

$$W_0 = \frac{W}{n},$$

де  $n$  – кількість прихватів.

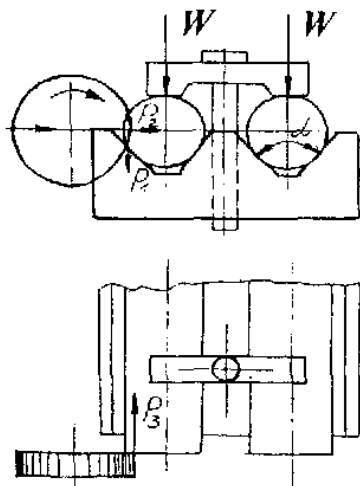


Рисунок 3.11. Затиск заготовки прихватами на призмах при фрезеруванні

$$W = \frac{K}{f} \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + P_3^2}, \quad (3.38)$$

де  $\alpha$  – кут призми, град.

### Розрахункові параметри для визначення сил закріплення

Для розрахунку сил закріплення необхідно знати:

- 1) величини коефіцієнтів тертя;
- 2) значення коефіцієнта запасу,  $K$ .

1. Залежність між коефіцієнтом тертя  $f$  і нормальною силою  $N$  можна визначити для заготовок з сірого чавуну і конструкційної сталі виразом [8]

$$f = 5 \cdot 10^{-5} N + 0,2, \quad (3.39)$$

де  $N$  – нормальна сила на  $1\text{см}^2$  робочої поверхні установчого елемента.

В розрахунках коефіцієнт тертя можна приймати рівним [8]:

$f = 0,16$ , якщо заготовка встановлена на установчі елементи обробленою поверхнею;

$f = 0,18 - 0,30$  – при встановленні необробленими поверхнями на сферичні опорні поверхні;

При встановленні заготовки в трикулачковому патроні коефіцієнт тертя рекомендується приймати рівним:

$f = 0,16 - 0,18$  – при гладких губках;

$f = 0,30 - 0,40$  – при губках з кільцевими канавками;

$f = 0,40 - 0,50$  – при губках з взаємно перпендикулярними канавками;

$f = 0,70 - 1,0$  – при губках з гострими рифленнями.

2. Для визначення точного значення коефіцієнта запасу  $K$  рекомендується використовувати залежність: [8]

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.40)$$

де  $K_0$  – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків обробки;  $K_1$  – коефіцієнт, який залежить від стану поверхневого шару заготовки;  $K_2$  – коефіцієнт, який ураховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту;  $K_3$  – коефіцієнт, який ураховує збільшення сили різання при обробці переривчастих поверхонь;  $K_4$  – коефіцієнт, який ураховує неоднаковість затискних зусиль, прикладених до заготовки;  $K_5$  – коефіцієнт, який ураховує зручність розташування рукояток у ручних затискачах.

$K_0 = 1,5$ ;

$K_1 = 1,0$  – для попередньо оброблених заготовок;

$K_1 = 1,2$  – для виливаних та штампованих заготовок;

$K_2 = 1,0 - 1,5$  – залежно від метода обробки;

$K_3 = 1,0$  – при обробці суцільних поверхонь;

$K_3 = 1,2$  – в інших випадках;

$K_4 = 1,0$  – при використанні механізованих притискачів;

$K_4 = 1,3$  – в інших випадках;

$K_5 = 1,2$  – при необхідності повороту рукоятки на кут, більший  $90^\circ$ ;

$K_5 = 1,0$  – в інших випадках.

Таким чином, значення коефіцієнта запасу при всіх сприятливих умовах не може бути меншим за 1,5.

До другорядних належать сили, які виникають при відведенні різального інструменту (свердла, мітчика, розвертки).

### Класифікація силових механізмів

Силкові механізми пристроїв поділяють на прості та комбіновані. Комбіновані, у свою чергу, поділяють на одно- та багатоланкові. Одноланкові за ступенем механізації можуть бути ручними, механізованими та автоматизованими. Найширше використовують затискачі з такими приводами: ручні – із механічним і механогідравлічним; механізовані – із пневматичним, гідравлічним, пневмогідравлічним, електричним, електромагнітним (магнітним) і вакуумним; в автоматизованих пристроях застосовують робочі органи верстата або відцентрові та інерційні сили. Класифікацію силових механізмів показано на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14. Класифікація силових механізмів

## Вимоги до затискачів

Основні вимоги до затискачів:

- надійність у роботі, простота конструкції, зручність в обслуговуванні;
- не повинні деформувати закріплені заготовки та псувати їх поверхні;
- заготовки потрібно закріплювати та відкріплювати з мінімальною витратою сил і часу;
- мають забезпечувати рівномірне затискання заготовки, особливо в багатомісних пристроях;
- не повинні зсувати заготовку при її закріпленні і при можливості не сприймати сили різання;
- забезпечувати сталу силу затиску;
- у ручних затискачах сила на рукоятці не повинна перевищувати 150Н. Граничні моменти, які можна розвинути рукою на маховичках і рукоятках різних конструкцій і розмірів, наведено в таблиці 3.1 [8].

## 3.5. Прості затискачі

### Гвинтові затискачі

Гвинтові затискачі застосовують у пристроях із ручним закріпленням заготовок, пристроях механізованого типу, а також на автоматичних лініях при використанні пристроїв-супутників; вони прості, компактні та надійні в роботі.

Правильно сконструйований гвинтовий затискач, крім гвинта 3 (рисунок 3.15, *a*) [4], повинен складатись з прямої нарізної втулки 2 зі стопором 5, і гайки з рукояткою чи головкою 4. Втулка виконується з шестигранним, квадратним чи круглим буртиком з двома лисками для загвинчування її в корпус пристрою. При зношуванні цю втулку легко замінити. Наконечник призначений для збільшення поверхні зіткнення затискача з оброблюваною заготовкою, в результаті чого зменшується тиск на заготовку, а отже, і деформація зминання заготовки. Крім того, наконечник, переміщуючись тільки поступально, майже виключає виникнення моменту тертя в місці зіткнення з заготовкою і тим самим не порушує положення заготовки, яке визначено установчими елементами. Утримується наконечник на шийці гвинта за допомогою двох

### 3.4. Призначення, класифікація та вимоги до затискачів

Основне призначення затискачів – забезпечити надійний контакт заготовки з установчими елементами, запобігти її зміщенню та вібраціям під час обробки (рисунок 3.12, *а*). Уведення допоміжних затискачів збільшує жорсткість технологічної системи, що сприяє підвищенню точності та продуктивності обробки. Схему встановлення заготовки на опори 1–6 показано на рисунку 3.12, *б*; туг крім основного затискача  $W_1$  допоміжний затискач  $W_2$  надає системі більшої жорсткості. Опора 7 виконується самовстановленою. Затискачі використовують також для забезпечення правильного встановлення та центрування заготовки. Ці пристрої виконують функцію встановлювально-затискних механізмів. До них належать самоцентруючі патрони, цангові затискні пристрої тощо, показані на рисунку 3.12, *в* і *г*.

Потреба закріплювати заготовку відпадає, якщо її маса велика, а сили різання малі (наприклад, при свердлінні дрібних отворів у важкій сталі), а також тоді, коли сили, що виникають при обробці, притискають заготовку до установчих елементів. Приклади обробки заготовок і складання без закріплення показано на рисунку 3.13, *а, б*. Потреба закріплювати базову деталь 1 (рисунок 3.12, *в*), в якому запресовують втулку 2, визначається умовою

$$G > F,$$

де  $G$  – сила ваги деталі 1;  $F$  – сила тертя на поверхні штифту 3, яка утримує втулку від падіння при складанні.

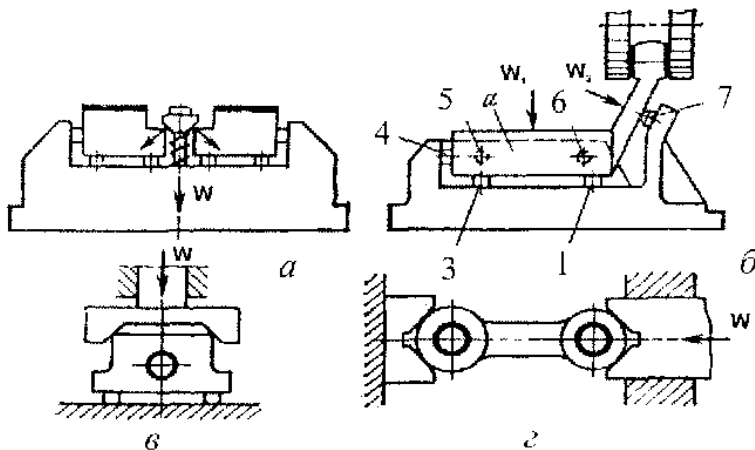


Рисунок 3.12. Схеми затискних пристроїв

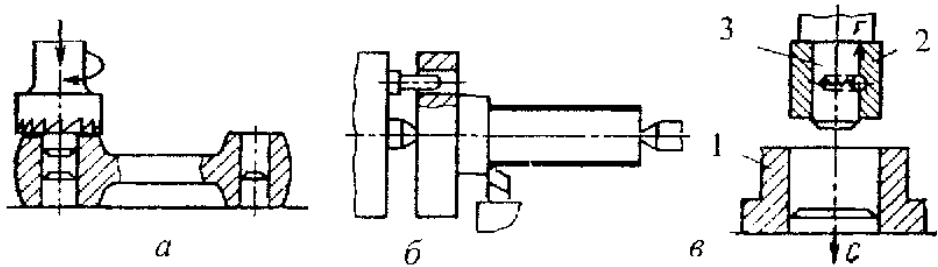


Рисунок 3.13. Схеми обробки (складання) без закріплення

При обробці на заготовку діють сили різання, об'ємні сили, а також сили другорядні та випадкового характеру, які визначають можливе зміщення заготовки. За значенням, напрямом і місцем прикладання сили різання є змінним чинниками. При несталому режимі (врізання інструменту) сила різання збільшується від нуля до максимального значення і зменшується від максимального значення до нуля (схід інструменту). При сталому режимі вона також є несталою і змінюється в певних межах. Амплітуда коливання сили різання в цьому разі досягає 0,1 її номінального значення.

Точка прикладання сили різання в процесі обробки безперервно переміщується на оброблюваній поверхні. Тому сила різання має не статичний, а динамічний характер. При обробці переривчастих поверхонь динамічність різання зростає ще більшою мірою. Із затупленням інструменту сила різання збільшується на 10–30% і більше.

Об'ємні сили, тобто сили ваги заготовки, відцентрові та інерційні, виникають за певних умов обробки. Сила ваги заготовки діє і враховується при її встановленні на вертикальні або похило розташовані елементи; вона створює різні умови закріплення, якщо обробку виконують у поворотних пристроях. У процесі обробки різанням маса заготовки безперервно зменшується і змінюється положення її центра ваги. Відцентрові сили виникають у процесі обробки при зміщенні центра ваги заготовки відносно її осі обертання. Відцентрові сили та моменти (при динамічному дисбалансі), що діють на заготовку, можна порівняти із силами різання при чистовій обробці. Інерційні сили (моменти) виникають і мають значення тоді, коли заготовка виконує зворотно-поступальний рух або обертається з великим кутовим прискоренням (наприклад, при гальмуванні шпинделя).

штифтів 6, які запресовано в наконечник і вільно розміщено в проточці гвинта, що дозволяє йому самоустановлюватись на заготовці у випадках, коли поверхня заготовки не перпендикулярна до осі затискного гвинта.

Конструкція наконечників (рисунок 3.15, б-д) відрізняється від конструкції, що зображена на рисунку 3.15, а, більшою міцністю кінця гвинта, оскільки діаметр шийки гвинта для наконечників (рисунок 3.15, б і д) може бути прийнятим рівним внутрішньому діаметру нарізної частини гвинта, а для наконечників (рисунок 3.15, в і г) цей діаметр може дорівнювати зовнішньому діаметру гвинта. Наконечники (рисунок 3.15, б-г) нагвинчуються на нарізний кінець гвинта і так же само, як і наконечник, показаний на рисунку 3.15, а, можуть вільно самоустановлюватись на оброблюваній заготовці. Наконечник (рис. 3.15, д) вільно одягається на сферичний кінець гвинта і утримується на ньому за допомогою спеціальної гайки.

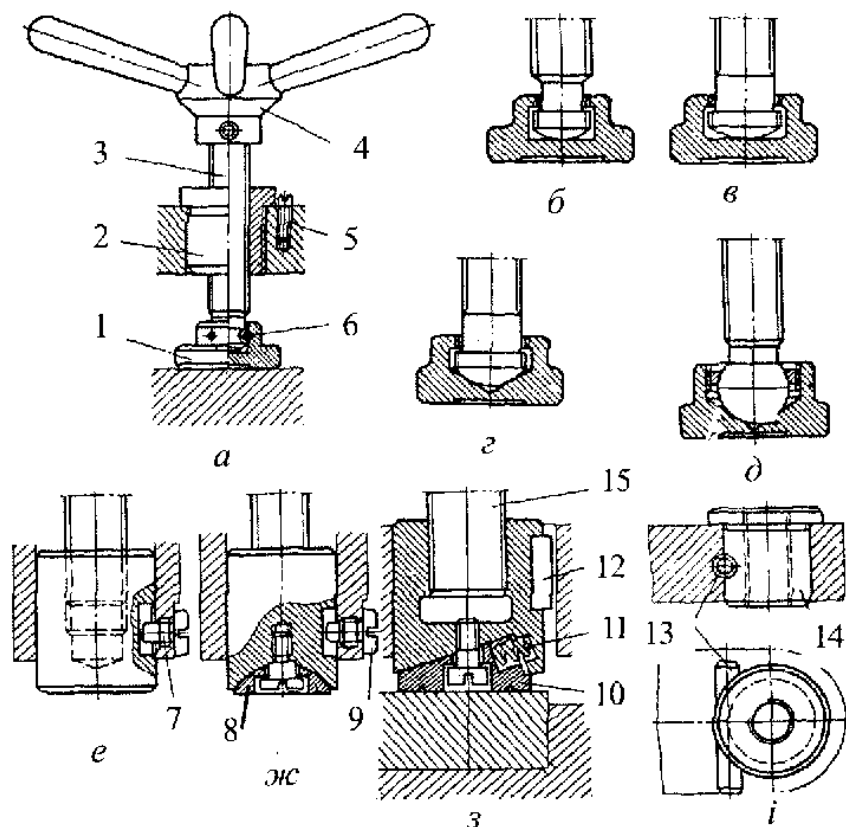


Рисунок 3.15. Індивідуальний гвинт та типові наконечники



Наконечники (рис. 3.15, *е–з*) відрізняються від попередніх тим, що вони точно направляються за допомогою отворів в корпусі пристрою (чи у втулці, що запресована в корпус) і нагвинчуються безпосередньо на затискний гвинт 15, який в даному випадку застопорений, щоб запобігти його осьовому переміщенню (він тільки обертається). Для забезпечення надійного закріплення оброблюваної заготовки при звичайному обертанні гвинта у напрямку годинникової стрілки – якщо дивитись на гвинт з боку його рукоятки – нарізка на ньому має бути лівою. Конструкції, що показано на рисунку 3.15, *е і з*, призначені для закріплення заготовок за обробленими площинами, конструкція, що показана на рисунку 3.15, *ж*, може бути використана і на необробленій площині заготовки внаслідок того, що в цій конструкції передбачено п'яту 8, яка може хитатись. Гвинти 7 і 9 і шпонка 12 запобігають прокручуванню наконечників. Клин 10 дозволяє затискувати оброблювану заготовку в двох напрямках: у напрямку осі гвинта і напрямку, перпендикулярному до цієї осі. Це забезпечується тим, що сила  $N$ , яка діє на клин з боку наконечника, направлена перпендикулярно до похилої поверхні клина і розкладається на дві складові. Перша складова створює на поверхні зіткнення клину з оброблюваною заготовкою силу затиску, а друга – зсуває клин разом з заготовкою долаючи при цьому опір пружини 11, яка повертає клин у вихідне положення в момент розкріплення оброблюваної заготовки.

Жорсткі, точно направлені наконечники (рисунк 3.15, *е, ж і з*) рекомендується застосовувати у випадках коли в процесі обробки виникають сили, що зсувають оброблювану заготовку у напрямку, перпендикулярному до осі гвинта. Наконечники, що хитаються (рисунк 3.15, *а – д*), слід застосовувати у випадках, коли такі сили не виникають.

Гвинти і наконечники при виготовленні необхідно піддавати термічній обробці, яка забезпечує твердість цим деталям в межах  $HRC\ 35-40$ .

Напрямна нарізна втулка 2, що показана на рисунку 3.15, *а*, надійна і зручна, оскільки дозволяє розміщувати її в будь-якому корпусі, на будь-якій відстані від краю корпусу. Менш зручна втулка 14 з гладкою зовнішньою поверхнею (рисунк 3.15, *і*), яка запресовується в корпус за однією з перехідних посадок і додатково утримується від прокручування штифтом 13. Таку втулку для

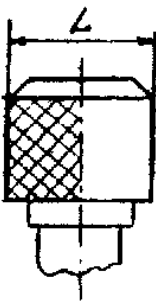
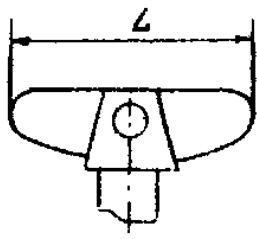
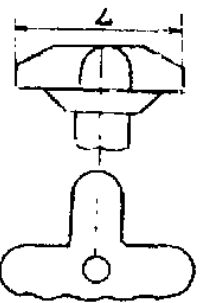
запобігання поломки корпусу при її запресуванні, можна встановлювати на певній відстані від країв корпусу і тільки там, де можна обробляти отвір для стопорного штифта.

Напрямні втулки виготовляють з вуглецевої конструкційної сталі марок 35 або 45 звичайно без загартування (твердість HB300–350). Застосування змінних втулок обумовлено тим, що недоцільно нарізувати парітку для гвинта безпосередньо в корпусі пристрою, оскільки корпус звичайно виготовляють із чавуну і нарізка в ньому швидко зношується.

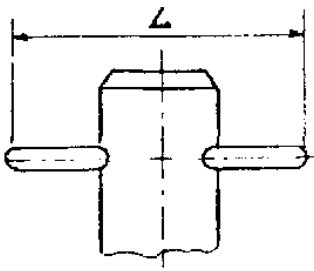
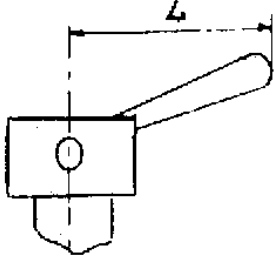
Рукоятки для керування гвинтом виконують у виді змінних головок різної конструкції і розміщують на нарізний, гранений чи циліндричний зі шпонкою кінець гвинта, на якому стопоряться звичайно за допомогою гвинта. Деякі форми головок показано в таблиці 3.1.

Основними недоліками гвинтових затискачів є громіздкість, недостатня швидкість дії, нестійкість сили затиску і швидка стомлюваність робітника.

**Таблиця 3.1 – граничні моменти, які можна одержати при різних конструктивних формах головок і рукояток гвинтів**

					
<i>L</i> , мм	<i>M</i> , Н·см	<i>L</i> , мм	<i>M</i> , Н·см	<i>L</i> , мм	<i>M</i> , Н·см
20	70...150	30	120...250	40	400...650
24	90...180	35	250...500	50	500...700
30	100...220	45	400...650	60	600...800
36	120...250	50	500...750	80	800...950
		70	700...850	–	

Продовження таблиці 3.1

			
$L, \text{ мм}$	$M, \text{ Н}\cdot\text{см}$	$L, \text{ мм}$	$M, \text{ Н}\cdot\text{см}$
80	7000...850	75	850...1300
100	800...950	94	920...1400
120	9000...1100	117	1000...1500
140	1000...1300	150	1100...1600

### Визначення сили затиску, що створюється гвинтовим затискачем

Затиск здійснюється гайкою (рисунок 3.16 поз. 1). В цьому випадку при загвинчуванні гайки момент сили, що прикладений до гайкового ключа (чи до рукоятки головки), витрачається на подолання моменту  $M_2$  сили тертя в нарізному з'єднанні гайки з гвинтом і моменту  $M_3$  сили тертя на опорній поверхні гайки. Момент загвинчування гайки визначається за формулою:

$$M_1 = Q\ell, \quad (3.41)$$

де  $Q$  – сила, що прикладена до гайкового ключа;  $\ell$  – розрахункова довжина ключа (рукоятки).

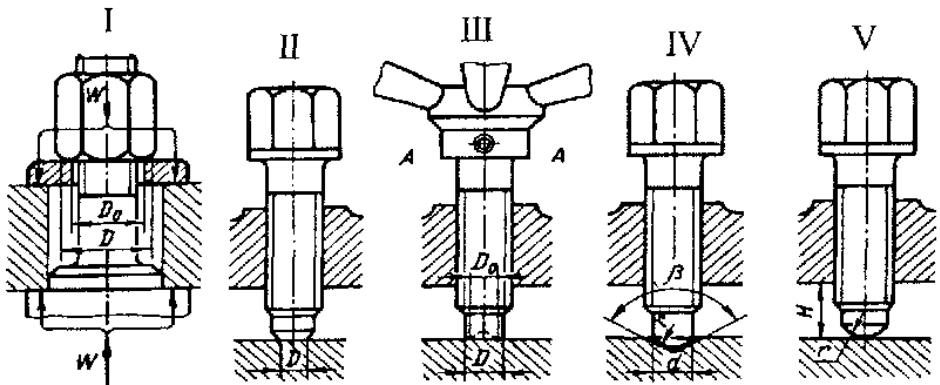


Рисунок 3.16. Схеми для розрахунку гвинтів

Момент сили тертя в нарізному з'єднанні визначиться з виразу [4]:

$$M_2 = W \frac{d_{\text{сер}}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.42)$$

де  $W$  – сила затиску;  $d_{\text{сер}}$  – середній діаметр нарізки;  $\alpha$  – кут піднімання нарізки;  $\varphi = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos \beta}$  – зведений кут тертя в нарізці ( $f$  – коефіцієнт тертя;  $\beta$  – кут профілю нарізки).

Момент сили тертя на опорній поверхні гайки [4]:

$$M_3 = W \frac{f_1}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (3.43)$$

де  $f_1$  – коефіцієнт тертя на опорній поверхні гайки (можна приймати  $f_1 = f$ );  $D$  – найбільший діаметр опорної поверхні гайки;  $d$  – діаметр отвору для болта в шайбі.

З умови рівноваги системи можна записати  $M_1 = M_2 + M_3$ , чи підставляючи значення з виразів (3.41), (3.42), (3.43), одержимо:

$$Q\ell = W \left[ \frac{d_{\text{сер}}}{2} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \frac{f}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right]. \quad (3.44)$$

Якщо замість шайби під гайкою розмістити упорний кульковий підшипник, то у формулі (3.44) другий член у квадратних дужках можна прийняти рівним нулю. Тоді розрахункова формула прийме вид:

$$W = \frac{Q\ell}{r_{\text{сер}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}. \quad (3.45)$$

**Затиск здійснюється торцевою частиною гвинта.** В цьому випадку величина сили затиску залежить від форми торця гвинта і від форми поверхні, на яку опирається гвинт. Для гвинтів типу II у формулі (3.44) змінюється другий доданок у квадратних дужках, оскільки в цьому випадку  $d = 0$  і розрахункова формула набуває такий вид [4]:

$$W = \frac{Q\ell}{r_{\text{сер}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + f \frac{D}{3}}. \quad (3.46)$$

Для гвинтів типу III використовується формула (3.44). Для гвин-

тів типу IV з заокругленим торцем радіуса  $r$ , які обпираються на коло діаметром  $d$  конусного поглиблення з кутом  $\beta$

$$W = \frac{Ql}{r_{\text{сеп}} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + r f \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}. \quad (3.47)$$

Для гвинтів типу V використовується формула (3.45).

Приблизно номінальний діаметр гвинта визначається за формулою [8]:

$$d = c \sqrt{\frac{W}{\sigma}}, \quad (3.48)$$

де  $c = 1,4$  – коефіцієнт для основної метричної нарізки;  $\sigma$  – допустиме напруження матеріалу гвинта при розтягуванні (стискуванні).

При проектуванні затискних гвинтів типів II і III доцільно перевіряти їх торці на напругу зминання, користуючись формулою:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{W}{F_{\text{зм}}} \leq [\sigma], \quad (3.49)$$

де  $F_{\text{зм}} = \frac{\pi D^2}{4}$  – для гвинта типу II;  $F_{\text{зм}} = \frac{\pi(D^2 - D_0^2)}{4}$  – для гвинта типу III.

Торці гвинтів типів IV і V, оскільки контакт першого з планкою чи з оброблюваною заготовкою відбувається по колу, а другого – в точці, доцільно перевіряти за контактними напруженнями користуючись формулою [4]:

$$\sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{q \frac{E_{\text{зв}}}{\rho_{\text{зв}}}} \leq [\sigma_{\text{кн}}], \quad (3.50)$$

де  $q$  – навантаження, що дорівнює відношенню сили  $W$  до довжини лінії контакту (для гвинтів типу IV  $q = \frac{W}{\pi d}$ , для гвинтів типу V

$q = W$ );  $E_{\text{зв}}$  – зведений модуль пружності матеріалів заготовок, що контактуються;  $\rho_{\text{зв}}$  – зведений радіус кривизни поверхонь заготовок, що контактуються, в місці їх контакту;  $[\sigma_{\text{кн}}]$  – допустима контактна напруга.

Зведений модуль пружності визначається з виразу:

$$E_{\text{зв}} = \frac{2E_1 E_2}{E_1 + E_2},$$

де  $E_1$  і  $E_2$  – відповідно модулі пружності матеріалів тіл, що контактуються.

При однакових матеріалах  $E_1 = E_2$ , тому  $E_{\text{зв}} = \frac{2E_1^2}{2E} = E_1$ .

Зведений радіус кривизни визначається за формулою:

$$\rho_{\text{зв}} = \frac{\rho_1 \rho_2}{\rho_1 + \rho_2},$$

де  $\rho_1$  – радіус кривизни торця гвинта в місці його контакту з заготовкою;  $\rho_2$  – радіус кривизни заготовки в місці її контакту з гвинтом.

При закріпленні плоскої деталі  $\rho_2 = \infty$ , тому  $\rho_{\text{зв}} = \rho_1$ .

Для гвинтів типів IV і V  $\rho_{\text{зв}} = r$ .

Допустима контактна напружка вибирається у залежності від межі текучості  $\sigma_T$  матеріалу деталей, що контактуються і міцність якої найменша. Формула (3.50) для торця гвинта типу IV набуває, з врахуванням сказаного, такий вид:

$$\sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{\frac{WE}{\pi d r}},$$

а, для торця гвинта типу V:

$$\sigma_{\text{кн}} = 0,418 \sqrt{\frac{WE}{r^2}}.$$

Рекомендується також перевірити міцність гвинта в місці, де на нього нагвинчено рукоятку (чи головку), тобто в найбільш слабому місці (рисунок 3.16, переріз А-А). В цьому перерізі під дією моменту  $M_1$  виникають дотичні напружки кручення:

$$\tau = \frac{M_1}{W_p}. \quad (3.51)$$

Величину полярного моменту опору  $W_p$  можна визначити за формулою:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2d^3, \text{ або з довідників.}$$

Розрахункова напруга  $\tau$  порівнюється з допустимою, яку приблизно можна прийняти за рівнянням  $[\tau] \approx (0,2 \div 0,3)\sigma_T$ .

Гвинти типів II, III і IV на ділянці  $H$  сприймають напругу кручіння під впливом моменту тертя на робочому торці гвинта і напругу стискання під дією сили  $W$ .

Напруга кручіння визначається за формулою (3.51), в якій для гвинтів типу II  $M = 1/3WfD$ , для гвинтів типу III момент кручіння підраховується за формулою, що подібна формулі (3.43), а момент опору за формулою [4]:

$$W_p = \frac{\pi D^3(1 - \Delta^4)}{16},$$

$$\text{де } \Delta = \frac{d}{D}.$$

для гвинтів типу IV:

$$M = \frac{W' f d}{2 \sin \beta} = W f r \operatorname{ctg} \beta.$$

Напруга стискання у всіх випадках розраховується за формулою

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{W}{F},$$

де  $F$  – найменша площа поперечного перерізу гвинта на ділянці  $H$ .

За визначеними значеннями  $\tau$  і  $\sigma_{\text{ст}}$  визначають зведену напругу  $\sigma_{\text{зв}}$ , яка і порівнюється з допустимою

$$\sigma_{\text{зв}} = \sqrt{\sigma_{\text{ст}}^2 + 3\tau^2} \leq [\sigma_{\text{ст}}]. \quad (3.52)$$

Ділянка  $H$  гвинтів типу V не зазнає напруги кручіння і перевіряється тільки за напругою стискання.

### Клинові затискачі

Клинові затискачі широко застосовуються у верстатних пристроях. Основними елементами їх є одно-, дво- і трискісні клини. Використання таких елементів обумовлено простотою і компактністю конструкції, швидкістю дії і надійністю в роботі, можливістю використання їх як у якості затискного елемента, що діє безпосередньо на закріплювану заготовку, так і у якості проміжної

лапки, наприклад, ланки-підсилювача в інших затискних пристосуваннях. Звичайно використовують самогальмуючі клини. Умова самогальмування односкісного клина 3 (рисунок 3.17, а) виражається залежністю [4]

$$\alpha < 2\varphi, \quad (3.53)$$

де  $\alpha$  – кут клина;  $\varphi$  – кут тертя на поверхнях  $H$  і  $\Gamma$  контакту клина зі сполучуваними деталями.

Самогальмування забезпечується при куті  $\alpha = 12^\circ$ , проте для запобігання того, щоб вібрації і коливання навантаження в процесі використання затискача не послабили б закріплення заготовки, часто застосовують клини з кутом  $\alpha < 12^\circ$ .

Внаслідок того, що зменшення кута  $\alpha$  призводить до підсилення самогальмівних властивостей клина, необхідно при конструюванні привода до клинового механізму, передбачати пристосування, які б полегшували виведення клину з робочого стану, оскільки звільнити навантажений клин важче, ніж ввести його в робочий стан.

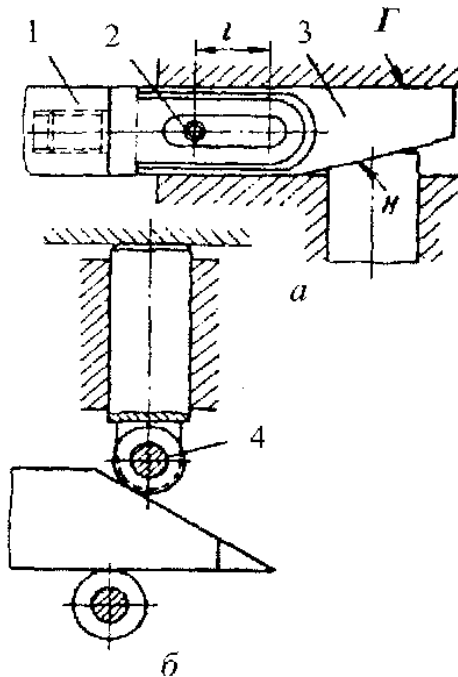


Рисунок 3.17. Клинові затискачі



Цього можна досягти шляхом з'єднання штока приводного механізму з клином (рисунок 3.17, *a*). При русі штока 1 вліво він проходить шлях  $\ell$  вхолосту, а потім, ударяючись в штифт 2, запресований в клин 3, виштовхує останній. При зворотному ході шток так же само з ударом в штифт заштовхує клин в робоче положення. Це слід враховувати у випадках, коли клиновий механізм приводиться в дію пневмо- чи гідроприводом.

У випадках, коли самогальмування клина не потрібно, доцільно застосовувати ролики на поверхнях контакту клина зі сполучуваними деталями пристрою (рисунок 3.17, *б*), тим самим полегшується введення клина в робоче положення і виведення у вихідне положення. В цих випадках обов'язково стопоріння клина.

### Визначення сили затиску, що створюється клиновим затискачем

**Клин односкісний.** Елементарна залежність між силою  $Q$ , що прикладена до клину, і силою  $W$  клинового скосу (рисунок 3.18) [7] без врахування сил тертя

$$Q = W \operatorname{tg} \alpha .$$

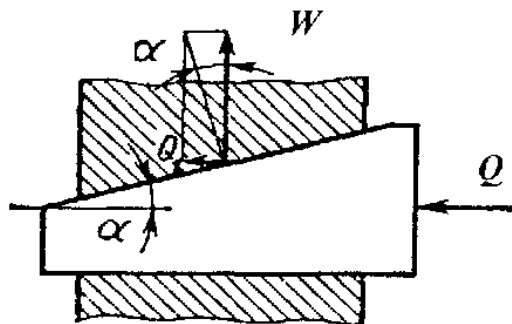


Рисунок 3.18. Схема сил в ідеальному односкісному клиновому затискачі

Для реального механізму (рисунок 3.19) [7] сила  $Q$ , що забезпечує одержання сили  $W$  з врахуванням тертя (на напрямній поверхні і на скосі),

$$Q = Q_1 + F , \quad (3.54)$$

де  $Q_1$  – сила, що прикладена до клину, яка враховує тертя на скосі;  
 $F$  – сила тертя, що виникає на напрямній поверхні клина.

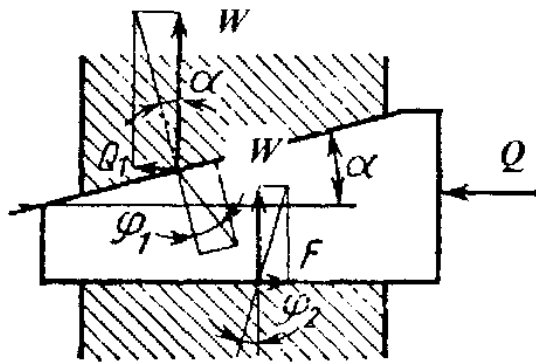


Рисунок 3.19. Схема сил в реальному односкісному клиновому затискачі

Зі схеми виходить:

$$Q_1 = W \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1); \quad F = W \operatorname{tg} \varphi_2.$$

Після підставлення в рівняння (3.54) одержимо:

$$Q = W[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2],$$

звідки:

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2}, \quad (3.55)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_1$  – характеризує коефіцієнт тертя на похилій поверхні клина, а  $\operatorname{tg} \varphi_2$  – коефіцієнт тертя на його напрямній частині.

При  $\varphi_1 = \varphi_2 = \varphi$  допускається приймати:

$$Q = W \operatorname{tg}(\alpha + 2\varphi);$$

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + 2\varphi)}. \quad (3.56)$$

**Двоскісний клин.** Силу  $Q$ , що необхідна для одержання на кожному скосі затискуючої сили  $W$ , можна визначити за формулами (рисунок 3.20) [7]:

без врахування сили тертя на скосах клинів при  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$

$$Q = 2W \operatorname{tg} \alpha;$$

при  $\alpha_1 \neq \alpha_2$

$$Q = W(\operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_2);$$

з врахуванням сили тертя на скосах при  $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$

$$Q = 2W \operatorname{tg}(\alpha + \varphi);$$

при  $\alpha_1 \neq \alpha_2$

$$Q = W[\operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi) + \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi)],$$

звідки:

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi) + \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi)}, \quad (3.57)$$

де  $\varphi = \operatorname{arctg} f$  – кут тертя;  $f$  – коефіцієнт тертя на скосах клинів.

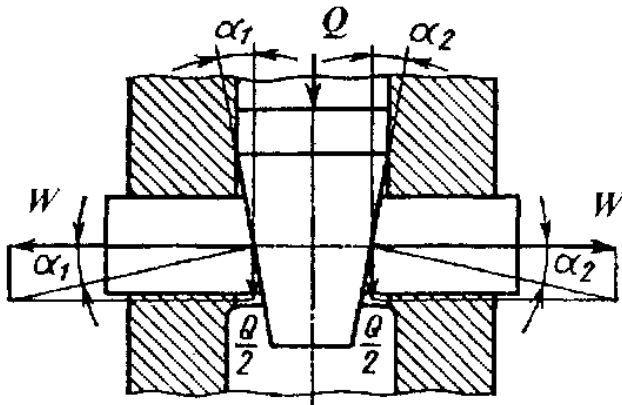


Рисунок 3.20. Схема сил у двоскісному клиновому затискачі

### Клиноплунжерні пристосування

Двоопорний плунжер без роликів. Зі статичної рівноваги системи (рисунок 3.21) [7]:

$$Q_1 = N'; \quad W' = W - F'; \quad F' = N' \operatorname{tg} \varphi'_3,$$

замінюючи у другому рівнянні  $F'$  його виразом, одержимо:

$$W' = W - N' \operatorname{tg} \varphi'_3, \text{ чи}$$

$$W' = W - Q_1 \operatorname{tg} \varphi'_3.$$

За аналогією з формулою (3.55) можемо записати:

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi'_1) + \operatorname{tg} \varphi'_2}, \text{ але } Q_1 = W \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_1).$$

Після заміни  $W$  і  $Q_1$  їх значення і перетворення знайдемо

$$Q = W' \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_1) + \operatorname{tg} \varphi'_2}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_1) \operatorname{tg} \varphi'_3}, \quad (3.58)$$

або

$$W' = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_1) \operatorname{tg} \varphi'_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_1) + \operatorname{tg} \varphi'_2}, \quad (3.59)$$

де  $N'$  – нормальна сила, створена під дією сили  $Q_1$ ;  $F'$  – сила тертя на напрямній поверхні плунжера;  $\varphi'_3$  – кут тертя.

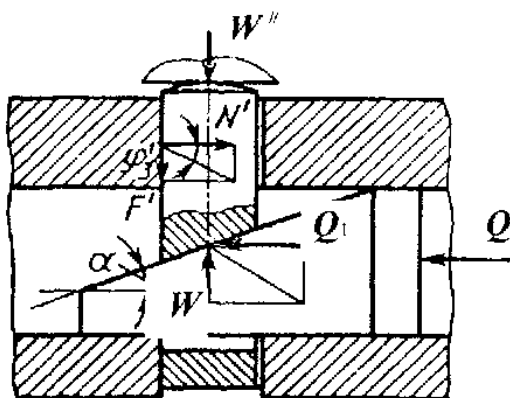


Рисунок 3.21. Схема сил в двоопорному плунжері без роликів

Випадок з застосування опорного ролика на плунжері (рисунок 3.22) [7]

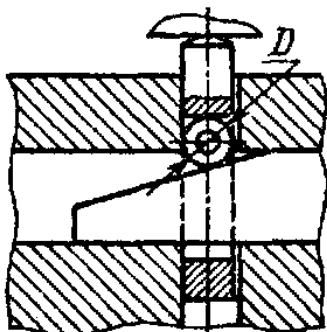


Рисунок 3.22. Клиноплунжерний затискач з одним роликом

Розрахункова формула (3.58) прийме вид:

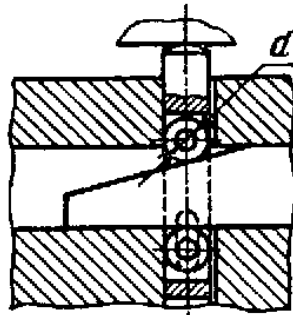
$$Q = W' \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) + \operatorname{tg} \varphi'_2}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) \operatorname{tg} \varphi'_3}, \quad (3.60)$$

або

$$W' = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) \operatorname{tg} \varphi'_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) + \operatorname{tg} \varphi'_2}, \quad (3.61)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi'_{138} = \operatorname{tg} \varphi_1 \frac{d}{D}$ ;  $\varphi'_{138} = \operatorname{arctg} f' \frac{d}{D}$ ;  $f'$  – коефіцієнт тертя.

**Випадок з застосування двоопорних плунжерів з двома роликами (рисуюнок 3.23) [7]**



Рисуюнок 3.23. Клиноплунжерний затискач з двома роликами

$$Q = W' \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) + \operatorname{tg} \varphi'_{238}}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) \operatorname{tg} \varphi'_3}, \quad (3.62)$$

або

$$W' = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) \operatorname{tg} \varphi'_3}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi'_{138}) + \operatorname{tg} \varphi'_{238}}, \quad (3.63)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi'_{238} = \operatorname{tg} \varphi'_2 \frac{d}{D}$ ;  $\varphi'_{238} = \operatorname{arctg} f' \frac{d}{D}$ .

**Випадок з одноопорним плунжером без ролика (рисуюнок 3.24) [7]**

Розмірковуючи, як і в попередньому випадку, одержимо:

$$Q_1 = 2N''; W'' = W - 2F''; F'' = N'' \operatorname{tg} \varphi'_3.$$

В останньому рівнянні через  $\operatorname{tg} \varphi_3''$  виражено коефіцієнт тертя на прямої поверхні плунжера; отже:

$$W'' = W - Q_1 \operatorname{tg} \varphi_3''.$$

Після підставлення в це рівняння значень  $W$  і  $Q$  одержимо:

$$W'' = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1'') \operatorname{tg} \varphi_3''}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1'') + \operatorname{tg} \varphi_2''}. \quad (3.64)$$

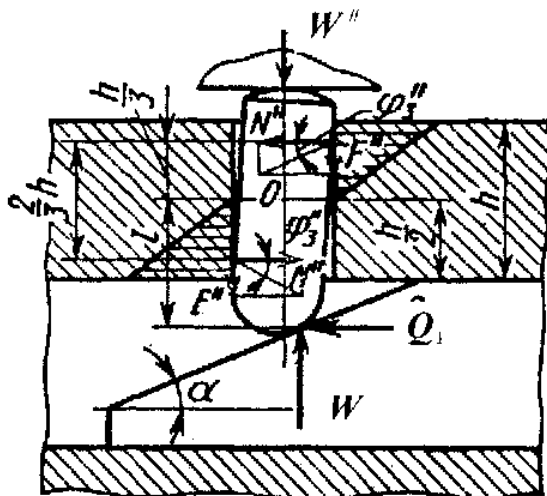


Рисунок 3.24. Клиноплунжерний затискач з одноопорним плунжером без ролика

При визначенні дійсної величини вихідної сили  $W''$  в формулу (3.64) необхідно ввести коефіцієнт  $K$ , який враховує вплив перекошу:

$$W'' = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1'') \operatorname{tg} \varphi_3''}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1'') + \operatorname{tg} \varphi_2''} K \quad (3.65)$$

або

$$Q = W'' \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1'') + \operatorname{tg} \varphi_2''}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1'') \operatorname{tg} \varphi_3'' K}. \quad (3.66)$$

Вираз  $\operatorname{tg} \varphi_3'' K$  характеризує зведений коефіцієнт тертя. Він визначається з умови, при якій під дією сили  $Q_1$  плунжер, що передає силу, перекошується намагаючись повернутися навколо точки  $O$ .

Рівнодіючі сил  $N''$  від діючих на плунжер нормальних сил за законом силових трикутників будуть розташовуватись кожна на відстані  $h/3$  від вершин трикутників.

При умові  $Q_1 = 2N''$  моменти цих сил відносно точки  $O$  будуть рівними, тобто  $Q_1 \ell = 2N'' \frac{h}{3}$ ; замінивши  $N''$  силою тертя  $F''$ , одержимо

$$Q_1 \ell = 2 \frac{F''}{\operatorname{tg} \varphi_3''} \frac{h}{3} \quad \text{звідки}$$

$$2F'' = Q_1 \frac{3\ell}{h} \operatorname{tg} \varphi_3''; \quad \text{або} \quad \frac{3\ell}{h} \operatorname{tg} \varphi_3'' = 2 \frac{F''}{Q_1}.$$

Вираз  $\frac{3\ell}{h} \operatorname{tg} \varphi_3''$  є зведеним коефіцієнтом тертя, в якому з метою спрощення  $3\ell/h$  позначено літерою  $K$  (дивися формулу 3.66).

Для випадку застосування опорного ролика на плунжері (рисунок 3.25) [7]

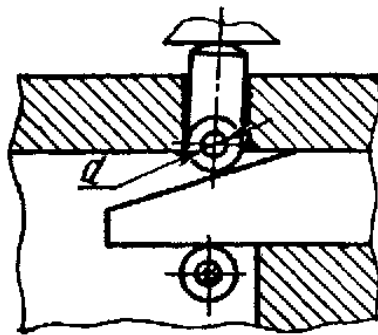


Рисунок 3.25. Клиноплунжерний затискач з опорними роликами на плунжері

$$Q = W'' \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{13\theta}'') + \operatorname{tg} \varphi_2''}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{13\theta}'') \operatorname{tg} \varphi_3'' K} \quad (3.67)$$

або

$$W'' = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{13\theta}'') \operatorname{tg} \varphi_3'' K}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{13\theta}'') + \operatorname{tg} \varphi_2''}, \quad (3.68)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_{13\theta}''$  теж саме, що  $\operatorname{tg} \varphi_{13\theta}'$  в формулі (3.60)

Для випадку з застосуванням одноопорного плунжера з одним роликом (рисунок 3.26) [7]

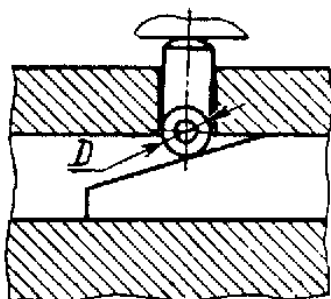


Рисунок 3.26. Клиноплунжерний затискач з одноопорним плунжером та одним роликом

$$Q = W'' \frac{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi''_{1\text{пл}}) + \operatorname{tg} \varphi''_{2\text{пл}}}{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi''_{1\text{пл}}) \operatorname{tg} \varphi''_{3\text{пл}}} \quad (3.69)$$

або

$$W'' = Q \frac{1 - \operatorname{tg}(\alpha + \varphi''_{1\text{пл}}) \operatorname{tg} \varphi''_{3\text{пл}}}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi''_{1\text{пл}}) + \operatorname{tg} \varphi''_{2\text{пл}}}, \quad (3.70)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi''_{2\text{пл}}$  теж саме, що  $\operatorname{tg} \varphi'_{2\text{пл}}$  в формулі (3.62).

Для спрощення розрахунку сили  $Q$  за формулами (3.58), (3.60), (3.62), (3.66), (3.67), (3.69) значення знаменників в цих формулах можуть бути виражені через коефіцієнт  $\eta$ . В цьому випадку вони можуть бути замінені формулою з підставленням конкретних кутів:

$$Q = W \left[ \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1) + \operatorname{tg} \varphi_2 \right] \frac{1}{\eta}. \quad (3.71)$$

Значення коефіцієнтів  $\eta$  наведено в таблиці 3.2 [7].

Таблиця 3.2 -- значення коефіцієнта  $\eta$

$\alpha^\circ$	$\operatorname{tg} \varphi_3; \operatorname{tg} \varphi_{3\text{пл}}; \operatorname{tg} \varphi_3 K$			
	0,05	0,10	0,20	0,30
3	0,99	0,99 – 0,97	0,98 – 0,95	0,98 – 0,94
5				0,97 – 0,92
10	0,99 – 0,98	0,98 – 0,97	0,96 – 0,93	0,94 – 0,90
15		0,97 – 0,96	0,94 – 0,91	0,91 – 0,87
20	0,98 – 0,97	0,96 – 0,94	0,92 – 0,89	0,89 – 0,84



### Ексцентрикові затискачі

Основними елементами цих затискачів є циліндричні чи криволінійні кулачки і кулачкові валики, які також достатньо поширені.

Затискання за допомогою цих пристосувань здійснюється значно швидше ніж за допомогою гвинтових, але можливість їх застосування більш обмежена у порівнянні з гвинтовими. Пояснюється це тим, що ексцентрикові затискачі добре працюють тільки при незначних відхиленнях розмірів поверхонь, за якими оброблювані заготовки закріплюються, і при відсутності вібрації заготовок в процесі обробки.

В пристроях звичайно застосовують ексцентрики у виді кулачків (рисунок 3.27). Циліндричний ексцентриковий затискач 1 має широке застосування оскільки він простий у виготовленні. Недоліками такої конструкції є малий хід і непостійність гальмівних властивостей.

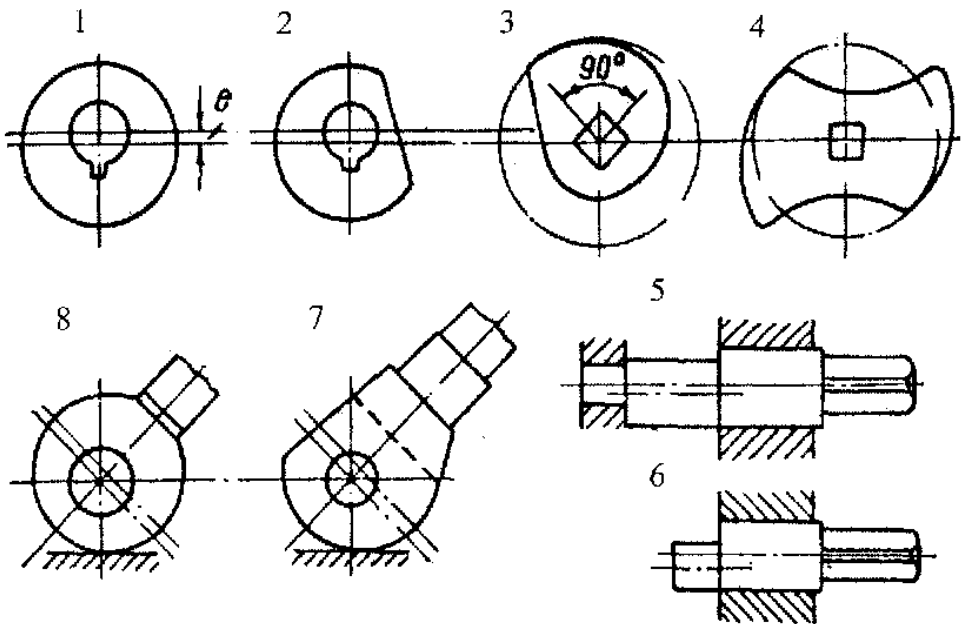


Рисунок 3.27 – Різновиди ексцентриків: 1 – круглий; 2 – круглий зрізаний; 3 – ексцентриковий кулачок; 4 – здвоєний кулачок; 5,6 – ексцентрикові валики; 7, 8 – ексцентрикові важілі

Затискач 2 відрізняється від затискача 1 наявністю зрізу для збільшення ходу при установленні і знятті оброблюваної заготовки. Розташування зрізу відносно ексцентриситету вибирається за конструктивними міркуваннями. Оскільки при використанні ексцентриків звичайно обмежуються поворотом рукоятки на  $100\text{--}120^\circ$  відпадає необхідність у виконанні кулачка по замкненому колу. Частіше всього робоча поверхня ексцентрика обмежується сектором  $60\text{--}90^\circ$ , решта ж поверхонь зрізається по формі кулачка 3. Тому конструкція кулачка 3 з гальмівним ходом на дузі  $90^\circ$  має в практиці найбільше поширення. Такий кулачок особливо доцільно застосувати в тих випадках, коли для зручності зняття і установлення оброблюваної заготовки затискний механізм потрібно відводити на значну відстань. При повороті кулачка на  $120\text{--}180^\circ$  механізм може відсуватись на  $14\text{--}45\text{мм}$ . Відсування механізму звичайно провадиться автоматично під дією пружини. Затискач 4 становить собою здвоєний кулачок 3 і застосовується в центруючих механізмах і в плаваючих лещатах. Всі розглянуті конструкції кулачків закріплюються на валу і за допомогою рукоятки, що закріплена до валу, обертаються разом з ним.

Затискачі 7 і 8 являють собою ексцентрикові важелі, оскільки в них ексцентрикові кулачки з'єднані з рукоятками. На відміну від попередніх вони встановлюються на нерухомому валу вільно. Діапазон їх дії менше, ніж кулачків.

Ексцентрикові валики 5 і 6 застосовують головним чином у якості запираючих механізмів для точно виконаних рухомих частин пристроїв. Пояснюється це тим, що в таких випадках не потрібний значний ексцентриситет, а отже, можна застосовувати валик порівняно малого діаметра. Перевагу слід віддавати двоопорним валикам 5, як найбільш жорстким і надійним проти згинання.

Розглядаючи механізм як комбінований, що складається з важеля з плечами  $\ell$  і  $r$  і клина з тертям на двох поверхнях (на осі і в точці А затиску (рисунк 3.28)), одержимо *силові залежності* [1]:

для ідеального механізму

$$W_{\text{ид.сеп}} = Q \frac{\ell}{r_{\text{сеп}}} \frac{1}{\text{tg} \alpha_{\text{сеп}}};$$

для реального механізму

$$W_{\text{сер}} = Q \frac{l}{r_{\text{сер}} \operatorname{tg}(\alpha_{\text{сер}} + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1}, \quad (3.72)$$

де  $W_{\text{сер}}$  – середнє значення сили затиску;  $r_{\text{сер}}$  – середнє значення радіусу, проведеного з центра обертання ексцентрика в точку затиску;  $\alpha_{\text{сер}}$  – середній кут підйому ексцентрика в точці затиску;  $\varphi, \varphi_1$  – кут тертя ковзання в точці  $A$  затиску і на осі ексцентрика.

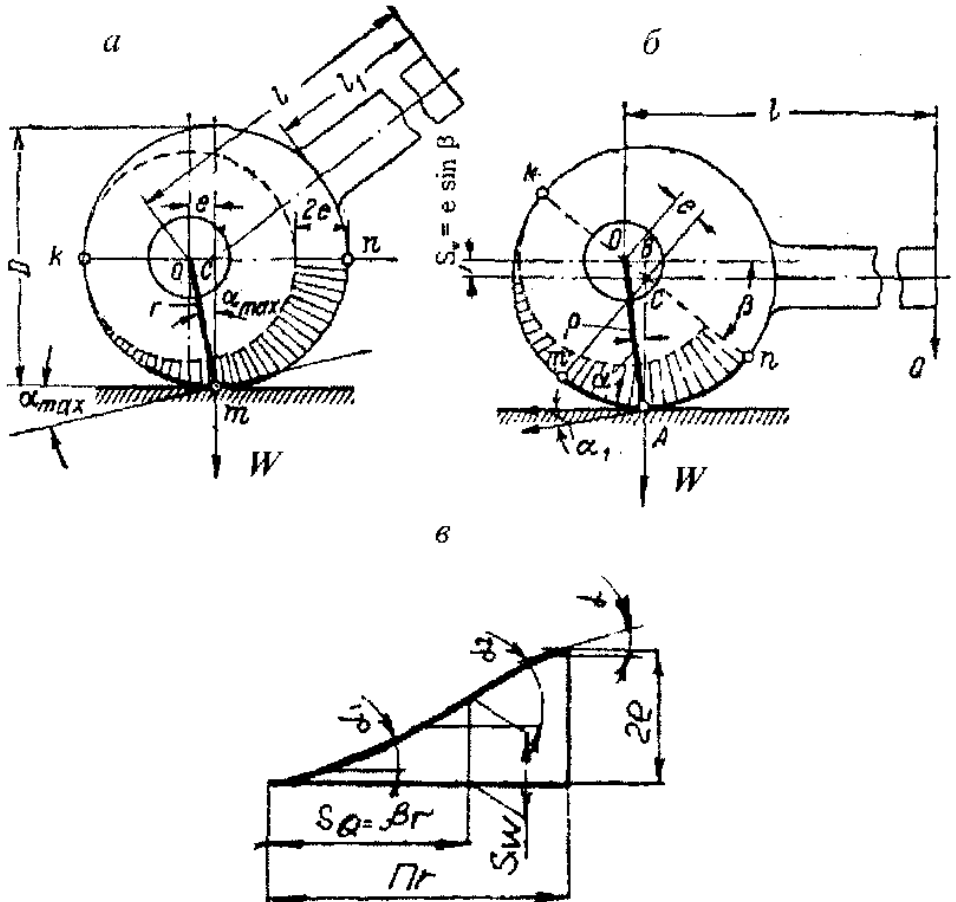


Рисунок 3.28. Схеми для розрахунку ексцентриків

При розрахунках за формулою (3.72) звичайно приймають: коефіцієнт тертя  $f = \operatorname{tg} \varphi = \operatorname{tg} \varphi_1 = 0,1$ ;  $\alpha_{\text{сер}} = 4^\circ$ ;  $r_{\text{сер}} = D/2$ .

При нормальній довжині рукоятки ( $\ell_1 = 2D$ ) розрахунок можна провадити за більш простою формулою [1]:

$$W \approx 12Q. \quad (3.73)$$

Умови самогальмування ексцентрика виражається залежністю [1]:

$$D/e \geq 14, \quad (3.74)$$

де  $D$  – діаметр ексцентрика;  $e$  – ексцентриситет.

Лінійний хід  $S_W$  ексцентрика визначимо з трикутника  $COB$  (рисунок 3.28, б):

$$S_W = e \sin \beta. \quad (3.75)$$

При  $\beta = 0$ ,  $S_{\min} = 0$ ; при  $\beta = 90^\circ$ ,  $S_{\max} = e$ .

Стандартні кругові ексцентрики мають граничні розміри:  $D = 32 \div 70$  мм;  $e = 1,7 \div 3,5$  мм.

Застосування у формулі (3.72) середніх значень  $\alpha_{\text{сеп}}$  і  $r_{\text{сеп}}$  пояснюється тим, що ці параметри змінні і залежать від кута повороту ексцентрика  $\beta$ . Зі схеми (рисунок 3.28) видно, що при затиску точкою  $m$  (схема зліва), коли  $\beta = 0$ , а лінія ексцентриситету  $kn$  горизонтальна, кут  $\alpha$  має максимальне значення ( $\alpha_{\max}$ ). При затиску точкою  $A$  (схема справа), коли ексцентрик повернуто на кут  $\beta$ , кут  $\alpha_1 < \alpha_{\max}$ . І, накінець, при затиску точкою  $n$ , коли  $\beta = 90^\circ$ , а лінія  $kn$  вертикальна, кут  $\alpha = 0$ .

Якщо б затиск здійснювався точками на ділянці  $mk$ , кут  $\alpha$  перетерплював би аналогічне змінювання від  $\alpha_{\max}$  в точці  $m$  до  $\alpha = 0$  в точці  $k$ .

Залежність кута  $\alpha$  від повороту  $\beta$  визначимо з трикутників  $OBC$ , та  $OBA$  (рисунок 3.28б).

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{OB}{AB} = \frac{e \cos \beta}{R + e \sin \beta}. \quad (3.76)$$

При  $\beta = 0$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max} = \frac{2e}{D}; \quad \alpha_{\max} = \operatorname{arctg} \frac{2e}{D};$$

При  $\beta = 90^\circ$

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = 0; \quad \alpha_{\min} = 0.$$

Звичайно приймають  $\alpha_{\max} = 8^\circ 30'$  [1].

Тоді  $\alpha_{\text{сер}} = 4^\circ$ .

Радіус  $r$  також залежить від кута  $\beta$  і змінюється від  $r_{\text{min}} = R - e$  (при  $\beta = 0$ ) до  $r_{\text{max}} = R + e$  (при  $\beta = 90^\circ$ ). Звідси  $r_{\text{сер}} = R$ .

Залежність (3.74) встановлено шляхом таких міркувань.

Ексцентрики мають бути самогальмівними при затиску будь-якою точкою робочого профілю, в тому числі і при затиску точкою  $m$ , коли кут  $\alpha$  має максимальне значення ( $\alpha_{\text{max}}$ ). Тому умова самогальмування ексцентрика як для клина з тертям по двох поверхнях повинна виражатись умовою:

$$\alpha_{\text{max}} \leq \varphi + \varphi_1.$$

При  $\text{tg } \varphi_1 = \text{tg } \varphi = 0,1$ ,  $\varphi_1 = \varphi = 5^\circ 43'$  і умова самогальмування згідно з (3.53) приймає вид:

$$\alpha_{\text{max}} \leq 11^\circ.$$

Щоб забезпечити необхідний запас самогальмування приймають:

$$\alpha_{\text{max}} = 8^\circ 30'.$$

Тоді з залежності  $\text{tg } \alpha_{\text{max}} = \text{tg } 8^\circ 30' = 0,15 = \frac{2e}{D}$  знаходимо:

$$\frac{D}{e} = 14.$$

Звідки умова самогальмування:

$$\frac{D}{e} \geq 14.$$

Всі стандартні ексцентрики – самогальмівні.

На практиці величину ексцентриситету звичайно приймають  $e \geq 1 + 1,5T$  [1], де  $T$  – величина допуску розміру  $H$  оброблюваної заготовки в місці затиску. Приблизно величину ходу ексцентриситету  $S_w$  можна визначити за формулою:

$$S_w = 2e = S_1 + S_2 + T + \frac{W}{j} \quad \text{звідки:}$$

$$e = \frac{S_1 + S_2 + T + \frac{W}{j}}{2}, \quad (3.77)$$

де  $S_1$  – необхідний зазор для вільного встановлення закріплюваної

заготовки під ексцентрик ( $S_1 = 0,2 \div 0,4$  мм);  $S_2$  – запас ходу ( $S_2 = 0,3 \div 0,5$  мм) для запобігання переходу ексцентрика через мертву точку;  $T$  – допуск на розмір  $H$  деталі;  $\frac{W}{j}$  – додаткова величина ходу для компенсації податливості системи „затискач-оброблювана заготовка”;  $j$  – жорсткість ексцентрикового затискача (величину приймати в межах  $9800 \div 19600$  кН/м) [14].

Основним недоліком кругового ексцентрика є непостійність кута підйому. До недоліків слід також віднести малий хід ексцентрика (не більше  $2e$ ).

Якщо кут повороту ексцентрика обмежений ( $\beta < 180^\circ$ ), ексцентриситет  $e$  можна визначити з рівняння переміщень ексцентрика. Згідно з рисунком 3.28, в це рівняння можна записати так:

$$S_w = S_Q \operatorname{tg} \alpha_{\text{сеп}}.$$

Узявши  $\operatorname{tg} \alpha_{\text{сеп}} = 2e/\pi r$  і записавши  $S_Q = \beta r$ , дістанемо:

$$S_w = 2e \frac{\beta}{\pi}, \quad (3.78)$$

з іншого боку, потрібний робочий хід визначається умовою (3.77), зрівнявши праві частини, будемо мати:

$$2e \frac{\beta}{\pi} = S_1 + S_2 + T + \frac{W}{j}, \quad \text{звідки}$$

$$e = \frac{\pi}{2\beta} \left( S_1 + S_2 + T + \frac{W}{j} \right) \quad \text{або} \quad e = \frac{S_1 + T + W/j}{1 - \cos \beta}. \quad (3.79)$$

**Криволінійні кулачки** на відміну від кругових ексцентриків характеризуються постійністю кута підйому, що забезпечує самогальмівні властивості при будь-якому куті повороту кулачка.

Робоча поверхня таких кулачків частіше всього виконується у виді логарифмічної спіралі  $\rho = ce^{n\theta}$  чи по Архімедовій спіралі  $\rho = a\theta$  [4]

де  $\rho$  – радіус-вектор кулачка;  $c$  – постійна величина;  $e$  – основа натуральних логарифмів;  $a$  – коефіцієнт пропорційності;  $\theta$  – полярний кут.

Якщо перше рівняння представити у логарифмічному виді, то воно, як і друге рівняння, в декартових координатах буде уявляти пряму лінію. Тому побудову кулачків з робочими поверхнями у виді логарифмічної чи архімедової спіралі можна виконати з достатньою точністю просто, якщо значення  $\rho$ , взяті за графіком в декартових координатах, відкласти від центра кола в полярних координатах. Діаметр кола при цьому підібрати залежно від потрібної величини ходу ексцентрика. Побудову профілю кулачка по логарифмічній спіралі можна виконати таким чином (рисунок 3.29).

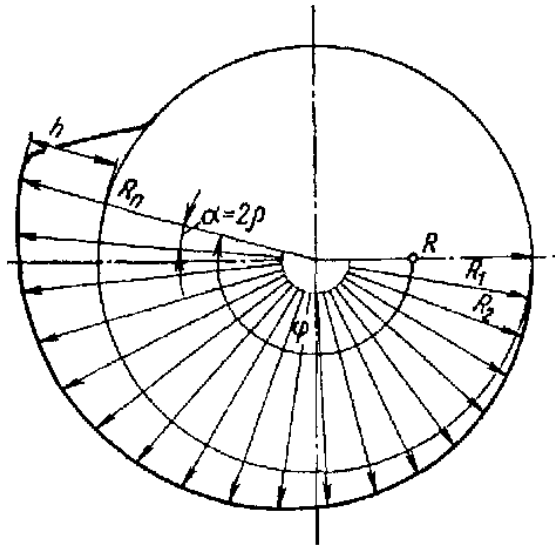


Рисунок 3.29. Побудова логарифмічних профілів ексцентриків

Вибрати початковий радіус-вектор  $R$  кулачка. Описати цим радіусом коло. З центра кола провести промені під кутом  $\alpha = 2\rho$  один до одного. На променях послідовно відкласти від центра  $O$  відрізки  $R, \frac{R}{\cos \alpha}, \frac{R}{\cos^2 \alpha}, \frac{R}{\cos^3 \alpha}$  і т.д. в межах потрібного кута повороту кулачка  $\beta$ . Кінці одержаних відрізків з'єднати плавною кривою.

Кут  $\beta$  визначається величиною потрібного робочого ходу  $S_w$  кулачка. Побудований цим способом кулачок буде самогальмівним при будь-якому куті його повороту, якщо вісь обертання кулачка проходить через центр  $O$  початкового кола кулачка.

Побудова профілю кулачка по спіралі Архімеда провадиться таким чином. В десятикратному збільшенні накреслюється початкове напівколо кулачка радіусом  $R$  (рисунок 3.30, *a*) і поділяється на декілька рівних частин (наприклад, на 12). Через точки ділення проводять промені і на них послідовно відкладають від кола дійсні (без збільшення) відрізки  $h_1 = 1 \frac{\pi R}{12}$ ;  $h_2 = 2 \frac{\pi R}{12}$ ;

$$h_3 = 3 \frac{\pi R}{12} \text{ тощо до } h_{12} = 12 \frac{\pi R}{12}.$$

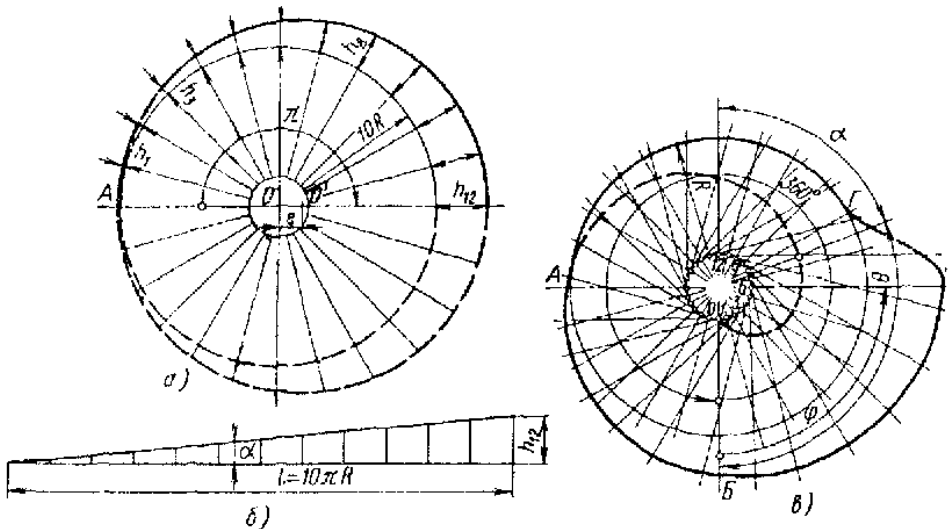


Рисунок 3.30. Побудова профілів ексцентриків:  
*a* – по спіралі Архімеда; *б* – по евольвенте

Точки  $A$  і кінці відрізків з'єднують плавною кривою. Кут підйому цієї кривої в кожній точці буде дорівнювати куту тертя, в чому легко впевнитись, якщо розгорнути початкове напівколо кулачка в пряму лінію довжиною  $\ell = 10\pi R$  (рисунок 3.30, *б*) і на цій лінії, як на катеті, побудувати прямокутний трикутник, другим катетом якого прийняти відрізок  $h_{12}$ . Тангенс кута  $\alpha$  між розгорнутим напівколом і гіпотенузою одержаного трикутника дорівнює відношенню катетів, тобто

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h_{12}}{\ell} = \frac{\pi R}{10\pi R} = 0,1.$$



Кут, що відповідає цьому тангенсу, буде дорівнювати куту тертя, а кулачок при такому куті буде самогальмівним в межах кута повороту, який дорівнює  $\pi$ . Якщо побудувати другу половину кулачка аналогічно першій (штрихові лінії), то одержимо кулачок близький до кругового ексцентрика. Тому спіраль Архімеда звичайно замінюється колом, центр  $O'$  якої підбирається орієнтовно за отриманими при побудові спіралі точками.

**Евольвентні ексцентрики** також застосовуються на практиці. Їх профіль будується таким чином. Початкове коло кулачка, так само як і в попередніх випадках, поділяють на будь-яке число частин (наприклад, на 24). Від кожної з точок ділення в бік початкової точки  $O$  проводять дотичні до кола (рисунок 3.30, *в*) і на них відкладаються відрізки, довжина яких дорівнює довжині дуги між точками ділення кола. На першій дотичній від точки 1 відкладають один такий відрізок, на другій – два, на третій – три і т.д. в межах кута ( $360^\circ + \beta$ ) від нульової точки при  $\beta = 90 \div 100^\circ$ . Після цього одержані точки, включаючи і нульову, з'єднують плавною кривою, яка і буде евольвентою, оскільки для будь-якої точки цієї кривої

$$\theta = \text{inv}\alpha = \text{tg}\alpha - \alpha.$$

Виділивши робочу ділянку  $ABB$  кулачка, решту його профілю виконують у виді дуги кола радіусом  $R$  і прямої лінії  $BГ$ .

### Розрахунок кругового ексцентрикового затискача

1. Вихідні дані:

$T$  – допуск на розмір заготовки в місці затиску, мм;

$W$  – сила закріплення заготовки (визначена з рівнянь рівноваги заготовки при її обробці)  $H$ ;

Тип привода (ручний, механізований);

Кут повороту кулачка –  $\beta$ .

2. Визначення ходу ексцентрикового кулачка  $S_w = 2e$ .

Якщо кут повороту не обмежений ( $\beta \leq 130^\circ$ ), то  $e$  визначають за рівнянням (3.77); якщо кут повороту обмежений ( $\beta \leq 60^\circ$ ),  $e$  визначаються за рівнянням (3.79).

3. Визначення діаметра цапфи ( $d_{\psi}$ ) з умови міцності на зми-  
нання.

Якщо  $W$  в  $H$ , то

$$d_{\psi} \geq 0,226\sqrt{W}.$$

4. Визначення діаметра кулачка

$$D \geq 2(e + 1,2d_{\psi}).$$

5. Перевірка ексцентрикового кулачка на самогальмування.

Повинна додержуватись умова

$$D \geq 14e$$

6. Визначення ширини  $B$  ексцентрикового кулачка. Якщо  $W$  в  $H$ , то  $B \geq 0,037W/D$ . Якщо розрахункове  $B < d_{\psi}$ , приймають

$$B = d_{\psi}.$$

7. Визначення моменту на рукоятці ексцентрикового кулачка

$$M = 2eW.$$

8. Визначення довжини рукоятки ексцентрикового кулачка

$$\ell \geq M/Q;$$

при немеханізованому приводі рекомендується  $Q = 196H$ ;  
 $80 \leq \ell \leq 320$ ;

при механізованому приводі  $Q$  – сила на приводі;  $\ell \leq 100$  мм.

9. Вибір матеріалу кулачка та його термічної обробки.

Матеріал кулачка – сталь 20X; твердість HRC 56–61; відповідальні поверхні цементувати на глибину 0,8 – 1,2мм з наступним загартовуванням.

### Розрахунок ексцентрикового затискача, виконаного по спіралі Архімеда, проводять в такій послідовності

1. Вихідні дані:

$T$  – допуск на розмір заготовки в місці затиску, мм;

$W$  – сила закріплення заготовки (визначена з рівнянь рівноваги заготовки при її обробці)  $H$ ;

Тип привода (ручний, механізований);

Кут повороту кулачка –  $\beta$ .

2. Визначення ходу ексцентрикового кулачка  $S_w = 2e$ ,  $e$  – за формулою (3.77).

3. Найменший радіус робочої ділянки ексцентрикового кулачка

$$R_{\min} = \frac{2e \cdot 180^\circ}{(\pi \beta \operatorname{tg} \alpha)};$$

$\alpha$  – кут підйому спіралі Архімеда; звичайно  $\alpha = 8^\circ 30'$  і  $\operatorname{tg} 8^\circ 30' = 0,1495$ ; тоді  $R_{\min} = 2,132e \cdot 180^\circ / \beta$ .

4. Найбільший радіус робочої ділянки ексцентрикового кулачка

$$R_{\max} = 2e + R_{\min}.$$

5. Визначення діаметра цапфи –  $d_y$

$$d_y \geq 0,226\sqrt{W}; \quad W - \text{в } H.$$

6. Ширину ексцентрикового кулачка приймають рівною діаметру цапфи:

$$B = d_y.$$

7. Момент на рукоятці ексцентрикового кулачка

$$M = Q(R_{\min} + S_w / 2) \times [\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1];$$

$\varphi$  :  $\varphi_1$  – відповідно кути тертя між ексцентриковим кулачком і заготовкою і в цапфі, звичайно  $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 40'$  і  $\alpha = 8^\circ 30'$ , тоді  $M = 0,35W(R_{\min} + S_w / 2)$ .

8. Довжина рукоятки  $\ell$  розраховується так само, як і для кругового.

9. Побудова спіралі Архімеда (описана вище).

10. Матеріал кулачка – сталь 20Х; твердість 56-61; відповідальні поверхні цементувати на глибину 0,8 – 1,2мм з наступним загартуванням.

### Важільні затискачі (прихвати)

Важільні затискачі використовують у вигляді двоплечого важеля в з'єднанні з різними силовими джерелами. За допомогою важеля можна змінювати силу затиску та її напрям, а також одночасно закріплювати заготовку в двох місцях. Конструктивних різновидів важільних затискачів багато, проте всі вони зводяться до трьох силових схем, показаних на рисунку 3.31.

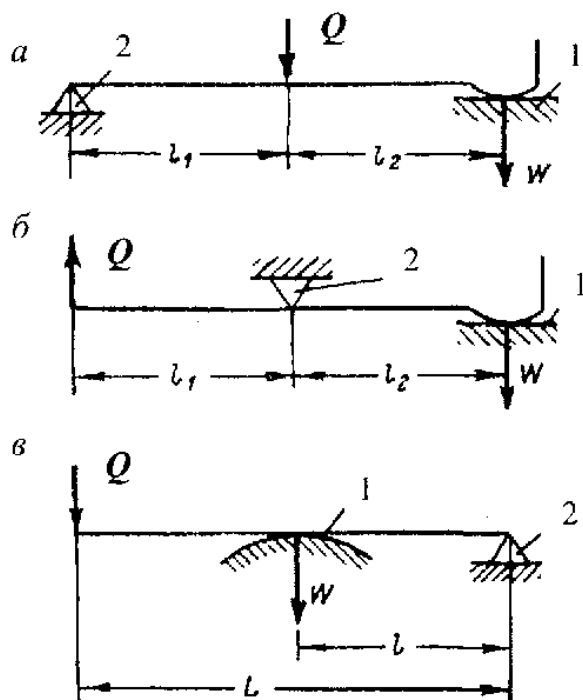


Рисунок 3.31. Схеми важільних механізмів

Із рівності моментів сил відносно опор (без урахування тертя в шарнірах) визначаємо:

$$\text{а) } Q = \frac{W(\ell_1 + \ell_2)}{\ell_1} \text{ при } \ell_1 = \ell_2 = \ell; Q = 2W; \quad (3.80)$$

$$\text{б) } Q = W \frac{\ell_2}{\ell_1} \text{ при } \ell_1 = \ell_2; Q = W; \quad (3.81)$$

$$\text{в) } Q = W \frac{\ell}{L} \text{ при } \ell = 0,5L; Q = 0,5W, \quad (3.82)$$

де  $Q$  – початкова сила, яка розвивається приводом;  $W$  – сила закріплення.

Як показує практика, у важільних механізмах (рисунок 3.31) втрати на тертя в опорах важеля та в з'єднанні важеля із заготовкою становлять приблизно 5–10%. З урахуванням цього формули (3.80) – (3.82) для приблизного розрахунку початкових сил можна записати у вигляді:

$$Q = 2W\eta; \quad (3.83)$$

$$Q = W\eta; \quad (3.84)$$

$$Q = 0,5W\eta, \quad (3.85)$$

де  $\eta = 0,9 \dots 0,95$  – коефіцієнт, що враховує втрати на тертя в опорах важеля і в з'єднанні важеля із заготовкою.

Приклад конструктивного оформлення важільного затискача за першою схемою показано на рисунку 3.32. Важіль 1 при затиску заготовки 7 встановленої на опорі 6, повертається відносно упора 4. Сила джерела передається на важіль через тягу 2 і сферичну шайбу 3. Сферична шайба 3 запобігає позакентровому прикладанню навантаження тяги 2. Пружина 5 забезпечує зворотний хід важеля при відкріпленні заготовки.

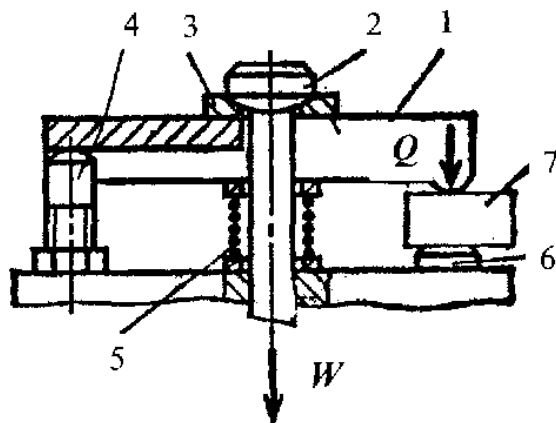


Рисунок 3.32. Конструктивна схема важільного механізму

Схему нормалізованого гвинтового прихвата із закріпленою заготовкою за другою схемою показано на рисунку 3.33. При загвинчуванні гвинта 5 правий кінець прихвата 6 піднімається і затискує заготовку 3, встановлену на опорах 2, запресованих у корпус 1 пристрою. При встановленні заготовки пружина 7 піднімає прихват, який утримується головкою 4.

Схему гвинтового відкидного прихвата за третьою схемою показано на рисунку 3.34. При нагвинчуванні на поворотний болт 6 зірочка 5 натискує на відкидну планку 3, в якій закріплено на осі сухар 4, що затискує оброблювану заготовку. При згвинчуванні болта зірочка перестає тиснути на відкидну планку із сухарем, і заго-

товка розтискується. Потім болт 6 повертають униз на осі 7, а планку 3 піднімають, повертаючи на осі 2, знімають оброблену заготовку і встановлюють наступну.

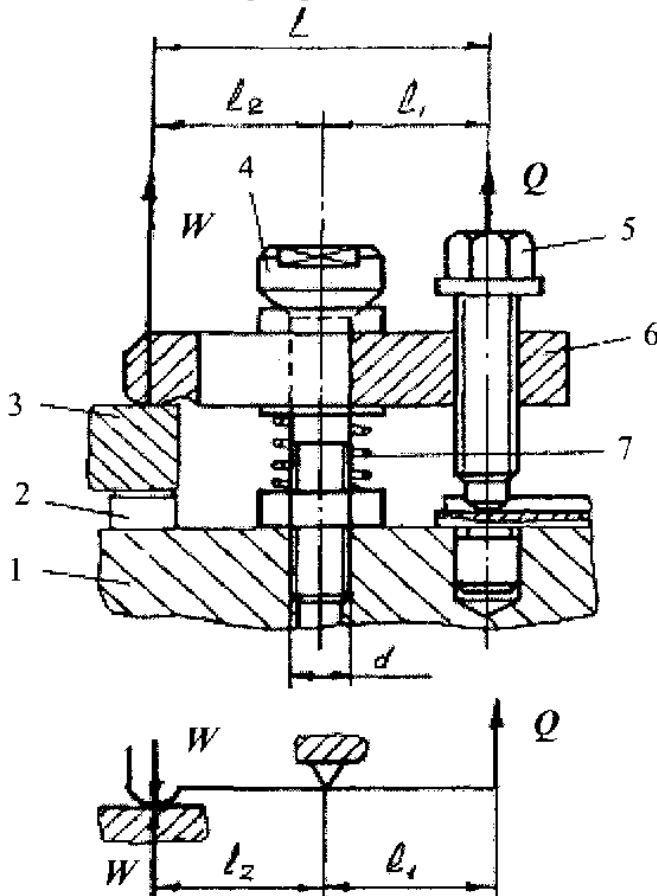


Рисунок 3.33. Схема нормалізованого гвинтового прихвата

Аналіз схем зображених на рисунку 3.31, показує, що найбільший вигаш у силі (найбільше передаточне відношення) дає третя схема, отже, у конструктивному відношенні вона громіздка, а в експлуатації незручна, оскільки потребує великого робочого ходу силового джерела і ускладнює завантаження заготовки під важіль. Другу схему застосовують тоді, коли потрібно змінити напрям початкової сили. Перша схема має найкомпактнішу конструкцію, отже, передатне відношення сил у неї завжди є меншим від одиниці.

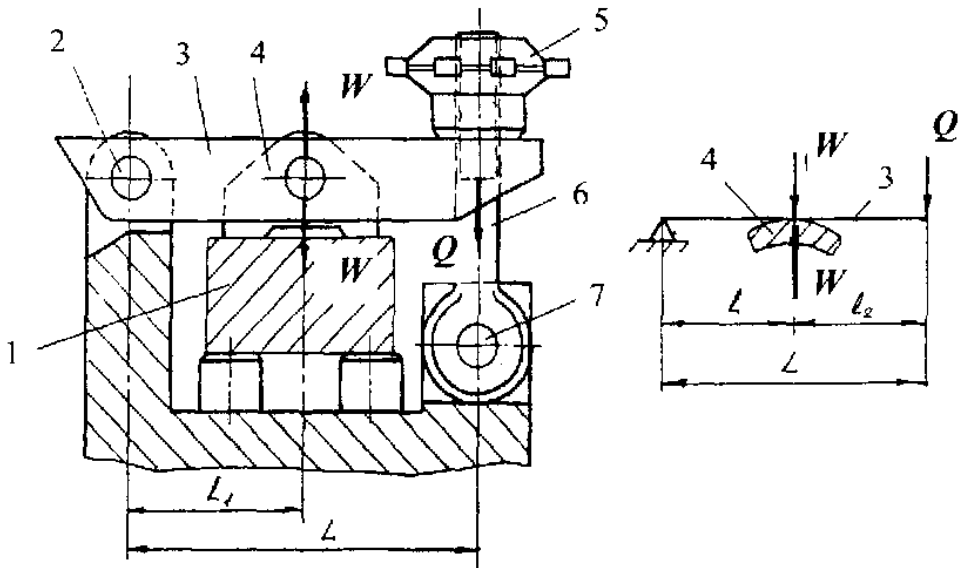


Рисунок 3.34. Схема нормалізованого відкидного прихвата

Для визначення дійсного співвідношення між початковою силою  $Q$  і силою затиску  $W$  заготовки розглянемо їх дію на прямий важіль (рисунок 3.35).

Сила  $Q$  від механізованого привода діє на лівий кінець важеля на відстані  $\ell_1$ , від осі кочення  $O$ . Сила  $Q$  повертає важіль на осі навколо точки  $O$ , а правий кінець важеля затискує оброблювану заготовку із силою  $W$ , яка розміщується на відстані  $\ell$  від точки  $O$ . Оскільки плечі  $\ell_1$  і  $\ell$  важеля є різними, а також урахувуючи втрати на тертя на його осі при повороті, доходимо висновку, що сили  $Q$  і  $W$  будуть різними.

Реакцію на осі важеля позначимо  $N$ . Від сили  $N$  виникає сила тертя  $Nf_0$ , яка діє назустріч обертанню важеля.

Для визначення сили  $N$  запишемо рівняння рівноваги важеля відносно точки  $O_1$ , без урахування сили тертя

$$M_{O_1} = N\ell - Q(\ell_1 + \ell),$$

звідки:

$$N = \frac{Q(\ell_1 + \ell)}{\ell}, \text{ але } N = W + Q$$

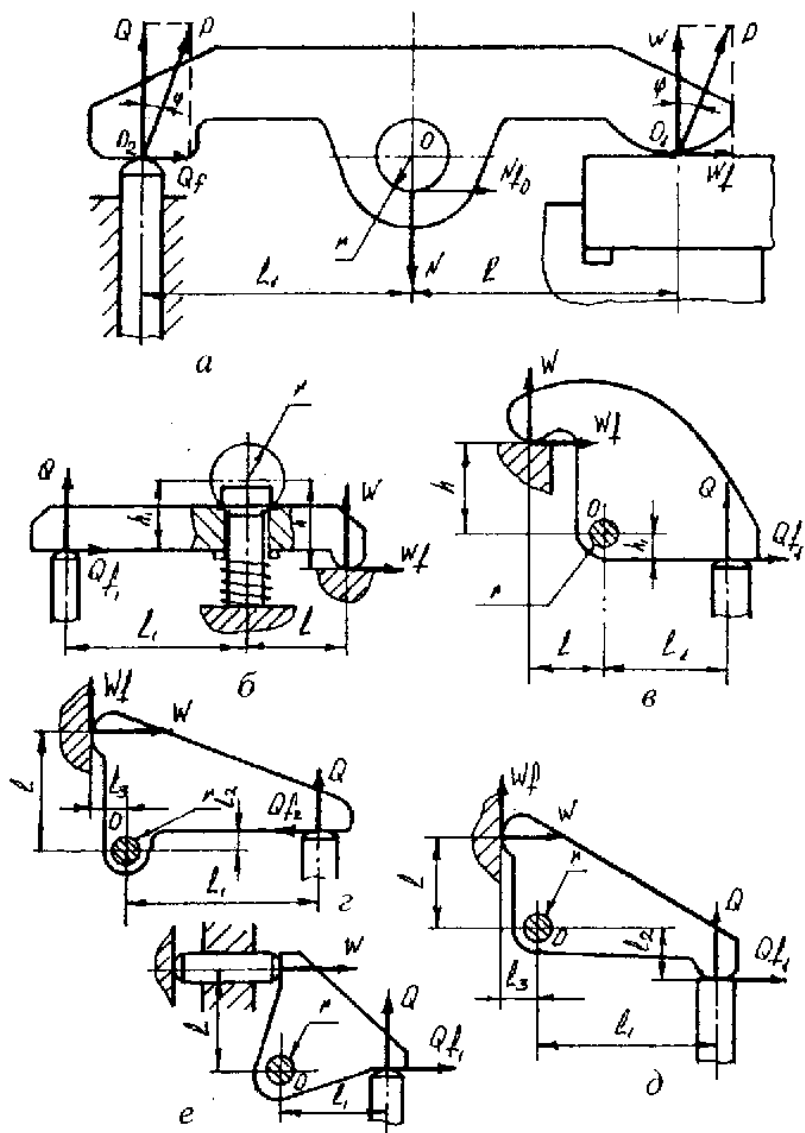


Рисунок 3.35. Розрахункові схеми для визначення діючих сил у важільних механізмах

Для визначення співвідношення між початковою силою  $Q$  механізованого привода і силою затиску  $W$  заготовки запишемо рівняння рівноваги важеля відносно осі обертання  $O$  з урахуванням тертя від сили  $N$  на його осі (рисунок 3.35, а):



$$M_o = Q\ell_1 - Nf_{or} - W\ell = 0,$$

звідки

$$Q\ell_1 = W\ell - Nf_{or}; \quad W = \frac{Q\ell_1 - Nf_{or}}{\ell}.$$

Підставивши в формулу для визначення  $N$  її значення, дістанемо:

$$W = \frac{[Q\ell_1 - (Q+W)f_{or}]}{\ell} = \frac{Q\ell_1 - Qf_{or} - Wf_{or}}{\ell};$$

$$W\ell = Q\ell_1 - Qf_{or} - Wf_{or}; \quad W\ell + Wf_{or} = Q\ell_1 - Qf_{or}.$$

звідки

$$W = \frac{[Q(\ell_1 - f_{or})]}{(\ell + f_{or})}; \quad Q = \frac{[W(\ell + f_{or})]}{(\ell_1 - f_{or})}.$$

Передатне відношення

$$i_r = \frac{W}{Q} = \frac{Q(\ell_1 - f_{or})(\ell_1 - f_{or})}{W(\ell + f_{or})(\ell + f_{or})} = \frac{Q(\ell_1 - f_{or})^2}{W(\ell + f_{or})^2}.$$

Якщо  $\ell = \ell_1$ ;  $f = 0.1$  і  $r = 0.2\ell$ , то  $i_r = \frac{Q}{W} = 0.92$ , що підтверджує правильність прийнятого значення  $\eta$  у формулах 3.83 – 3.85.

Для важелів, схеми яких показано на рисунку 3.35, б, в, з урахуванням додаткових сил тертя  $Qf$  і  $Wf$  у місцях дії сил при  $W > Q$  ( $W \geq Q$  і  $f = \text{const}$ ) сила

$$Q = \frac{W(\ell + hf + rf_o)}{(\ell_1 - h_1f_1 - rf_o)}.$$

Для важелів, схеми яких зображено на рисунку 3.35, з, д, сила на штовці привода ( $f = \text{const}$ ):

при  $\ell_1 \geq \ell$ 

$$Q = \frac{W(\ell + \ell_3f + 0,96rf_o)}{(\ell_1 - \ell_2f_1 - 0,4rf_o)};$$

при  $\ell = \ell_1$ 

$$Q = \frac{W(\ell + \ell_3f + 1,4rf_o)}{\ell_1 - \ell_2f_1}.$$

Для важеля, схему якого показано на рисунку 3.35, е:

при  $\ell_1 \geq \ell$

$$Q = \frac{W(\ell + 0,96rf_0)}{\ell_1 - 0,4rf_0};$$

при  $\ell = \ell_1$

$$Q = \frac{W(\ell + 1,4rf_0)}{\ell_1}.$$

### Шарнірно-важільні затискачі

На відміну від важільного в шарнірно-важільному механізмі важіль має два шарніри на кінцях, через один з яких від привода передається сила  $Q$ . А через інший – змінена сила затиску  $W$  на заготовку або інший простий механізм затиску. У пристроях використовують три різновиди шарнірно-важільних механізмів: одно-, двоважільні односторонньої дії, двоважільні односторонньої та двосторонньої дії.

#### Одноважільні шарнірні механізми-підсилювачі

Схему одноважільного шарнірного механізму-підсилювача односторонньої дії у вигляді важеля 1 із роликком 2 показано на рисунку 3.36. Початкова сила  $Q$ , що розвивається приводом 4, через шток 3 і ролик 2 передається на важіль 1, зв'язаний віссю з роликком 2. Від ролика 2 діє сила реакції  $N = W$ .

Рівнодійною сил  $Q$  і  $N$  є сила  $R$ , що діє вздовж осі важеля 1. Ця сила  $R$ , яку прикладено на кінці важеля 1 у точці  $C$ , розкладається на дві сили:  $W$  і  $Q$ . При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 4 шток 3 переміщує нижній кінець важеля 1 із роликком 2 вправо, а його верхній кінець повертає важіль 7 навколо нерухокої опори 6, і лівий кінець важеля затискує оброблювану заготовку 5. Сила затиску заготовки, яка розвивається таким механізмом-підсилювачем (рисунок 3.36) [3], Н/кгс/,

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta) + \operatorname{tg} \varphi_{23n}}. \quad (3.86)$$

де  $Q$  – початкова сила на штоці механізованого привода, Н/кгс/;

$\alpha$  – кут нахилу важеля,  $\alpha = 5 \dots 40^\circ$ ;  $\beta$  – додатковий кут до  $\alpha$ , який ураховує втрати на тертя ковзання в шарнірах важеля,

$$\beta = \arctg f(d/L) \approx 1^\circ,$$

тут  $f = 0,1$  – коефіцієнт тертя ковзання по осі ролика та в шарнірах важеля;  $d$  – діаметр осей шарнірів та отворів ролика, мм;  $L$  – відстань між осями отворів важеля,

$$d/L = 0,2 \text{ мм};$$

$\text{tg } \varphi_{236}$  – зведений коефіцієнт тертя кочення, що враховує втрати на тертя в роликовій парі,  $\text{tg } \varphi_{236} = \text{tg } \varphi_2 \frac{d}{D}$ ;  $\text{tg } \varphi_2 = 0,1$  – коефіцієнт тертя ковзання на опорі ролика;  $D$  – зовнішній діаметр опорного ролика;  $d/D = 0,5$ .

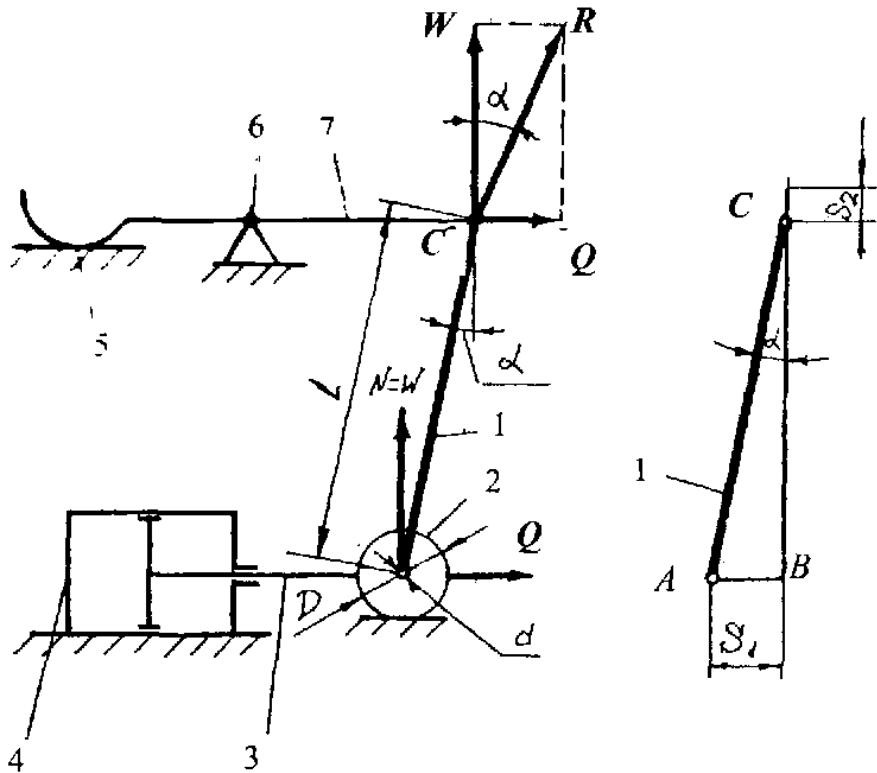


Рисунок 3.36. Схема однавального шарнірного механізму-підсилювача односторонньої дії

## Двоважільні шарнірні механізми-підсилювачі

Схему двоважільного механізму-підсилювача односторонньої дії показано на рисунку 3.37, а, а шарнірно-плунжерного – на рисунку 3.37, б.

Сила  $Q$ , що розвивається пневмоциліндром 4 через шток 3 передається важелем 1 і 2. При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 4 поршень 5 зі штоком 3 переміщується вправо і шток повертає важелі 1 і 2, наближуючи їх до вертикального положення. При цьому важіль 1, шарнірно зв'язаний із важелем 8, повертає його навколо нерухомої опори 7 і лівий кінець важеля 8 затискує оброблювану заготовку 6. Силу затиску, що розвивається двоважільним шарнірним підсилювачем односторонньої дії, визначають за формулою (рисунк 3.37, а):

$$W = \frac{Q}{2 \operatorname{tg}(\alpha + \beta)}. \quad (3.87)$$

У двоважільному шарнірно-плунжерному механізмі-підсилювачі односторонньої дії з плунжером 9 (рисунк 3.37, б) урахується тертя на плунжері, і силу його затиску визначають за формулою [3]:

$$W = \frac{1}{2} \left[ \frac{Q}{\operatorname{tg}(\alpha + \beta)} - \operatorname{tg} \varphi_{3_{3\pi}} \right], \quad (3.88)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_{3_{3\pi}}$  – зведений коефіцієнт тертя, що враховує втрати на тертя в консольному (перекошеному) плунжері,

$$\operatorname{tg} \varphi_{3_{3\pi}} = \operatorname{tg} \varphi_3 \cdot 3\ell/a,$$

$\operatorname{tg} \varphi_3$  – коефіцієнт тертя ковзання в двохопорному (неперекошеному) плунжері;  $\ell$  – відстань між віссю шарніра та серединою напрямної втулки плунжера (рисунк 3.37, б, з);  $a$  – довжина напрямної втулки плунжера, при  $\ell/a = 0,7$ ;  $\operatorname{tg} \varphi_3 = 0,1$ ;  $\operatorname{tg} \varphi_{3_{3\pi}} = 0,21$ .

Схему двоважільного шарнірного механізму-підсилювача двосторонньої дії показано на рисунку 3.37, в, а шарнірно-плунжерного – на рисунку 3.37, з. Ці механізми є немовби здвосними одноважільними механізмами-підсилювачами.

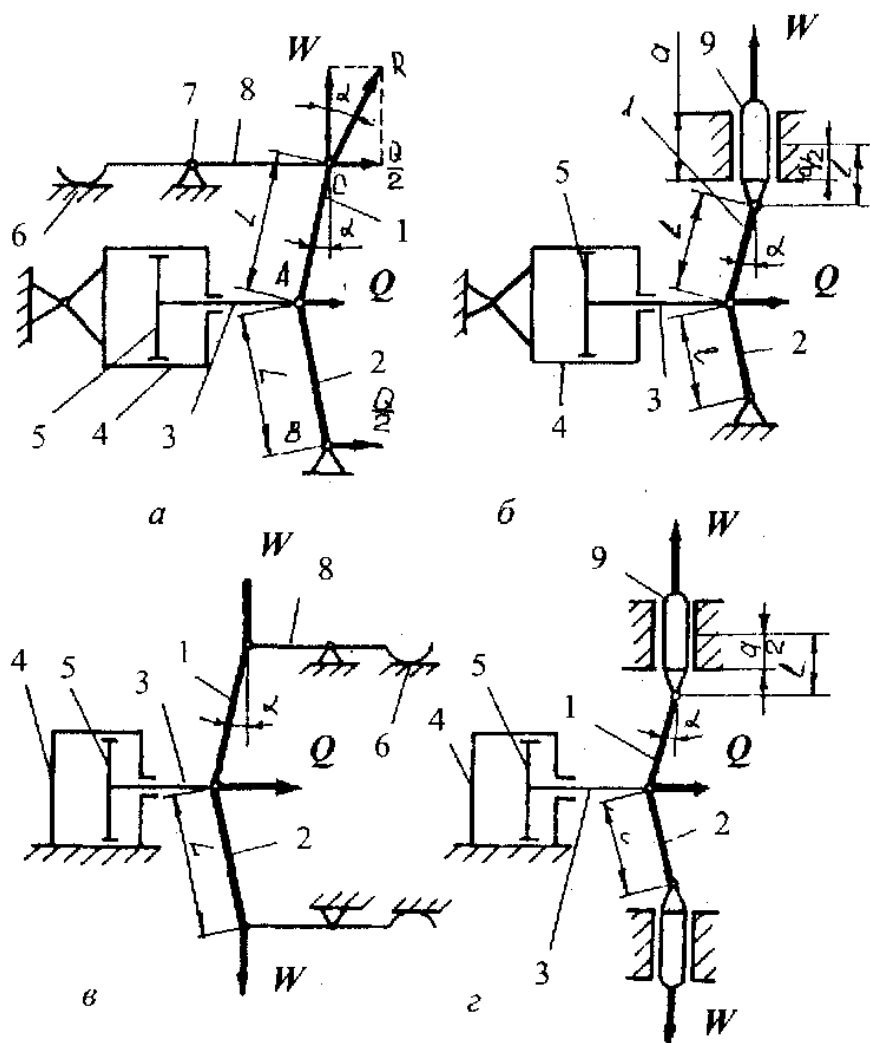


Рисунок 3.37 – Схеми двоважільних шарнірних механізмів-підсилювачів: а, б – односторонньої дії; в, г – двосторонньої дії

При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 4 поршень 5 зі штоком 3 переміщується вправо і шток повертає важелі 1 і 2, наближаючи їх до вертикального положення. При цьому важелі 1 і 2 повертають важелі 8 навколо нерухомих опор і останні затискують заготовку 6.

Сумарна сила затиску, що розвивається двоважільним механічним підсилювачем двосторонньої дії (рисунок 3.37, в) [3],

$$W_{\text{сум}} = -\frac{Q}{\text{tg}(\alpha + \beta)}. \quad (3.89)$$

Оскільки  $i_c = \frac{W_{\text{сум}}}{Q}$ ;  $W = \frac{W_{\text{сум}}}{2}$ , то  $W_{\text{сум}} = 2W$ .

Розглянемо двоважільний шарнірно-плунжерний механічний підсилювач двосторонньої дії (рисунок 3.37, з). При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра 4 поршень 5 зі штоком 3 переміщується вправо і шток через важелі 1 і 2 переміщує плунжери 9 від центра на затиск заготовки.

Сумарна сила затиску, що розвивається таким механізмом [3],

$$W_{\text{сум}} = Q \left[ \frac{1}{\text{tg}(\alpha + \beta)} - \text{tg} \varphi_{3\text{зв}} \right]. \quad (3.90)$$

Переміщення по вертикалі точки  $C$  прикладання сили затиску  $W$  на верхньому кінці важеля 1 (дивися рисунок 3.36) називають запасом ходу одноважільного механізму підсилювача односторонньої дії і визначають за формулою [3]:

$$S_2 = L(1 - \cos \alpha). \quad (3.91)$$

Переміщення по горизонталі точки  $A$  прикладання початкової сили  $Q$  на нижньому кінці важеля визначають із трикутника  $ABC$  (дивися рисунок 3.36) [3]:

$$S_1 = L \sin \alpha. \quad (3.92)$$

Передатне відношення переміщень точок  $C$  і  $A$  прикладання сил

$$i_n = \frac{S_2}{S_1} = \frac{L(1 - \cos \alpha)}{L \sin \alpha} = \text{tg} \frac{\alpha}{2}. \quad (3.93)$$

Запас ходу двоважільного механізму підсилювача односторонньої дії (рисунок 3.37, а, б), тобто переміщення верхнього кінця важеля 1 по вертикалі, удвічі перевищує переміщення верхнього кінця важеля 1 (дивися рисунок 3.36) одноважільного механізму підсилювача односторонньої дії. Це впливає з того, що в разі наявності нерухомої опори в точці  $B$  (рисунок 3.37, а) точка  $C$  переміщується не лише в результаті спрямування важелів, а й за рахунок зміщення вгору точки  $A$ . Запас ходу

$$S_2 = 2L(1 - \cos \alpha). \quad (3.94)$$

## Пружинні затискачі

В пружинних затискачах елементом, що перетворює вихідну силу привода  $Q$  в силу затиску  $W$ , є пружина (як правило, циліндрична стискання). Сила  $W$  забезпечується стисканням пружини на необхідну величину  $f_n$ . Застосовують дві схеми побудови пружинних затискачів, які представлено на рисунку 3.38 [15]. В схемі на рисунку 3.38, а необхідне стискання пружини 3 досягається переміщенням штока привода 5. При цьому плунжер 2 передає на заготовку 1 силу  $W$ . Сила затиску  $Q$  обмежена нерухомим упором 4, який сприймає на себе залишкову силу привода  $Q'$ .

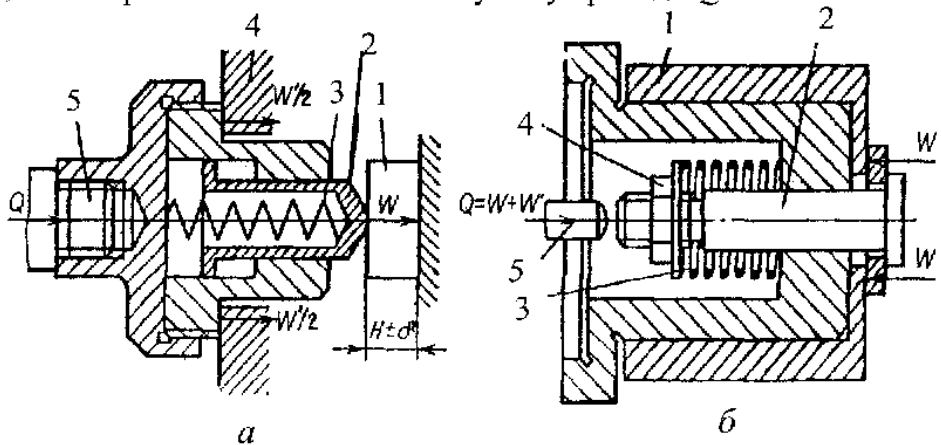


Рисунок 3.38. Схеми пружинних затискачів

В схемі, що представлена на рисунку 3.38, б необхідне стискання пружини 3 регулюється гайкою 4 при налагодженні пристрою. Сила  $W$  передається на заготовку 1 через тягу 2. Для відкріплення заготовки шток 5 привода силою  $Q$  подає вправо тягу 2, додатково стискаючи пружину 3. Пружини для таких затискачів вибирають з числа нормалізованих за потрібними  $W$  і  $f_n$ . Перевагами пружинних затискачів є простота конструкції і можливість відносно просто автоматизувати процеси закріплення і відкріплення заготовок. Поширений приклад такої автоматизації при обробці на свердлильних верстатах наведено на рисунку 3.39 [15]. Роль силового привода виконує шпindelь верстата рухом подачі. Підвішена до гільзи шпинделя 1 на скалках 2 підвісна кондукторна плита 3 опускається разом з ним униз до упора в заго-

товку 4. При подальшому ході шпинделя пружини стискаються. Створюючи через плиту на заготовку силу затиску. Для нормальної роботи механізму необхідно, щоб, по-перше, до моменту початку свердління пружини отримали достатню для створення потрібної сили  $W$  осадку  $i$ , по-друге, зростання  $W$  при подальшому опусканні шпинделя на довжину робочого ходу не було надмірним. Для цього застосовують пружини з великою кількістю витків.

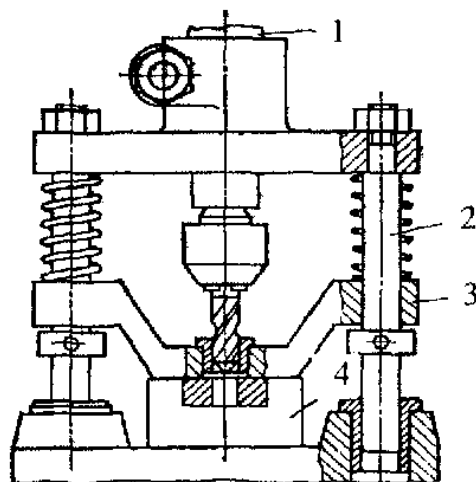


Рисунок 3.39. Схема автоматизованого пружинного затискача заготовки у свердлильному пристрої

### 3.6. Багатоланкові затискачі

Ці затискачі мають ведені ланки у виді прихватів чи плунжерів, приводяться в дію від однієї рукоятки, чи штока привода і затискають декілька деталей чи одну деталь в декількох точках одночасно.

Ведені ланки затискача являють собою зблоковану „плаваючу” систему, а тому незалежно від коливання розмірів оброблюваних заготовок затискають їх рівномірно. Застосування багатоланкових затискачів скорочує допоміжний час.

Відомо багато конструкцій багатоланкових затискачів пристроїв, які можна розподілити на групи. Приймавши за класифікаційну ознаку напрямок сил затискання можна виділити такі групи:

1) послідовної дії, які передають силу затиску в одному напрямку від заготовки до заготовки (закріплення пакета заготовок);



- 2) паралельної дії, які затискують заготовки в декількох паралельних напрямках;
- 3) із зустрічними силами затиску;
- 4) з перехресщуваними напрямками сил;
- 5) комбіновані затискачі, які являють собою з'єднання затискачів перших груп.

На рисунку 3.40, *a–в* [15] показано затискачі паралельної дії. Затискач на рисунку 3.40, *a* простий і надійний в роботі, але при великій кількості заготовок виходить громіздким і незручним. Затискач на рисунку 3.40, *б* компактний. Під дією сили  $Q$  система рухомих клинів 1, 2, 3 і плунжерів 4 переміщується до тих пір, поки всі плунжери не затиснуть заготовки. Недоліки цього механізму: низький ККД; при однакових кутах клинів сили затиску  $W$  неоднакові через втрати на тертя; для вирівнювання  $W$  кути клинів треба робити різними, що ускладнює виготовлення.

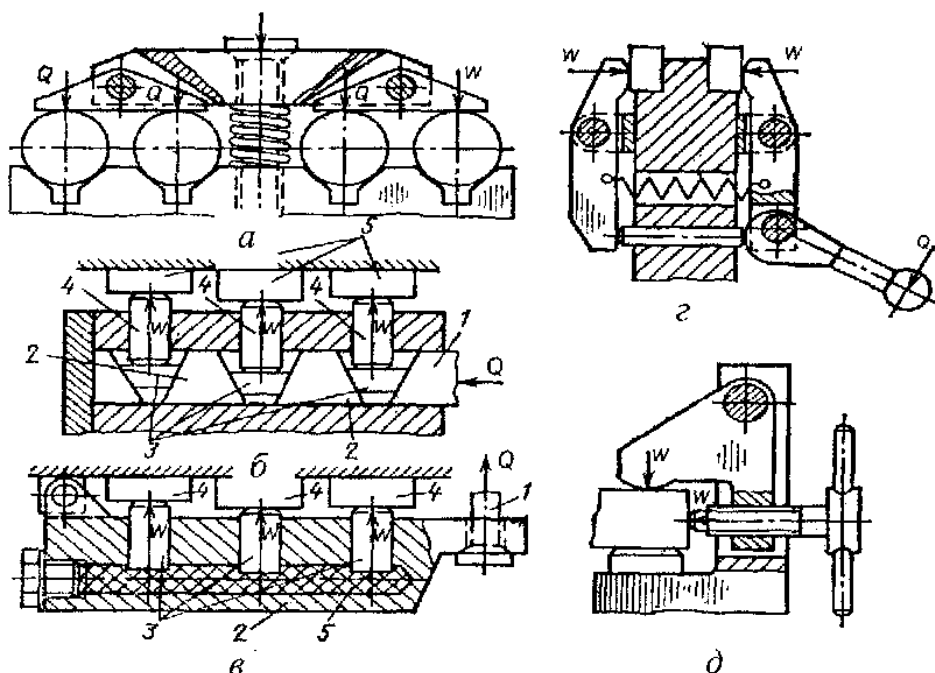


Рисунок 3.40. Схеми багатократних затискачів

Цих недоліків нема у затискачів з гідропластом (рисунок 3.40, *в*). Оскільки гідропласт 5 має властивість передавати тиск по всіх

напрямак без змін; силове джерело через тягу 1, важіль 2, плунжери 3 передає однакову силу затиску  $W$  на всі заготовки 4.

На рисунку 3.40, *з, д* показано затискачі із зустрічними і перехрещуваними лініями дії сил затиску.

При розрахунку сил в таких затискачах вихідна сила привода дорівнює сумі сил затиску окремих заготовок з врахуваннями передатних відношень затискачів та їх ККД.

### Комбіновані затискачі

При розробці конструкцій спеціальних верстатних пристроїв використовують різні комбінації простих затискачів. В цьому випадку завжди виникає задача: за відомою потрібною силою затиску  $W$  встановити тип і основні розміри, а також визначити силу, яку має розвивати привод.

Для будь-якого затискача рівняння сил може бути записано, як:

$$W = Qi, \quad (3.95)$$

де  $Q$  – сила, що передається від силового привода;  $i$  – передатне відношення сил, яке характеризує конструктивні параметри затискача.

Передатне відношення комбінованих затискачів визначають як добуток простих, що в нього входять:

$$i_k = \prod_{q=1}^n i_q, \quad (3.96)$$

де  $n$  – число простих механізмів, що входять в комбінований.

За аналогією з передатним відношенням сил ( $i$ ) для будь-якого простого затискача можна записати рівняння переміщень:

$$S_w = S_Q i_n, \quad (3.97)$$

де  $S_w$  – переміщення (хід) виконавчої ланки затискача;  $S_Q$  – переміщення силової ланки привода;  $i_n$  – передатне відношення затискача по переміщеннях.

Передатне відношення комбінованого затискача визначають як добуток простих, що входять в нього:

$$i_{n_k} = \prod_{q=1}^n i_{nq}.$$

Рівняння переміщення комбінованого затискача має вид:

$$S_w = S_Q \prod_{q=1}^n i_{nq}, \quad (3.98)$$

де  $n$  – число простих затискачів, що входять в комбінований.

На рисунку 3.41 показано схему комбінованого затискача.

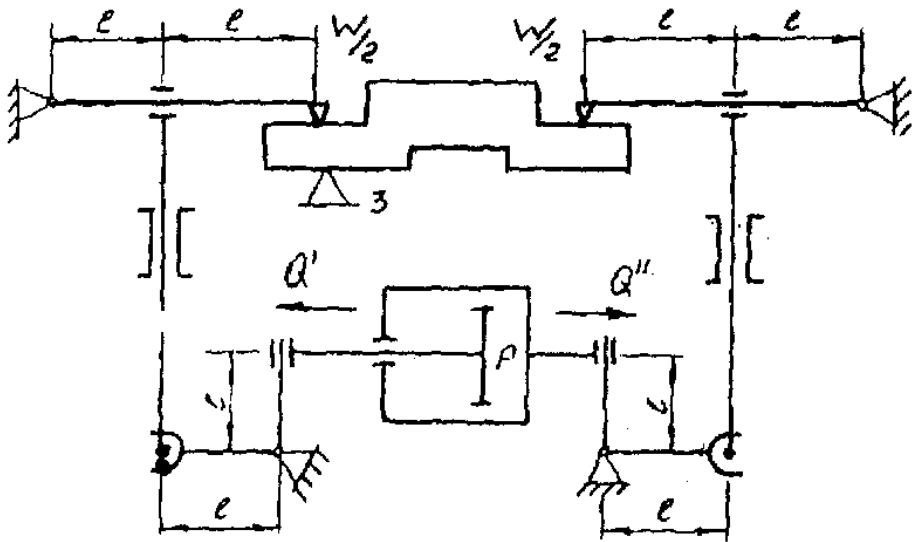


Рисунок 3.41. Схема комбінованого затискача

Кінематичний розрахунок такого затискача зводиться до визначення потрібної сили привода  $Q$  для забезпечення потрібної сили затиску  $W$  заготовки, а також величини переміщення ведучої ланки привода для забезпечення потрібного ходу (переміщення) затискного елемента пристрою.

Розглядаючи ліве крило кінематичного ланцюга, знаходимо тягове зусилля на штоці поршня, як  $Q' = \frac{W}{2} i_1 i_2$ , якщо  $i_1 = 2$ , а  $i_2 = 1$ , то  $Q' = W$  ( $i_1$ ,  $i_2$  – передатні відношення сил важільного затискача з прямим і кутовим важелями, відповідно).

За аналогією тягове зусилля на нижньому плечі кутового важеля правого крила ланцюга

$$Q'' = W.$$

Потрібне тягове зусилля пневмо- чи гідропривода

$$Q = Q' + Q'' = 2W.$$

Зусилля  $Q$  створюється поршнем циліндра з площею  $\pi D^2 / 4$  під тиском робочої рідини (повітря)  $p$ , тому  $Q = p \frac{\pi D^2}{4}$  звідки, з врахуванням ККД ( $\eta$ ) визначимо необхідний діаметр поршня:

$$D_p = \sqrt{\frac{4Q}{p\pi\eta}},$$

а потім округлюємо  $D_p$  до стандартного в бік збільшення.

Якщо потрібно забезпечити хід важеля-притискача  $S_w$ , то необхідно за формулою  $S_Q = S_w / i_n$  знайти сумарний хід поршня привода. В розглядуваному прикладі  $S_Q = 2(S_w \frac{1}{2} \cdot 1)$ .

Для поршневих двигунів величина  $S_Q$  може бути забезпечена практично завжди. Для клинових, кулачкових чи ексцентрикових затискачів розрахунок  $S_w$  обов'язковий.

### 3.7. Установчо-затискні механізми пристроїв

#### Принцип дії механізмів

Установчо-затискні механізми застосовують для підвищення точності положення координатної системи пристрою при встановленні. Такі механізми виконують одночасно функції установчих і затискних елементів. Тому установчі елементи в механізмі мають бути рухомими в напрямі затиску, а для збереження установчих властивостей закон їх відносного руху має бути заданим і реалізованим у конструкції пристрою з достатньою точністю. Установчо-затискні механізми можуть бути орієнтуючими, які визначають одну площину симетрії деталі, і самоцентруючими, які визначають дві взаємно перпендикулярні площини.

Принцип дії орієнтуючого механізму пояснює рисунок 3.42, а. Два елементи 1 і 2 переміщуються в напрямі  $X$ . Їх рух має відповідати трьом умовам: різноспрямованості, одночасності, однакової швидкості. При проектуванні та виготовленні пристрою положення цієї площини точно витримується відносно якоїсь поверхні корпусу, а при встановленні заготовки в пристрій доби-

ваються суміщення з нею координатної площини технологічної бази заготовки.

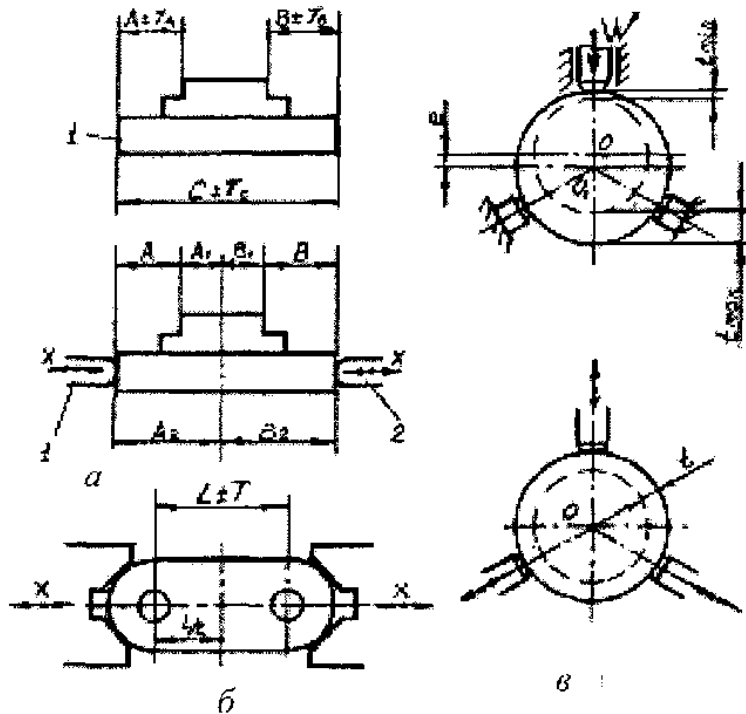


Рисунок 3.42 – Принципові схеми механізмів:  
а, б – орієнтуючих; в - самоцентруючих

Принцип дії самоцентруючого механізму пояснюють схеми, показані на рисунку 3.42, в. Для визначення положення двох координатних площин технологічної бази в механізмі необхідно мати щонайменше три елементи, які переміщуються до центра  $C$  або від нього одночасно з однаковою швидкістю; якщо переміщуються два елементи, то вони мають бути виконані у вигляді призм.

Самоцентруючі механізми застосовують тоді, коли потрібно забезпечити високу точність розмірів, заданих на деталі від осі технологічної бази. Наприклад, на рисунку 3.42, в показано два варіанти обточування на деталі циліндричної шийки. У першому варіанті два кулачки в патроні нерухомі, а третій затискує заготовку. При цьому через похибку базового діаметра утворюється неспіввісність  $e$  оброблюваної та базової поверхонь. У другому

варіанті використано самоцентруючий механізм. Вісь базової поверхні тут суміщується з віссю самоцентруючого механізму. Крім більшої співвідносності застосування самоцентруючий механізм забезпечує рівномірну глибину різання  $t$ , унаслідок чого зменшується потрібний мінімальний припуск на обробку.

Застосування установчо-затискних механізмів дає змогу також витримувати при обробці розміри, задані не лише від осі технологічної бази, а й від геометричної осі деталі. Така потреба виникає в двох випадках.

I. Між двома або кількома розмірами необхідно розподілити допуск на відстань між базами, від яких вони задані (рисунки 3.42, а). На операції одночасно витримують розміри  $A$  і  $B$ . Якщо установчою базою взяти поверхню I, то для розміру  $A$  похибка базування  $\epsilon_{TA} = 0$ , а для розміру  $B$   $\epsilon_{TB} = 2T_c$ . При використанні орієнтуючого механізму похибка базування для розмірів  $A$  і  $B$  буде однаковою, тобто  $\epsilon_{TA} \approx \epsilon_{TB} = T_c$ , що сприяє підвищенню точності обробки.

II. Положення оброблюваних поверхонь задане відносно осі деталі (рисунки 3.42, б). На операції необхідно обробити два отвори, симетрично розташовані відносно центра деталі  $O$ . Використання як технологічної бази в координатному напрямі будь-яких поверхонь заготовки неминуче призводить до похибки базування розміру  $L/2$  і тільки застосування самоцентруючого механізму зводить цю похибку до нуля.

Похибку встановлення заготовки в самоцентруючому пристрої називають похибкою центрування, оскільки вона виявляється у вигляді незбігу осей оброблюваної та базової поверхонь. З'являється вона через неточність встановлення та спрацювання деталей механізму самоцентрування.

**Класифікація самоцентруючих механізмів.** Самоцентруючі механізми різняться формою робочої поверхні рухомих елементів і конструкцією механізму, який забезпечує їх взаємопов'язаний рух. За першою ознакою розрізняють кулачкові та призматичні механізми, а за другою – гвинтові, рейково-зубчасті, спіральнорейкові, клинові (клиноплунжерні та клинокулькові) і з пружнодеформованими елементами (цангові, мембранні, гідропластові).

Межі застосування різних за конструкцією механізмів визначаються двома характеристиками – властивою їм похибкою центрування та створюваною силою затиску.

## Призматичні центруючі механізми

Широке розповсюдження одержали призматичні механізми з рухомою призмою (рисунок 3.43). Призма 6 (рисунок 3.43, *a*) в початковий період руху (по стрілці *A*) переміщує оброблювану заготовку 5 уздовж опорної площини установчої деталі 4, а при подальшому русі закріплює оброблювану заготовку „вловлюючі” положення її осі симетрії *I-I*. На (рисунок 3.43, *b* і *в*) установча деталь 4 – призматична.

Схему, що показано на рисунку 3.43, *a* доцільно використовувати тоді, коли розмір *H* оброблюваної заготовки дорівнює чи більше її розміру *l* і нормалі *N-N*, що проведено через точки контакту призми 6 з деталлю виходять за межі опорної площини деталі 4. В цих випадках оброблювана заготовка в початковий момент легко переміщується уздовж установчої площини.

Схему, що показано на рисунку 3.43, *b* рекомендується використовувати для встановлення деталей, розмір *H* яких менше розміру *l* внаслідок чого нормалі *N-N* виходять за межі опорної поверхні деталі 4. Якби остання була плоскою (як на рисунку 3.43, *a*), це могло б призвести до неправильного закріплення оброблюваної заготовки внаслідок можливого її повороту. Призматична деталь 4 в цій схемі дозволяє вирівняти положення площини *I-I* симетрії заготовки. Під дією призми 6 заготовка 5 в початковий період повертається в призмі 4, після чого відбувається затискання заготовки.

Схема, що показана на рисунку 3.43, *в*, аналогічна схемі, що показана на рисунку 3.43, *b*, але в неї використання плоскої деталі 4 призвело б до ще більш неправильного встановлення оброблюваної заготовки внаслідок того, що розмір *H* її значно менше розміру *l*. Для компенсації впливу неточності розміру *l* заготовок (особливо литих і кованих) при обробці поверхонь (наприклад, отворів), координованих відносно торця *T*, доцільно передбачити можливість зміни положення деталі 4. Це необхідно також при обробці заготовок з різних партій. В розглядуваних схемах для цього передбачено два гвинта 2 з контргайками 1. Торці таких гвинтів мають бути загартовані, а в деталях 4 для гвинтів 3 передбачені овальні отвори.

Якщо регульована деталь 4 – призма, її необхідно для запобігання бокового зміщення врізати в паз корпусу, як показано на рисунку 3.43, *в*, чи розмістити на окрему шпонку, врізану в корпус, як показано на рисунку 3.43, *a* і *b*.

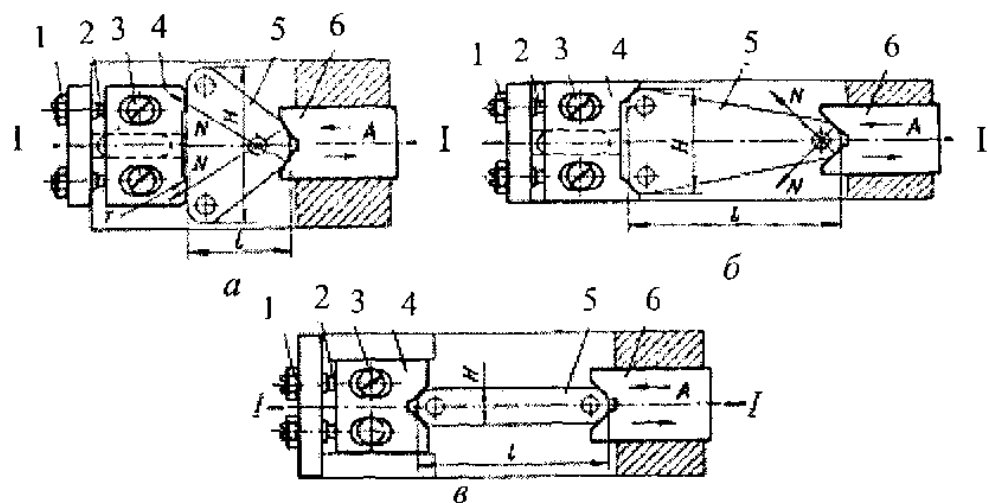


Рисунок 3.43. Призматичні механізми

При необхідності „вловлювання” двох взаємно перпендикулярних площин симетрії I і II заготовки 6 (рисунок 3.44, а) застосовують дві призми 5 і 8, які одночасно наближуються. Призми укріплюються на кулачках 4 і 9, які переміщуються в точному пазу корпусу 1 за допомогою гвинта 3 з правою нарізкою на одному кінці і з лівою – на другому. Гвинт фіксується від осьового переміщення регульованою вилкою 7, яка точно припасована у середній проточці гвинта. Регулювання положення вилки необхідно, оскільки виготовляти такий механізм при нерухомій вилці було б важко внаслідок того, що в цьому випадку майже неможливо при складанні забезпечити однакове положення призм відносно середини гвинта. Здійснюється регулювання положення вилки переміщенням її вправо чи вліво за допомогою двох гвинтів 10. Для забезпечення такого переміщення вилка має бути розміщена в отворі корпусу пристрою з великим зазором. Після того, як положення призм вивірено, загвинчуються дві пробки 2 і 11 і вилка 7 закріплюється до корпусу 1 гвинтами 12.

На рисунку 3.44, б показано другий спосіб регулювання механізму. В цьому випадку регулюється положення кожної призми 15. Для цього використовуються гвинти 17 з контргайками 18, а двозначний гвинт і вилка 13 свого положення у напрямку осі гвинта не змінюють. Закріплюються призми гвинтами 16. При використанні такого способу регулювання необхідно забезпечувати можли-



вість встановлення в корпус 20 кулачків 19, складених з призми 15 і гвинтом 14, оскільки без забезпечення такої можливості складання може виявитись надто утрудненим. Практично для цього слід розміщувати призми у спільному пазу корпуса пристрою, а закріплювати планками 22 за допомогою гвинтів 21.

У випадку необхідності одночасно з центруванням оброблюваної заготовки в пристроях (рисунок 3.44, *а* і *б*) притискувати заготовку до її нижньої опори доцільно застосовувати призми з похилими робочими поверхнями під кутом піднутрення  $\alpha = 3 - 5^\circ$  (тонкі лінії).

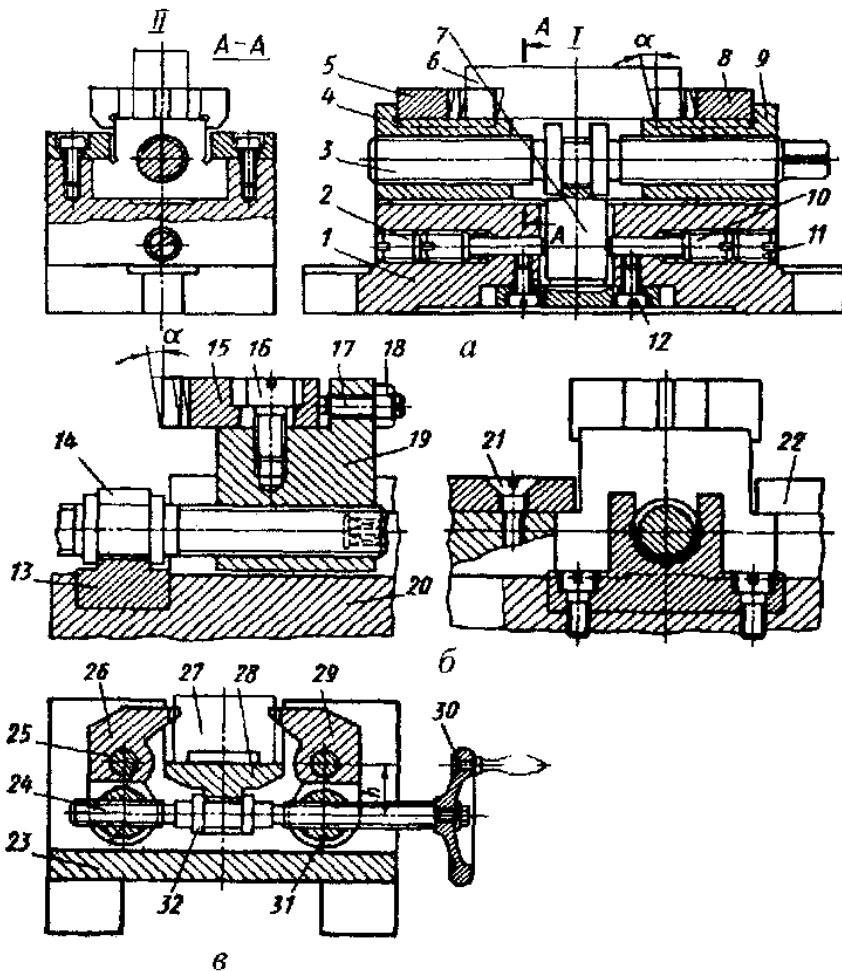


Рисунок 3.44. Способи регулювання центруючих механізмів

Призматичні центруючі механізми часто застосовують для встановлення і закріплення циліндричних деталей в горизонтальному чи у вертикальному положенні. Для обробки таких заготовок у вертикальному положенні, крім розглянутих механізмів, може бути використований важільно-призматичний механізм, що показаний на рисунку 3.44, в.

Двозначний гвинт 24, застопорений від осьового переміщення в пазу корпусу 23 за допомогою двох буртів 32, при обертанні за маховичок 30 у напрямку годинникової стрілки зближує розміщені на гвинті циліндричні гайки 31. При цьому гайки, що розміщені в отворах важелів-призм 26 і 29, провертають останні відносно нерухомих осей 25, звільняючи місце для зняття оброблюваної чи для встановлення чергової заготовки 27.

При зворотному обертанні гвинта гайки 31 розходяться і важелі-призми закріплюють встановлену заготовку, центруючи її і одночасно підтискуючи до установчої пластини 28, що прикріплена до корпусу 23 пристрою. Оскільки при провертанні важелів-призм гайки 31 також провертаються відносно осей важелів, вони повинні провертатись і відносно своїх геометричних осей, а гвинт 24 повинен переміщуватись у вертикальній площині, оскільки відстань  $h$  при цьому змінюється.

Для правильної роботи механізму необхідно забезпечити гвинту плоско-паралельний рух, а важелі-призми точно припасувати у спільному для них пазу корпусу пристрою.

Механізм для випадку горизонтального розташування оброблюваної заготовки показано на рисунку 3.45а. Цей механізм призначений для заготовок певного діапазону діаметрів, у зв'язку з чим, побудова його робочих частин значно відрізняється від побудови частин попередніх механізмів.

При обертанні двозначного гвинта 5 у напрямку стрілки К повзуни 8 і 14 розходяться, а плунжери 15, що знаходяться під дією пружин 7, провертають призми 10 і 12 навколо осей 9 і 13, відкриваючи доступ до місця встановлення оброблюваної заготовки 11. При зворотному обертанні гвинта 5 повзуни 8 і 14 зближуються, а призми, впираючись в оброблювану заготовку, повертаються в робоче положення, переміщуючи плунжери 15 до зіткнення їх з регульованими упорами 6 і 16, після чого призми з повзунами, переміщуючись як одне ціле, остаточно закріплюють оброблювану заготовку. Призми виконано так, що вони при зближенні вхо-

дять одна в одну (рисунок 3.45, б), чим виключається можливе їх зіткнення при значній різниці діаметрів оброблюваних заготовок. Положення останніх в осьовому напрямку визначається за допомогою регульованого гвинта 17, який укріплено в кронштейні 18, що приварений до корпусу 1 пристрою. Регулювання положення гвинта 5 і повзунів 8 і 14 в цій конструкції досягається за допомогою парісної втулки 3, яка фіксується в корпусі 1 контргайкою 2, а гвинти 5 – гайками 4.

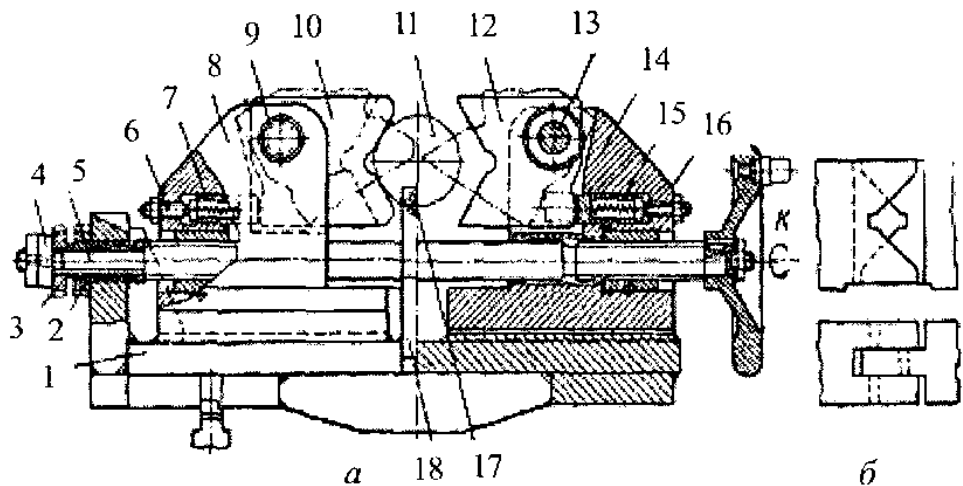
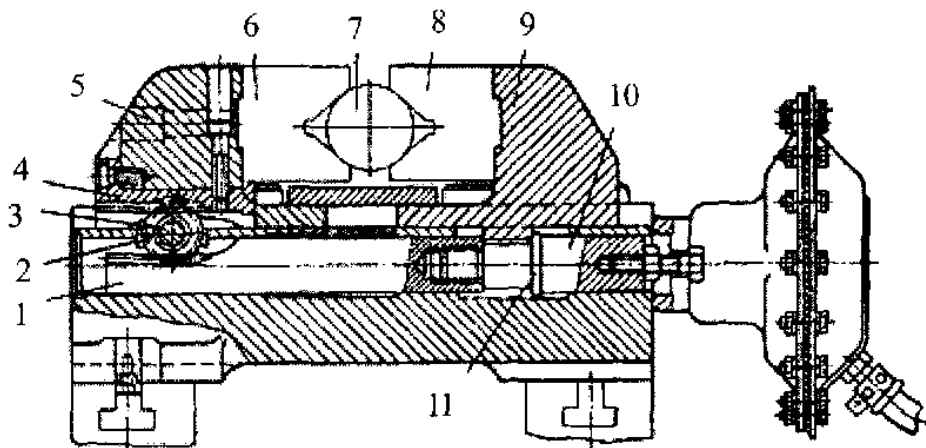


Рисунок 3.45. Призматичний механізм, що центрує заготовки у горизонтальній і вертикальній площинах

Широке застосування у промисловості одержали самоцентруючі механізми із зустрічним переміщенням призм за допомогою системи зубчастих рейок. В конструкції, що показана на рисунку 3.46, використовуються дві рейки. Рейка 4 прикріплена до повзуна 5. Рейка 1 зв'язана зі штоком 10 того чи іншого привода. При переміщенні штока вліво (за рисунком) він своїм буртиком 11 штовхас повзун 9 в тому ж напрямку, а рейка 1 провертає зубчасте колесо 2, яке обертається відносно нерухомої осі 3. Це колесо переміщує рейку 4 і зв'язаний з нею повзун 5 вправо. Призми 6 і 8, що закріплені на повзунах, одержуючи зустрічний рух, центрують і закріплюють оброблювану заготовку 7. Такі механізми звичайно використовуються на центрувальних верстатах у великосерійному і масовому виробництвах.



**Рисунок 3.46. Призматичний механізм з рейково-зубчастим приводом до повзунів**

Для кріплення деталей великої довжини використовуються по два з розглянутих механізмів. Розміщуються вони, по можливості, близько до місць обробки заготовок і діють послідовно чи одночасно.

Представлені на рисунках 3.44 і 3.45 механізми орієнтують і центрують оброблювані заготовки в двох напрямках. Проте їх легко пристосувати для центрування заготовок тільки в одному напрямку. Для цього необхідно центруючим елементам в таких конструкціях забезпечити деяку свободу переміщення в одній чи обох площинах симетрії оброблюваної заготовки, а останню центрувати за допомогою окремих установчих елементів.

Деталі цих механізмів, що безпосередньо стикаються з оброблюваною заготовкою, наприклад призми, прийнято називати змінними губками, а повзуни, на яких закріплюються ці губки – кулачками.

### **Центруючі механізми з ексцентричними пазами і плунжерні центруючі механізми**

В призматичних самоцентруючих механізмах замість двозначних гвинтів часто застосовують диски чи кільця з ексцентричними пазами, в які входять хвостовики кулачків, що призначені для закріплення оброблюваних заготовок.

На рисунку 3.47 показана одна із схем механізму з таким центруючим пристосуванням. При повороті кільця 2 за рукоятку 6 в горизонтальній площині, пальці 3, що запресовані в кулачки 4, під дією криволінійних пазів у кільці 2 переміщуються у радіальному напрямку і розсувають кулачки, звільнюючи оброблювану заготовку 5. При зворотному обертанні рукоятки 6 кулачки зближуються і закріплюють чергову заготовку.

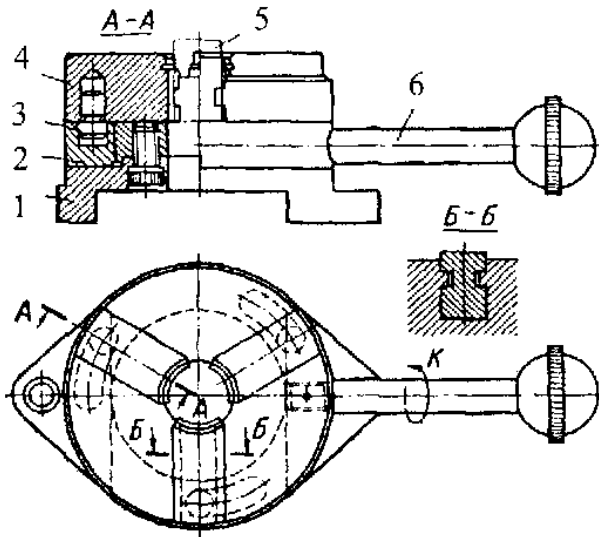


Рисунок 3.47. Центруючий механізм з ексцентричними пазами

Кулачки такого механізму для запобігання їх від бокового зміщення і перекосів необхідно розміщувати в точні напрямні пази корпусу 1. Щоб кулачки в процесі заготовок не розійшлися, необхідно пази в кільці 2 виконувати з кутом підйому не більше  $5^\circ$ . При цьому для збільшення ходу кулачків у багатьох випадках доцільно створювати ступінчасті (ламані) пази.

В деяких конструкціях плунжери використовували тільки для закріплення оброблюваних заготовок. В механізми, що показаний на рисунку 3.48, а, три циліндричних плунжера 10, що розташовані під кутом  $120^\circ$  один до одного, використовуються одночасно і для центрування оброблюваної заготовки 8 по її внутрішній необробленій чи грубообробленій поверхні.

Щоб здійснити таке центрування, плунжери виштовхуються з корпусу 2 клинковою деталлю 11 при русі її вправо (за рисунком)

під дією другої клинової деталі 3, яка переміщується уверх (за рисунком). Ці переміщення відбуваються при обертанні за годинниковою стрілкою гвинта 6, застопореного від осьового переміщення упорами 1 і 7. При зворотному обертанні гвинта деталь 3, упираючись в штифт 5, запресований в деталь 11, відводить останню вліво. При цьому плунжери під дією окремої для кожного з них пружини 9 потопують в корпус і звільняють оброблювану заготовку.

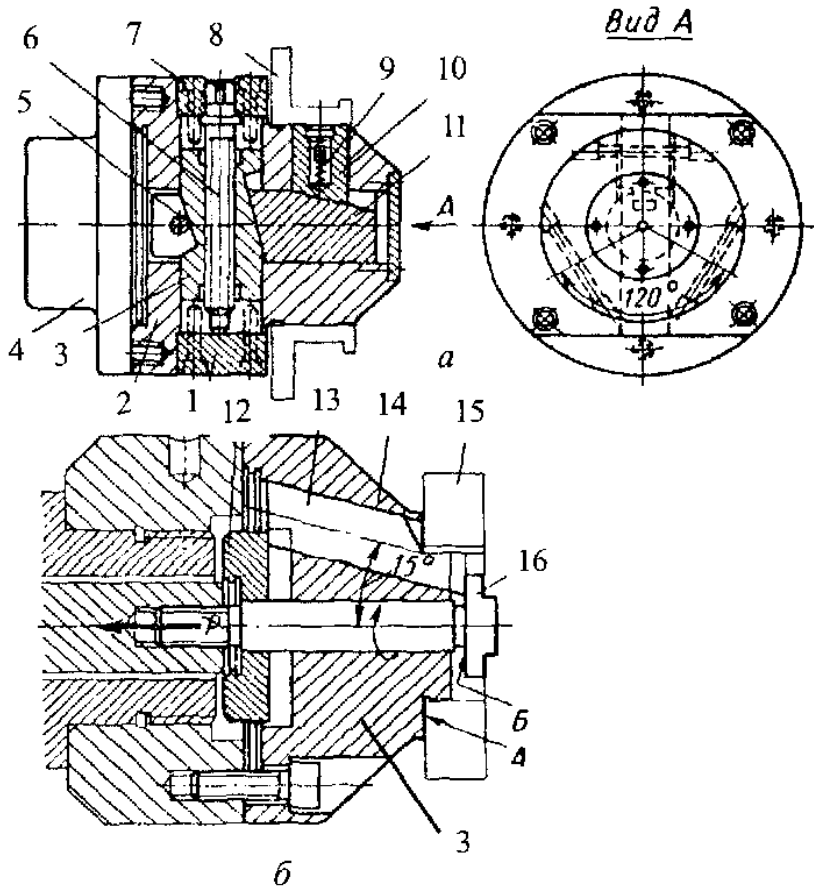


Рисунок 3.48. Плунжерні центруючі механізми

Замість трьох окремих пружин в такій конструкції можна використати спільну кільцеву пружину, що огинає всі плунжери.

Для правильної роботи механізму клинові деталі 3 і 11 треба точно припасувати до напрямних отворів корпусу 2 і передбачити

заходи, що запобігають їх провертанню. Механізм центрується на планшайбі 4 за допомогою буртика.

На рисунку 3.48, б показано другу конструкцію плунжерного механізму. В цій конструкції також три плунжера 13 розташовані під кутом  $120^\circ$  один до одного. Проте відносно осі оброблюваної заготовки 15 вони на відміну від плунжерів попередньої конструкції розміщені не під кутом  $90^\circ$ , а під кутом  $\alpha = 15^\circ$ , тому переміщуються не тільки в радіальному, але і в осьовому напрямку. Внаслідок цього оброблювана заготовка при русі стержня 16 під дією сили  $Q$  привода не тільки центрується на плунжерах, але й підтискується до опорного торця А корпусу 14. При зворотній дії сили  $Q$  шайба 12 виштовхує плунжери, звільнюючи заготовку.

Правильна робота механізму може бути забезпечена тільки при суворій перпендикулярності робочого торця Б, головки стержня 16 і торця А корпусу до осі стержня і при точному припасуванні стержня 16 і плунжера 13 в отворах корпусу 3.

В практиці широко застосовуються плунжерні патрони з механізованим приводом, в яких безпосередніми робочими органами є плунжери круглого, овального чи прямокутного поперечного перерізу. Радіальне переміщення плунжерів, розташованих частіше всього через  $120^\circ$ , провадиться за допомогою трискісних клинів. Коли довжина базового отвору заготовки перевищує половину його діаметра, застосовують дворядні плунжерні патрони (рисунк 3.49). При переміщенні клина 1 вліво ролики 4 розпирають втулки 3, 5, які, переміщуючись в протилежних напрямках, висувують плунжери 7, 8 (по три в кожному перерізу патрона).

При переміщенні клина вправо пружини 2 повертають втулку, а пружини 6 – плунжери у вихідне положення. При силовому розрахунку таких патронів необхідно мати на увазі, що плунжери 8 навантажені більше плунжерів 7. Це пояснюється тим, що втулка 3 навантажена осьовою силою клина 1 і розпираючою силою, що створюється роликами, а втулка 5 навантажена тільки розпираючою силою.

Зв'язок між тяговою силою привода  $Q$  такого патрона і вертикальною складовою сили різання  $P_z$  може бути знайдено таким чином.

Силу, що розпирає ролики, можна визначити з виразу [4]:

$$P_1 = \frac{Q}{2 \operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi_1')},$$

де  $Q$  – сила тяги привода;  $\alpha_1$  – кут скосу центрального клину;  $\varphi'_1$  – кут тертя на площині скосу.

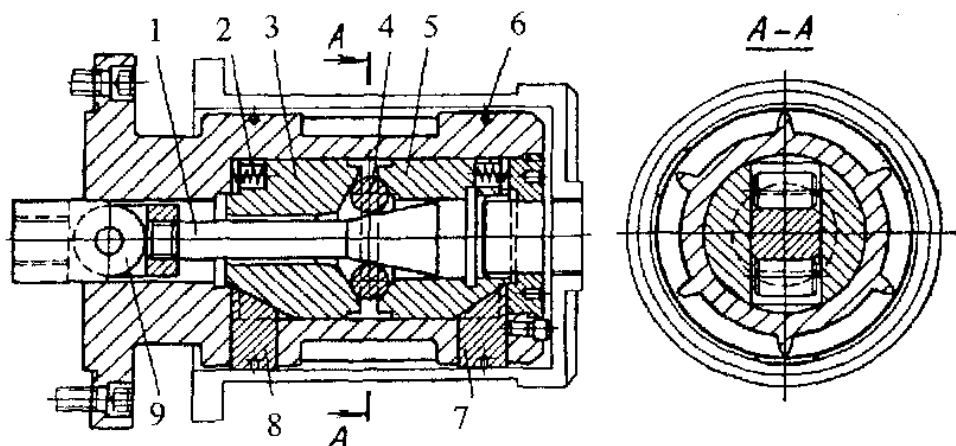


Рисунок 3.49. Плуажерний патрон з пневматичним приводом

Сила, що розпирає втулку, визначається за формулою [4]:

$$P_2 = \frac{P_1}{2 \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi'_2)} = \frac{Q}{4 \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi'_2) \operatorname{tg}(\alpha_1 + \varphi'_1)},$$

де  $\alpha_2$  – кут скосу дна пазів для плунжерів у втулках 3 і 5;  $\varphi'_2$  – кут тертя на скошених поверхнях цих пазів.

Сила, що діє на втулку 3, знаходиться з виразу [4]:

$$P_3 = P_2 + Q$$

Сила затиску заготовки всіма плунжерами 8 визначиться з рівняння:

$$W_1 = K_c P_3.$$

Сила затиску заготовки плунжерами 7 визначається за формулою:

$$W_2 = K_c P_2.$$

Повна сила затиску заготовки визначиться з рівняння:

$$W = W_1 + W_2 = K_c (P_2 + P_3).$$

Після підставлення в цей вираз значень  $K_c$ ,  $P_2$  і  $P_3$  одержимо:



$$W = Q \frac{1 - \frac{3l}{a} \operatorname{tg} \alpha}{\operatorname{tg} \alpha + f} \left[ \frac{1}{2 \operatorname{tg}(\alpha + f) \operatorname{tg}(\alpha_1 + f)} + 1 \right] = K'_c Q, \quad (3.99)$$

де  $K'_c$  – силовий коефіцієнт передачі від тяги  $Q$  до плунжерів.

Виходячи з умов надійності закріплення оброблюваної заготовки необхідно, щоб дотримувалась така умова:

$$M_{\text{тер}} \geq M_{\text{сер}}, \quad (3.100)$$

де  $M_{\text{тер}} = Wf \frac{D}{2}$  – момент сил тертя, що діють на поверхні діаметра

$D$  закріплення заготовки відносно осі;  $M_{\text{сер}} = P_z \frac{d}{2}$  – момент відносно тієї ж осі вертикальної складової сили різання  $P_z$ , яка прикладена до оброблюваної поверхні діаметра  $d$  заготовки.

Використовуючи значення  $M_{\text{тер}}$  і  $M_{\text{сер}}$  з рівнянь (3.99) і (3.100) можна визначити необхідну величину сили тяги:

$$Q \geq P_z \frac{d}{fDK'_c}$$

Сили пружин 2 можна не враховувати, оскільки вони не чинять суттєвого впливу на результати розрахунку.

### Цангові центруючі механізми

Цангами називаються механізми, у яких як установчо-затискний елемент використовується цанга, яка становить собою спеціальну розрізну пружну втулку, за допомогою якої в цанговому механізмі забезпечується певне положення геометричної осі оброблюваних заготовок.

Сила приводу до такого механізму передається на зовнішню чи внутрішню конічну поверхню цанги. Цанга з зовнішнім конусом використовується для закріплення по зовнішній поверхні заготовки у вигляді стержнів з круглим, квадратним чи іншим багатокутковим профілем поперечного перерізу. Цанги з внутрішнім конусом застосовуються переважно для закріплення заготовок по внутрішній поверхні типу циліндричних втулок.

На рисунку 3.50 показано три види цангових патронів для закріплення стержнів: із втягувальною (а), висувною (б), нерухомою (в) цангами та різновиди їх установчих отворів (г) згідно з

профілем прутків, які затискують у цанзі (д). Для затиску в цанговому патроні прутків різних діаметрів і форм до нього додається комплект змінних цанг.

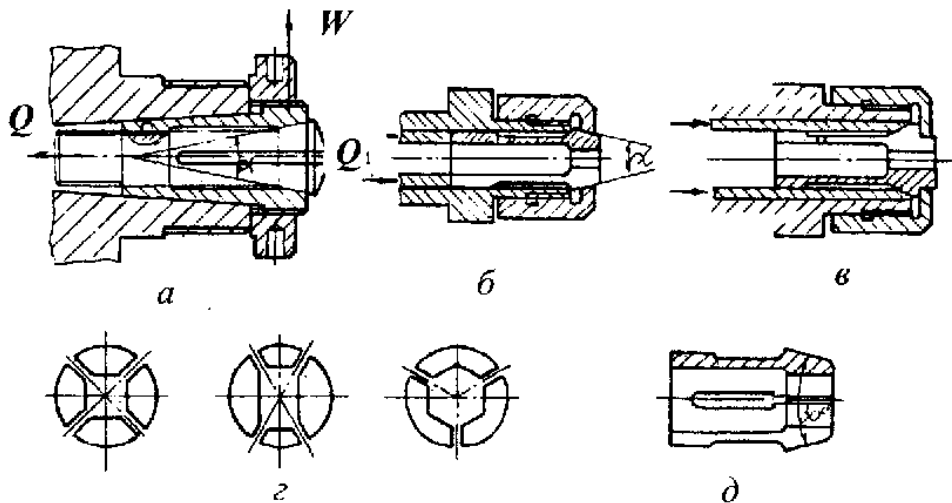


Рисунок 3.50 – Види цангових патронів із втягувальною (а), висувною (б) та нерухомою (в) цангами; форми отворів цанг (г) і схема цанги (д)

При затиску прутка або заготовки в цанговому патроні забезпечується концентричність встановлення 0,02-0,05мм. Базову поверхню заготовок або прутків, які затискуються в цангах, обробляють за 6-9-м квалітетами точності.

Цанги звичайно виготовляють зі сталі 20 з наступною цементацією та загартуванням чи з високовуглецевих сталей У7А, У8А, а для важких робіт використовують леговані сталі 12ХНВА, 9ХС та ін. Для надання високої пружності та опору зношуванню цанги піддають загартуванню до твердості HRC 58-60 і ретельно шліфують.

На рисунку 3.51 показано пристрій з цанговим центруючим пристосуванням.

За допомогою рукояток 3 гайка 4 нагвинчується на корпус 1, натискаючи на кульки 8, які діючи на фланець втулки 5, опускають її і вона конічною поверхнею стискує пелюстки розрізаного конуса цанги 7. Це стискання передається втулці 6 та оброблюваній заготовці, що в ній розміщена. Застосування кульок обу-

мовлено намаганням зменшити втрати на тертя між гайкою 4 і фланцем втулки 5. З цією ж метою гайка розміщена на втулці 5 з великим зазором, який виключає тертя циліндричних поверхонь цих деталей. Кут  $\alpha$  цанги в робочому положенні звичайно приймається рівним  $30^\circ$ , а у вільному стані  $29^\circ$ . Цим досягається прилягання конусів цанги і втулки 5 в робочому положенні по всій довжині твірної конуса. У вільному стані пелюстки цанги контактують з конічною поверхнею втулки 5 тільки кромкою отвору з боку верхнього торця цанги. Кут конуса втулки складає  $29^\circ$ , а в конструкції зі зворотним конусом –  $31^\circ$ . Центрування оброблюваної заготовки забезпечується в цьому механізмі не тільки точною обробкою конічної поверхні цанги 7 і втулки 5, але й точним посадженням останньої на циліндричному виступі корпусу 1 пристрою. Штифт 9 утримує втулку 5 від провертання при загвинчуванні і вигвинчуванні гайки, а пружинні упори 2 повертають втулку у вихідне положення для зміни оброблюваної заготовки.

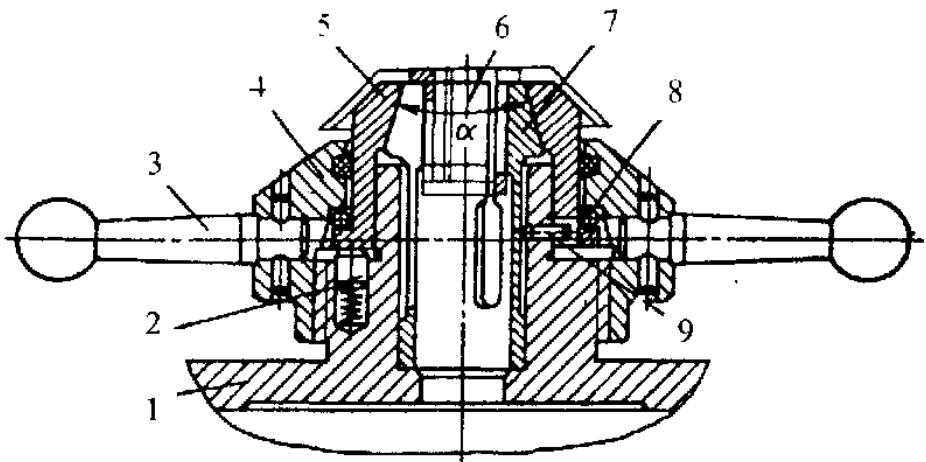


Рисунок 3.51 – Цанговий механізм, який центрує деталь по зовнішній поверхні

Для затиску в цанзі довгих прутків, наприклад при обробці на револьверних верстатах, перехідні втулки 6, як правило, не засто-

совують і ставлять підвищені вимоги до точності форми і розмірів поперечного перерізу прутка. У зв'язку з цим, прутки доводиться піддавати попередньому калібруванню, що викликає додаткові витрати. Для запобігання цього застосовують цанги спеціальної конструкції, які дозволяють однаково надійно закріплювати заготовки, які відрізняються за розмірами на 1–3мм.

Схему цангового патрона для затиску прутків із вмонтованим пружинно-пневматичним приводом показано на рисунку 3.52. Пруток затискується цангою 11 під дією пружини 3, а розтиск цанги і розкріплення прутка відбуваються під дією стиснутого повітря. Пневмоциліндр 5 прикріплений гвинтами 4 до передньої бабки револьверного верстата. Всередині пневмоциліндра переміщується поршень 6, закріплений на порожнистому штоці 8. Цанговий патрон втулкою 2 нагвинчується на передній нарізний кінець шпинделя верстата.

Для розтиску цанги і звільнення прутка натискають кнопку 14 і тим самим переміщують золотник 7 вправо. Стиснуте повітря з мережі, пройшовши штуцер 15, надходить у праву порожнину пневмоциліндра 5, тисне на поршень 6 і пересуває його вліво. Разом із поршнем рухається шток 8, який буртом натискає на кільце 12 і, стискаючи пружину, переміщує гільзу 9 пальцями 13. При цьому пелюстки цанги під дією сил пружності розтискаються, і пруток звільняється. Під час затиску прутка пелюстками цанги 11 кнопку 14 із золотником 7 переміщують вліво, і стиснуте повітря з правої порожнини пневмоциліндра 5 випускається в атмосферу. Водночас поршень 5 зі штоком, кільцем 12 із пальцями 13 та втулкою 9 під дією пружини 3 переміщуються вправо.

Втулка 9, переміщуючись вправо по конічній поверхні пелюсток цанги 11, притискає її до торця гайки 10, а потім стискає пелюстки цанги, і пруток розкріплюється. Чотири пружини 1 виконують додаткове переміщення поршня зі штоком вправо для отримання зазору між торцями штока 8 і кільця 12.

Конструкція патрона забезпечує сталу силу затиску і надійність в експлуатації. Осьова сила пружини при затиску заготовки в патроні становить 14700 Н.

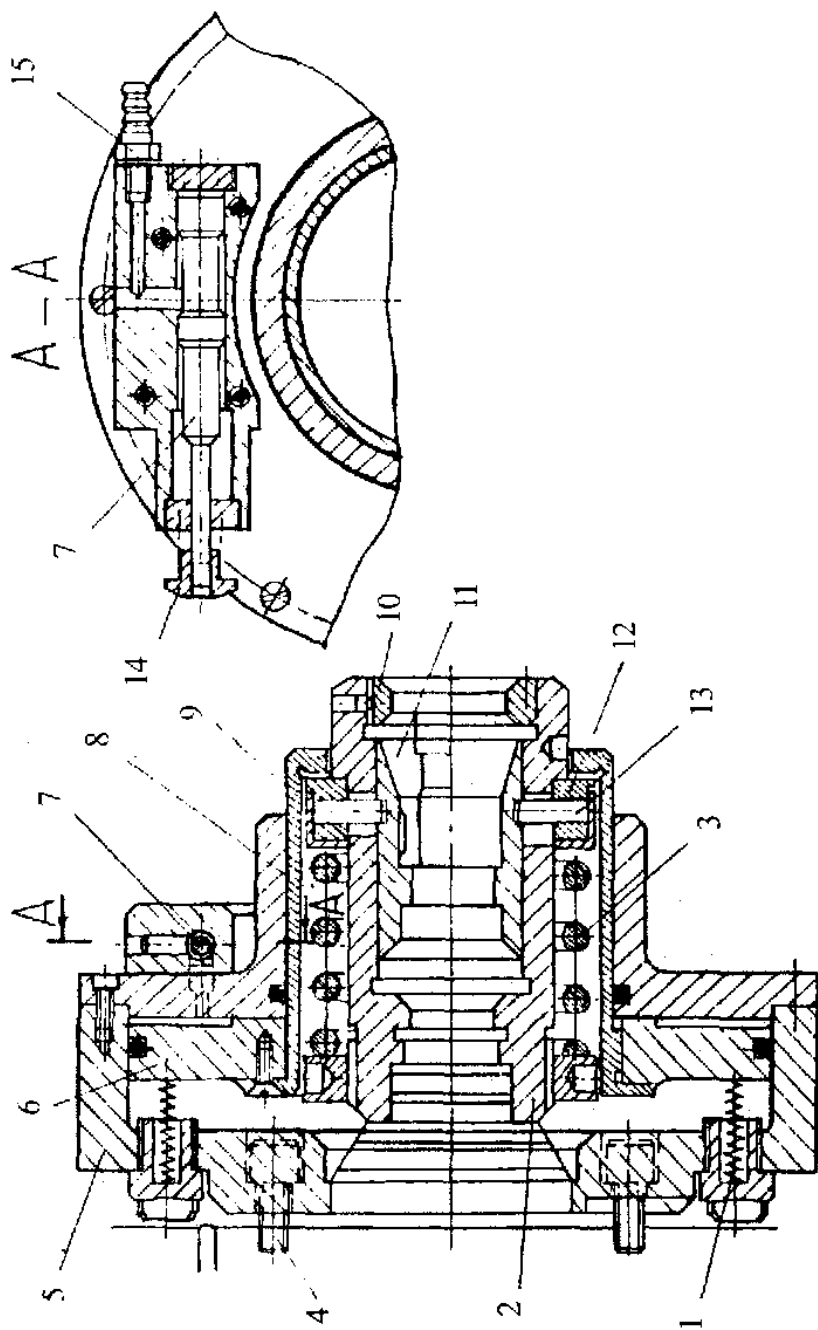


Рисунок 3.52. Схема цангового патрону для затиску прутків



У цангових патронах потрібну осьову силу на штоці механізованого привода для стискання пелюстків цанги визначають залежно від потрібної сили затиску оброблюваної заготовки. Осьова сила (рисунок 3.53, а) на штоці механізованого привода для затиску втягувальною цангою заготовки за відсутності всередині цанги упора для точного встановлення заготовки по довжині [3]

$$Q = (W_{\text{сум}} + W') \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right), \quad (3.101)$$

де  $W_{\text{сум}}$  – потрібна сумарна сила затиску заготовки всіма пелюстками цанги, що рівномірно діє на базові поверхні заготовки, Н (кгс);  $W'$  – сила попереднього затиску пелюсток цанги для усунення зазору між пелюстками цанги та поверхнею заготовки, що затискується, Н (кгс);  $\alpha$  – кут при вершині конуса цанги,  $\alpha = 30 \dots 40^\circ$ ;  $\varphi$  – кут тертя між конічною поверхнею цанги та стискуючою втулкою ( $\operatorname{tg} \varphi = 0 \dots 0,15$ ),  $\varphi = 6 \dots 8^\circ$ .

Сумарна сила затиску:

$$W_{\text{сум}} = \frac{K}{f} \sqrt{\frac{M^2}{r^2} + P_x^2}, \quad (3.102)$$

де  $K = 1,2 \dots 1,5$  – коефіцієнт запасу;  $f = 0,25 \dots 0,5$  – коефіцієнт тертя між цангою та оброблюваною заготовкою (залежить від виду робочих поверхонь пелюсток цанги);  $M$  – момент, який передає цанга, Н·м (кгс·см);  $r$  – радіус базової затискної частини заготовки, мм;  $P_x$  – сила, що діє вздовж осі заготовки при обробці, Н (кгс).

Кожна пелюстка цанги є консольною закріпленою деталлю, тому сила [3]:

$$W' = \frac{3EI f_1}{l^3} n, \quad (3.103)$$

де  $E = 2 \cdot 10^5$  (МПа) – модуль пружності матеріалу цанги;  $I$  – момент інерції сектора тонкого кільця в місці закладання пелюстки цанги (див. переріз А–А на рисунку 3.53, а), мм;  $f_1$  – стріла прогину пелюстки цанги, яка дорівнює половині діаметрального зазору  $\Delta$  між цангою та базовою поверхнею заготовки;  $f_1 = \Delta / 2$ ;  $l$  – довжина пелюстки цанги від місця її закладання до середини конуса цанги, мм;  $n$  – кількість пелюсток цанги.

Момент інерції сектора тонкого кільця в місці закладання пелюстки цанги:

$$I = \frac{D^3 S}{8} \left( \alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right),$$

де  $D$  – зовнішній діаметр пелюсток цанги, які згинаються, мм;  $S$  – товщина пелюстки цанги, яка згинається в перерізі А–А, мм;  $\alpha_1$  – половина кута сектора пелюстки цанги (переріз А–А), град.

Підставивши в (3.103) здобуті значення моменту інерції  $I$ , дістанемо:

$$W' = \frac{3E f_1 n D^3 S}{8 l^3} \left( \alpha_1 + \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - \frac{2 \sin^2 \alpha_1}{\alpha_1} \right).$$

Підставивши в останню формулу замість  $E$  його значення  $2 \cdot 10^5$  МПа і замість  $f_1$  – його значення  $\Delta / 2$  і виконавши перетворення, дістанемо простішу формулу [3]:

для трипелюсткової цанги

$$W' = \frac{6000 \Delta D^3 S}{l^3}; \quad (3.104)$$

для чотирипелюсткової цанги

$$W' = \frac{2000 \Delta D^3 S}{l^3}. \quad (3.105)$$

Підставивши в формулу для визначення осьової сили здобуті значення сили  $W_{\text{сум}}$  та  $W'$ , дістанемо формулу для визначення осьової сили трипелюсткової цанги [3]:

$$Q = \left( \frac{K}{f} \sqrt{\frac{M^2}{r^2} + P_x^2} + \frac{6000 \Delta D^3 S}{l^3} \right) \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right). \quad (3.106)$$

Осьова сила, яка діє на штоці механізованого привода для затиску висувною цангою заготовки за наявності осьового упора для заготовки (рисунки 3.53, б) [3]:

$$Q = (W_{\text{сум}} + W') \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + \operatorname{tg} \varphi_1.$$

Підставивши в останню формулу замість  $W_{\text{сум}}$  та  $W'$  їх значення, дістанемо:



$$Q = \left( \frac{K}{f} \sqrt{\frac{M^2}{r^2} + P_x^2} + \frac{6000\Delta D^3 S}{l^3} \right) \left[ \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha}{2} + \varphi \right) + \operatorname{tg} \varphi_1 \right]. \quad (3.107)$$

При осьовому упорі виникає тертя між циліндричними поверхнями цанги та поверхнею затискуваної заготовки, тому вводиться кут тертя  $\varphi_1$ :

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = 0,2 \dots 0,3.$$

### Мембранні центруючі механізми

Мембранними називають механізми, в яких замість цанги використовуються гнучкі тонкі пластини (мембрани) чи кільця з радіальними прорізами (тарілчасті пружини). Такі механізми мають значно більш високу точність центрування у порівнянні з цанговими, тому вперше з'явилися в шарикопідшипниковій промисловості для шліфування кілець підшипників.

Мембранні патрони застосовують для точного центрування і затиску заготовок, що оброблюються на токарних і шліфувальних верстатах. У мембранних патронах оброблювані заготовки встановлюють за зовнішньою або внутрішньою поверхнею. Базові поверхні заготовки оброблюють за 6–8 квалітетами точності. Мембранні патрони забезпечують точність центрування заготовок 0,003...0,005 мм.

Мембрани – це тонкі металеві диски з ріжками або без ріжків (кільцеві мембрани). Залежно від дії на мембрану штока тягнучої або штовхаючої дії механізованого привода мембранні патрони поділяють на розтискні та затискні.

У розтискному мембранному ріжковому патроні при встановленні кільцевої заготовки мембрана з ріжками штоком привода прогинається вліво до шпинделя верстата. При цьому ріжки мембрани із затискними гвинтами, встановленими на кінцях ріжків, сходяться до осі патрона, і оброблюване кільце встановлюється центральним отвором у патроні.

При припиненні натискання на мембрану під дією пружних сил вона випрямляється, її ріжки з гвинтами розходяться від осі патрона і затискують оброблюване кільце на внутрішній поверхні.

У розтискному мембранному ріжковому патроні при встановленні кільцевої заготовки на зовнішній поверхні мембрана штоком привода прогинається вправо від шпинделя верстата. При цьому ріжки мембрани розходяться від осі патрона і оброблювана

заготовка розтискується. Потім встановлюється наступне кільце, натискання на мембрану припиняється, вона випрямляється і ріжками з гвинтами затискує оброблюване кільце. Затискні мембранні ріжкові патрони з механізованим та ручним приводом виготовляють згідно з нормальми.

Мембранні патрони бувають ріжковими та чашковими (кільцевими); виготовляють їх зі сталей 65Г, 30ХГС із загартуванням до твердості HRC 40...50. Основні розміри ріжкових та чашкових мембран нормалізовані.

Конструктивну схему мембранно-ріжкового патрона 1 показано на рисунку 3.54, а. На задньому кінці шпинделя верстата встановлено пневмопривод патрона. При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра поршень зі штоком і тягою 2 переміщується вправо. При цьому тяга 2 натискаючи на ріжкову мембрану 3, прогинає її, кулачки (ріжки) 4 розходяться, і заготовка 5 розтискується (рисунок 3.54, б). Під час подачі стиснутого повітря в праву порожнину пневмоциліндра його поршень зі штоком і тягою 2 переміщується вліво і відходить від мембрани 3. Мембрана під дією внутрішніх пружних сил випрямляється, кулачки 4 мембрани сходяться і затискають по циліндричній поверхні заготовку 5 (рисунок 3.54, а).

Основні дані для розрахунку патрона (рисунок 3.54, а) із ріжковою мембраною:  $M_{різ}$  – момент різання, який прагне повернути оброблювану заготовку 5 у кулачках 4 патрона;  $d = 2a$  – діаметр базової зовнішньої поверхні оброблюваної заготовки;  $l$  – відстань від середини мембрани 3 до середини кулачків 4. Розрахункову схему навантаженої мембрани показано на рисунку 3.54, в. Колова, жорстко закріплена по зовнішній поверхні мембрана навантажена рівномірно розподіленим згинаючим моментом  $M$ , прикладеним по концентричному колу мембрани радіуса  $a$  базової поверхні оброблюваної заготовки. Ця схема є результатом накладання двох схем, показаних на рисунку 3.54, г, д, причому

$$M = M_1 + M_3.$$

На рисунку 3.54, в позначено:

$a$  – радіус зовнішньої поверхні мембрани (вибирають із конструктивних умов), см;  $h = 0,1...0,07$  – товщину мембрани, см;  $M$  – момент, який згинає мембрану, Н·м (кг·мм);  $\varphi$  – кут розтиску кулачків 4 мембрани, потрібний для встановлення та затиску оброблюваної заготовки з найменшим граничним розміром, град

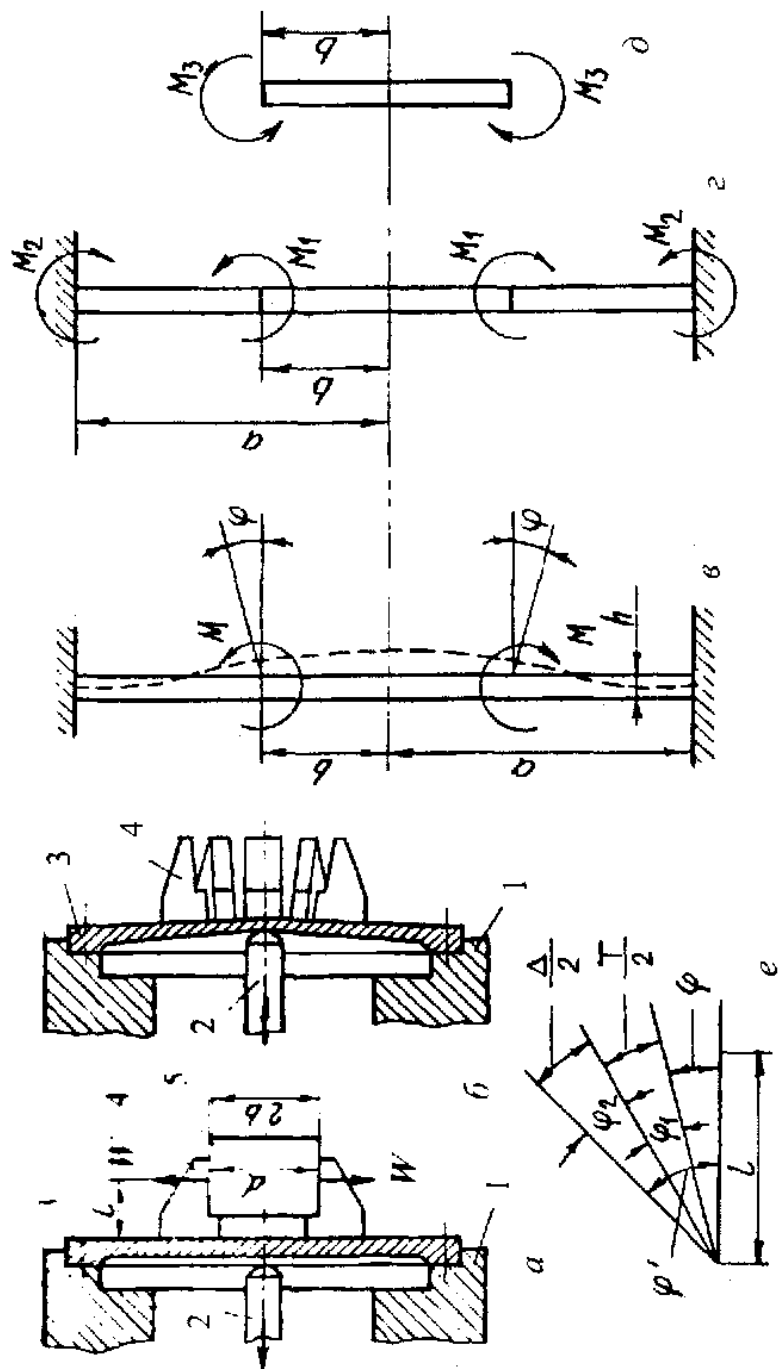


Рисунок 3.54. Схеми мембранно-роликвого патрону

Максимальний кут розтиску кулачків мембрани (рисунок 3.54, е)

$$\varphi' = \varphi + \varphi_1 + \varphi_2,$$

де  $\varphi_1$  – додатковий кут розтиску кулачка, який ураховує допуск  $T$  на неточність виготовлення установчої поверхні заготовки;  $\varphi_2$  – кут розтиску кулачків, який ураховує діаметральний зазор  $\Delta$ , необхідний для встановлення заготовки в патрон.

Згідно з рисунком 3.54, е бачимо, що кут

$$\varphi' = \varphi + \frac{T}{2\ell} + \frac{\Delta}{2\ell} \approx \varphi + \frac{1}{2\ell}(T + \Delta),$$

де  $T$  – допуск на неточність виготовлення заготовки на суміжній попередній операції;  $\Delta = 0,0008\delta + 0,02$  мм.

Кількість кулачків  $n$  мембранного патрона приймають залежно від форми і розмірів оброблюваної заготовки. Коефіцієнт тертя між установчою поверхнею заготовки та кулачків  $f = 0,15 \dots 0,18$ . Коефіцієнт запасу  $K = 1,4 \dots 1,6$ . Допуск  $T$  на розмір установчої поверхні заготовки задається кресленням. Модуль пружності  $E = 0,2 \cdot 10^6$  МПа.

Задаючи потрібні дані, розраховують мембранний патрон.

1. Радіальна сила на одному кулачку мембранного патрона для передачі крутного моменту  $M_{\text{пр}} [3]$

$$W = \frac{KM_{\text{пр}}}{n f \delta}. \quad (3.108)$$

Сили  $W$  спричинюють момент, який згинає мембрану (рисунок 3.54, в).

2. При великій кількості кулачків патрона момент  $M$  можна вважати таким, що рівномірно діє по колу мембрани радіуса  $a$  і спричинює її згинання:

$$M = \frac{M_{\text{пр}} n \ell}{2\pi \delta}. \quad (3.109)$$

3. Радіусом  $a$  зовнішньої поверхні мембрани (із конструктивних міркувань) задаються.

4. Відношення радіуса  $a$  мембрани до радіуса  $\delta$  установчої поверхні заготовки

$$\frac{a}{\delta} = m.$$

5. Моменти  $M_1$  та  $M_3$  у частках  $M$  ( $M = 1$ ) визначають залежно від  $m = a/v$  згідно з даними, наведеними в таблиці 3.3 [3].

Таблиця 3.3 – моменти  $M_1$  та  $M_3$  у частках  $M_{гр}$

$m = a/v$	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
$M_1$	0,785	0,645	0,56	0,51	0,48	0,455	0,44	0,42
$M_3$	0,215	0,355	0,44	0,49	0,52	0,545	0,56	0,58

6. Кут розтиску кулачків при закріпленні заготовки з найменшим граничним розміром [3], рад,

$$\varphi = M / B(1 + \mu). \quad (3.110)$$

7. Циліндрична жорсткість мембрани [3], Н/м (кгс/см),

$$B = \frac{Eh^3}{12(1 - \mu^2)}, \quad (3.111)$$

де  $E = 0,2 \cdot 10^6$  МПа – модуль пружності ( $E = 2,1 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>);  $\mu = 0,3$ .

8. Кут максимального розтиску кулачків, рад [3]

$$\varphi' = \varphi + \frac{T}{2\ell} + \frac{\Delta}{2\ell} \approx \varphi + \frac{1}{2\ell}(T + \Delta). \quad (3.112)$$

9. Сила на штоці механізованого привода, необхідна для згинання мембрани та розведення кулачків при розтиску заготовки на максимальний кут  $\varphi'$  [3],

$$Q = -\frac{4\pi B\varphi'}{vlnv/a} = \frac{4\pi B \cdot \varphi'}{2,3\ell ga/v}. \quad (3.113)$$

На рисунку 3.55 наведено механізм з кільцевими мембранами 2 і 4 (тарічастими пружинами). При осьовому стисканні мембран діаметр їх зовнішніх поверхонь збільшується, а внутрішній – зменшується. Тому механізми з такими мембранами можуть застосовуватись для центрування заготовок як по зовнішній, так і по внутрішній поверхням.

Механізм, що показаний на рисунку 3.55, *a* призначений для центрування заготовки 3 безпосередньо по внутрішній поверхні отвору діаметром  $D$ . При русі стержня 1 за напрямком стрілки  $K$  відбувається одночасне стискання обох мембран за допомогою розпорної втулки 5. Переміщення стержня 1 здійснюється тягою ручного чи механізованого привода, який закріплено на нарізному кінці стержня.

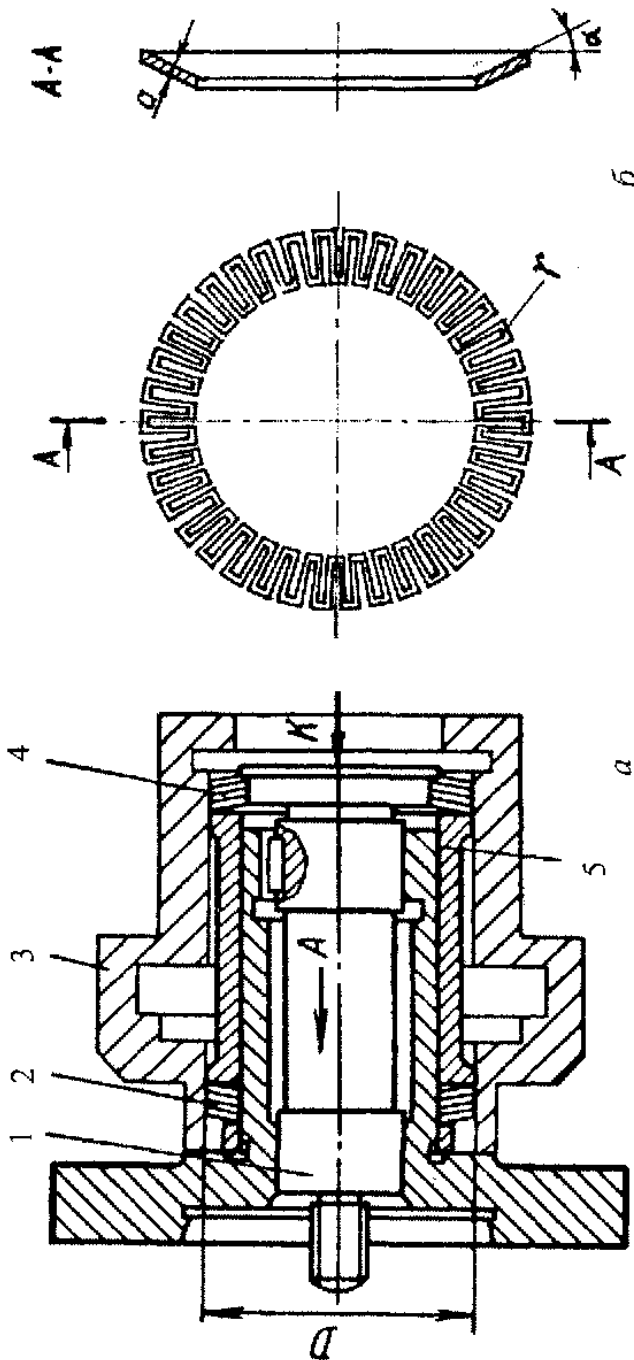


Рисунок 3.55. Типовий механізм з кільцевими мембранами (а); гарілчаста пружина (б)

Для забезпечення більш точного центрування і для охорони установчої поверхні заготовки від пошкоджень в багатьох випадках доцільно силу, що створюється мембраною, передавати на оброблювану заготовку за допомогою тонкостінної оболонки.

При проектуванні таких механізмів слід пам'ятати, що зі зменшенням кута  $\alpha$  (рисунк 3.56) в стиснутому стані мембран сила затиску оброблюваної заготовки зростає, але діапазон діаметрів поверхонь центрування заготовок зменшується. Крім того, при малих значеннях  $\alpha$  мембрани можуть залишитись у стиснутому стані після зняття сили приводу внаслідок самогальмування і заклинити оброблювану заготовку. Тому в стиснутому стані мембран кут  $\alpha$  має бути не менше  $10^\circ$ , величина цього кута у вільному стані мембран залежить від потрібного збільшення  $(H-h)$  проекції  $h$  ширини  $l$  мембрани на вертикальну площину. Це збільшення можна приймати рівним  $1,5S$ , де  $S$  – величина посадочного зазору. При цьому необхідна величина кута  $\alpha'$  може бути знайдена з наступної залежності [4]:

$$H - h = l \cos \alpha - l \cos \alpha' = 1,5S,$$

звідки

$$\cos \alpha' = \cos \alpha - 1,5S / l.$$

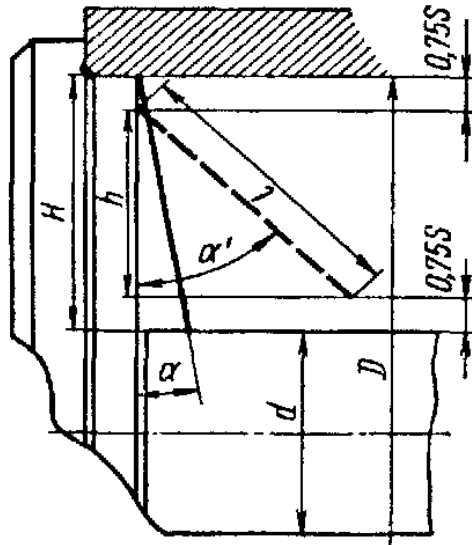


Рисунок 3.56. Схема для розрахунку кута нахилу мембрани

При  $\alpha = 10^\circ$ ,  $S = 0,05$  мм,  $l = 20$  мм одержимо:

$$\cos \alpha' = 0,98491 - 1,5 \frac{0,05}{20} = 0,98116 \text{ і } \alpha' = 11^\circ 10'.$$

Високі якості мають кільцеві мембрани  $X$ -подібного (рисунок 3.57) чи  $V$ -подібного профілю без радіальних прорізів. При стисканні осьовою силою  $Q$  зовнішній діаметр  $D$   $X$ -подібної мембрани 3 збільшується і оброблювана заготовка 4 розтискується, а внутрішній діаметр  $d$  зменшується, в результаті чого вибирається зазор посадки мембрани на оправці 1, і тим самим підвищується точність центрування і обробки заготовки. Для фіксації кутового положення мембрани при її шліфуванні і для запобігання пробуксовування в процесі обробки заготовки, вона стопориться пальцем 2. Конструкція пристрою з таким центруючим пристосуванням дозволяє зменшити радіальне биття оброблюваної заготовки до 0,01 мм.

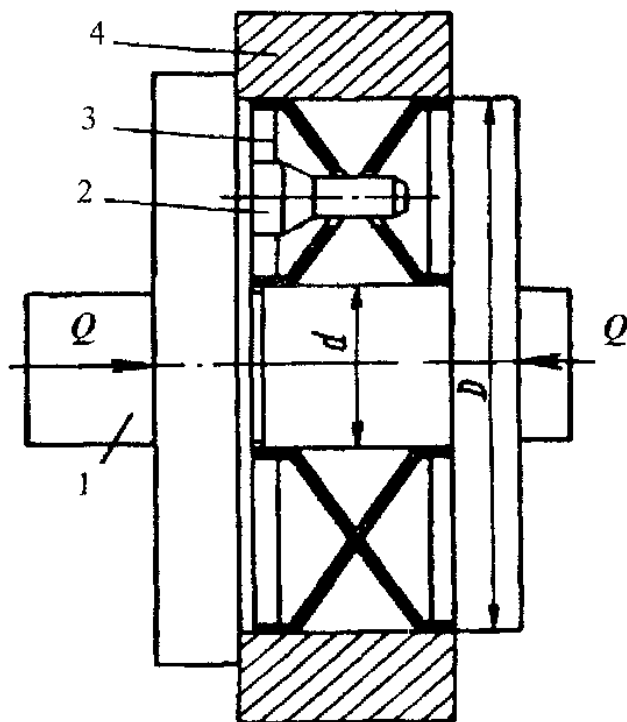


Рисунок 3.57. Схема механізму з  $X$ -подібною мембраною



Для виготовлення мембран застосовуються сталі 45, У7А, 30ХГСА з твердістю після загартування НRC 34–37.

Кільцеву мембрану (тарілчасту пружину з прорізами) рисунок (3.55, б) можна розглядати як сукупність дволанкових важільно-шарнірних механізмів двосторонньої дії, які розтискуються. Визначивши крутний момент  $M_{\text{різ}}$  від сили різання  $P_z$  і вибравши коефіцієнт запасу  $K$ , коефіцієнт тертя  $f$  і радіус  $R$  установчої поверхні тарілчастої поверхні пружини, дістанемо [3].

$$WfR = KM_{\text{різ}} = KP_z R_1.$$

Згідно з останнім рівнянням визначимо сумарну радіальну силу затиску, яка діє на установчій поверхні оброблюваної заготовки:

$$W_{\text{сум}} = \frac{KM_{\text{різ}}}{fR} = \frac{KP_z R_1}{fR}. \quad (3.114)$$

Осьова сила на штоці механізованого привода тарілчастих пружин [3]:

із радіальними прорізами

$$Q = 1,33 \operatorname{tg} \alpha (KM_{\text{різ}} / fR) = 1,33 \operatorname{tg} \alpha (KP_z R_1 / fR); \quad (3.115)$$

без радіальних прорізів

$$Q = \operatorname{tg} \alpha W_{\text{сум}} = \operatorname{tg} \alpha (KM_{\text{різ}} / fR) = \operatorname{tg} \alpha (KP_z R_1 / fR), \quad (3.116)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу тарілчастої пружини при затиску заготовки  $\alpha = 8 \dots 12^\circ$ ;  $K = 1,5 \dots 2,2$  – коефіцієнт запасу;  $M_{\text{різ}}$  – крутний момент від сили різання  $P_z$ , Н·м (кгс·см);  $a = 0,1 \dots 0,12$  – коефіцієнт тертя між установчою поверхнею тарілчастих пружин і базовою поверхнею заготовки;  $R$  – радіус установчої поверхні тарілчастої пружини, мм;  $P_z$  – вертикальна складова сили різання, Н (кгс);  $R_1$  – радіус обробленої поверхні заготовки, мм.

**Самоцентруючі механізми з гідропластом.** Патрон, що зображено на рисунку 3.58, складається з корпусу 1, який закріплюється на планшайбі, натискного гвинта 2 з шестигранним отвором під ключ, плунжера 3, centruючої і затискної тонкостінної втулки 6. Між корпусом і втулкою розміщено гідро-

пласт 7; гвинт 4 і конусна заглушка 5 прикривають отвір, через який при заливанні гідропласта з порожнини пристрою виходить повітря.

При обертанні гвинта 2 гідропласт деформує тонкостінну частину втулки 6. Остання центрує і затискує оброблювану заготовку, що розміщується в патроні.

В оправці, що зображена на рисунку 3.59, гідропласт 3 стискається штоком – плунжером 1 пневмопривода токарного чи шліфувального верстата. Тонкостінна втулка 2 насаджується на корпус 5 у підігрітому стані з натягом і додатково закріплюється гайкою 6. Гвинт 4 обмежує хід плунжера вправо і охороняє втулку від виникнення в ній залишкових деформацій. В подібних конструкціях необхідно також обмежувати і хід плунжера вліво. Гвинти 7 закривають отвори для виходу повітря при заливанні.

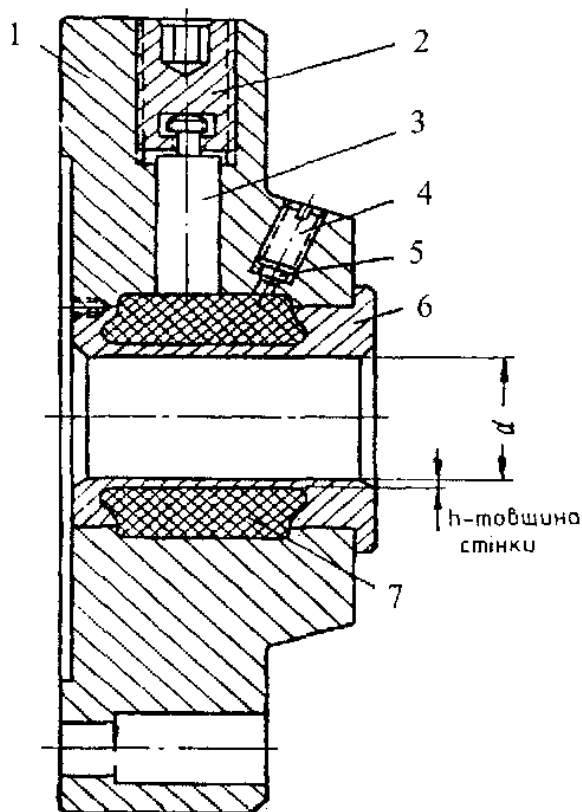


Рисунок 3.58. Патрон з гідропластом

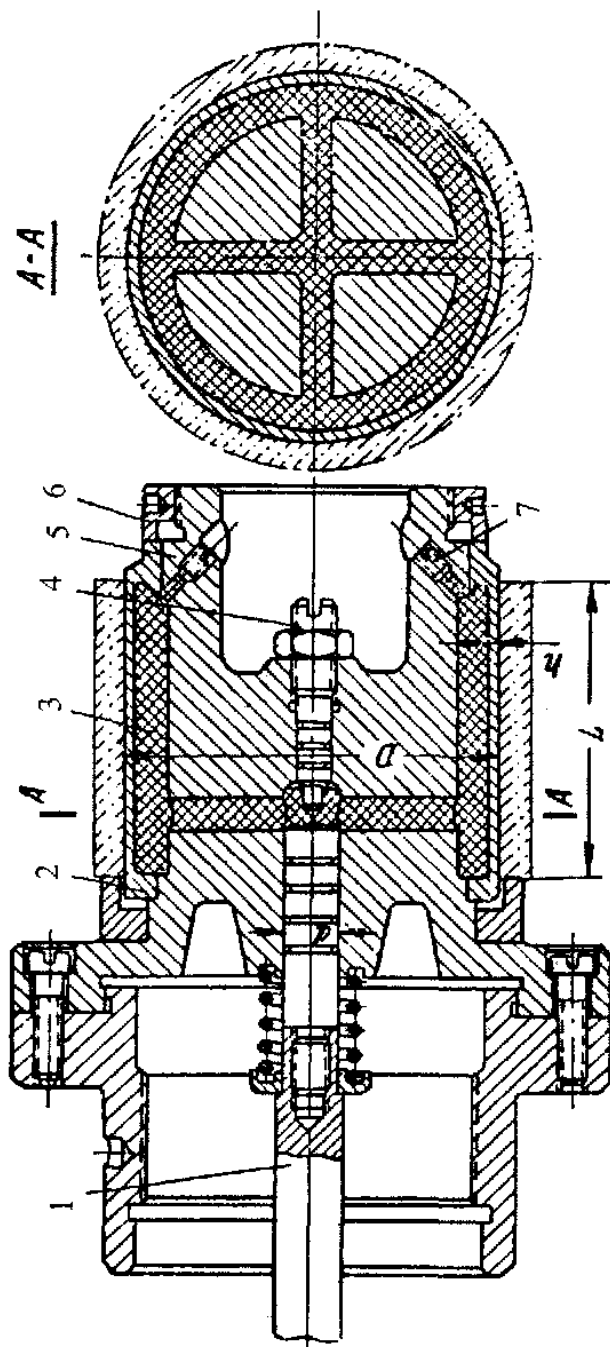


Рисунок 3.59. Пневматична оправка з гідропластом

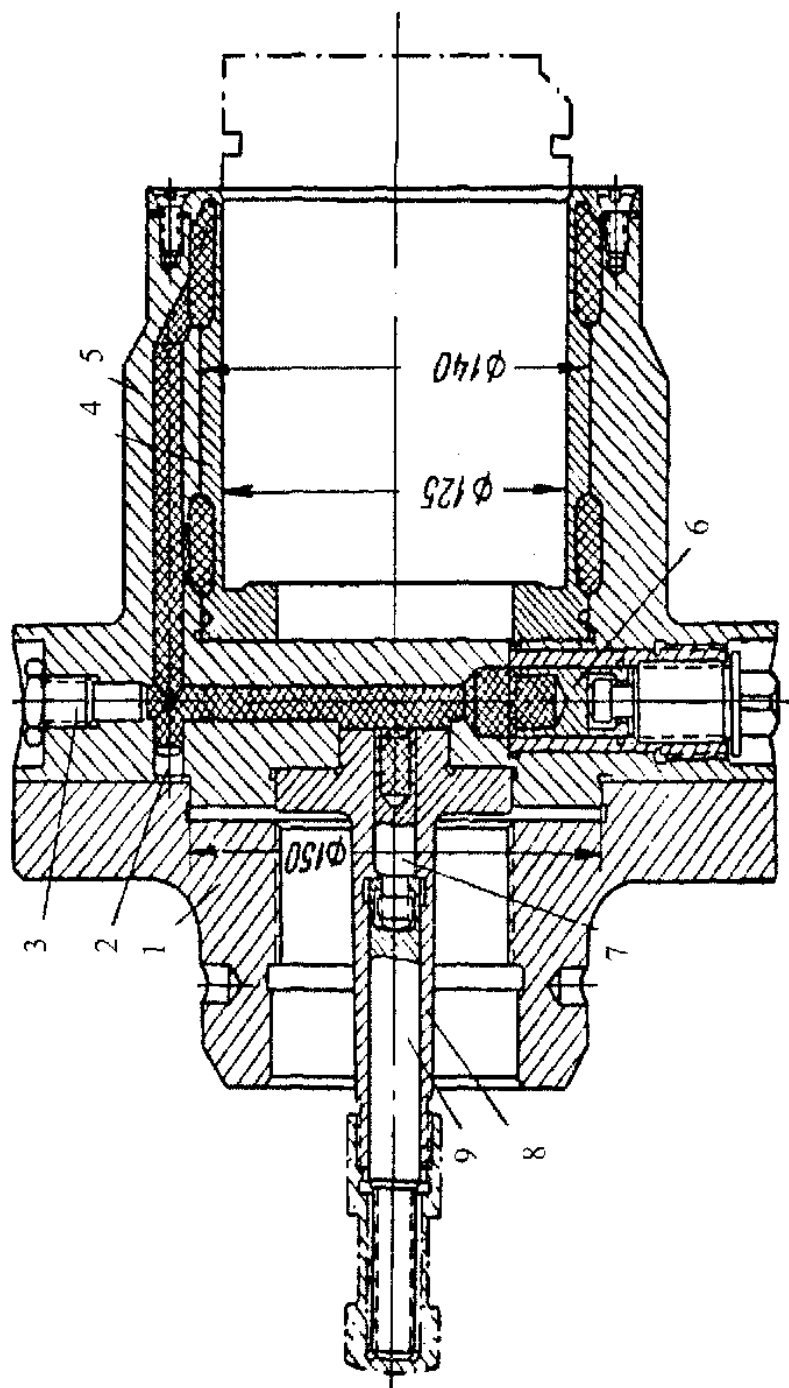


Рисунок 3.60. Пневматичний патрон з гідропластом

На рисунку 3.60 корпус патрона 5 з каналами для маси закріплений до перехідної планшайби 1. В корпусі розміщена тонкостінна втулка 4 для центрування і затиску поршня при прорізанні в ньому канавок під поршневі кільця. Тиск в порожнині створюється плунжером 7, який через тягу 9 зв'язаний зі штоком пневматичного циліндра. Допоміжний плунжер 6 служить для регулювання об'єму порожнини і, отже, тиску і сили затиску. В корпусі патрона закріплена напрямна втулка 8. Нарізна пробка 3 і заглушка 2 закривають отвори для виходу повітря.

При конструюванні патронів і оправок із тонкостінними втулками з гідропластмасою розраховують:

- основні розміри тонкостінних втулок;
- розміри натискних гвинтів і плунжерів у пристроях із ручним затиском;
- розміри плунжерів, діаметр циліндра і хід поршня для пристроїв із механізованим приводом.

Введемо позначення для розрахунку самоцентруючої втулки (рисунок 3.61):

$D_q, D$  – діаметр деталі та установчої поверхні центруючої втулки відповідно, мм;

$l$  – довжина тонкостінної частини втулки, мм;

$h$  – товщина тонкостінної частини втулки, мм;

$T, t$  – ширина та товщина опорних поясків втулки, мм;

$\Delta D_{\text{доп}}$  – допустима пружна деформація втулки (збільшення або зменшення діаметра) в її середній частині, мм;

$S_{\text{max}}$  – максимальний зазор між установчою поверхнею втулки і базовою поверхнею оброблюваної заготовки 1 у вільному стані, мм;

$l_k$  – довжина контактної ділянки пружної втулки з установчою поверхнею оброблюваної заготовки після розтиску втулки, мм;

$a$  – коефіцієнт, що характеризує довжину контактної зони,

$$a = \frac{l_k}{l};$$

$l_q$  – довжина оброблюваної заготовки, мм;

$d$  – діаметр отвору опорних поясків втулки, мм;

$p$  – тиск гідропластмаси, потрібний для деформації тонкостінної втулки, МПа (кгс/см<sup>2</sup>);

$M_{\text{різ}} = P_z r$  – допустимий крутний момент, що спричинюється силою різання, Н·м (кгс·см);

$P_z$  – сила різання, Н (кгс);

$r$  – плече моменту сили різання, см.

### Послідовність розрахунку тонкостінної втулки (див. рисунок 3.61) [3]

1. Діаметр  $D$  приймають за робочим кресленням оброблюваної деталі. Базову поверхню заготовки оброблюють за 6–9-м квалітетом точності, установчу поверхню тонкостінної втулки – за 6–7-м квалітетами точності та посадкою із зазором.

2. Довжину середньої частини тонкостінної втулки (без стовщених буртів) беруть  $\ell = (1,0 \dots 1,2) \ell_q$ .

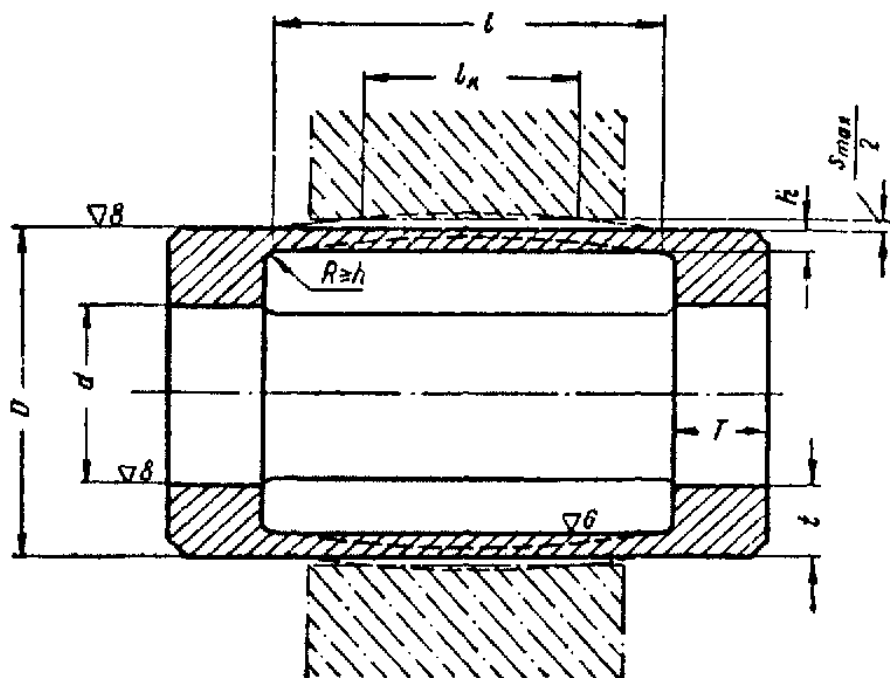


Рисунок 3.61. Схема для розрахунку тонкостінних втулок

3. Допустима деформація тонкостінної частини тонкої втулки (збільшення її діаметра) в її середній частині

$$\Delta D_{\text{доп}} = (\sigma_T / EK) D,$$

де  $\sigma_T$  – межа текучості матеріалу центруючої втулки, МПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ );  
 $E = 2,06 \cdot 10^{11}$  Па – модуль пружності ( $E = 2,1 \cdot 10^6$   $\text{кгс}/\text{см}^2$ );  $K = 1,2 \dots 1,5$  – коефіцієнт запасу міцності втулки (беруть  $K = 1,4$ ).

При  $\ell > 0,3D$  для втулок:

із хромистих сталей:

$$\Delta D_{\text{доп}} \approx 0,003D;$$

із конструкційних сталей:

$$\Delta D_{\text{доп}} = 0,002D.$$

4. Максимальний радіальний зазор між установчою поверхнею тонкостінної втулки і базовою поверхнею оброблюваної заготовки, коли заготовка не затиснута:

при затиску по внутрішній поверхні оброблюваної заготовки:

$$S_{\text{max}} = D_{q\text{max}} - D_{\text{min}};$$

при затиску по зовнішній поверхні оброблюваної заготовки:

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - D_{q\text{min}}.$$

Практично беруть  $S_{\text{max}} = 0,01 \dots 0,3$  мм.

5. Товщину  $h$  тонкостінної частини ( $\ell$ ) втулки визначають так:

при  $D > 150$  мм і  $\ell > 0,3D$

$$h = pD^2 / 2E\Delta D; \quad (3.117)$$

при  $D > 150$  мм і  $\ell < 0,3D$

$$h = 0,8(pD^2 / E\Delta D)1/R, \quad (3.118)$$

де  $p$  – питомий тиск гідропластмаси в порожнині втулки, МПа ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ );  $R$  – радіус установчої поверхні втулки, см.

Для визначення  $h$  можна також користуватися даними, наведеними в таблиці 3.4.

6. Натяг при затиску деталі:

$$\delta = \Delta D_{\text{доп}} - S_{\text{max}};$$

при  $\Delta D_{\text{доп}} > S_{\text{max}}$  втулка центрує і затискує заготовку;

при  $\Delta D_{\text{доп}} = S_{\text{max}}$  втулка тільки центрує, але не затискує заготовку;

при  $\Delta D_{\text{доп}} < S_{\text{max}}$  втулка не центрує і не затискує заготовку, її не можна застосувати.

Таблиця 3.4 – вибір товщини тонкостінної втулки

Співвідношення	Товщина $h$ втулки діаметром $D$ , мм	
	10...50	50...150
$l > D/2$	0,015 + 0,5	0,025
$D/2 > l > D/4$	0,011 + 0,5	0,02
$D/4 > l > D/8$	0,01 + 0,25	0,015

7. Гідростатичний тиск у порожнині тонкостінної втулки, потрібний для затиску оброблюваної заготовки, МПа (кгс/см<sup>2</sup>):

при  $l > 0,3D$

$$p = \frac{2\Delta DEh}{D^2};$$

при  $l < 0,3D$

$$p = \frac{1,25\Delta DEh}{D^2 n},$$

де  $n = l/D$ .

8. Визначають допустимий крутний момент при різанні  $M_{\text{різ}}$  [Н·м/к/к·см], який намагається повернути оброблену заготовку на втулці.

Щоб заготовка під час обробки не повернулася на втулці, максимальний крутний момент  $M_{\text{max}}$  від сили тертя на поверхні втулки і заготовки має перевищувати  $M_{\text{різ}}$ , тобто:

$$M_{\text{max}} > M_{\text{різ}} = P_2 r,$$

звідки:

$$M_{\text{max}} = 5 \cdot 10^2 \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D\delta D^2}}, \quad (3.119)$$

де  $h$ ,  $D$ ,  $\delta$  визначені в міліметрах.

9. Потрібна поздовжня сила затиску оброблюваної заготовки на тонкостінній втулці, [Н/кгс]:



$$Q = 10^4 \frac{2h}{D} \sqrt{\frac{2h}{D\delta D}}, \quad (3.120)$$

де  $h$ ,  $D$ ,  $\delta$  визначені в міліметрах.

$\delta$  – запас деформації, який створює натяг при затиску заготовки втулкою.

10. Коефіцієнт довжини контакту  $a = \ell_k / \ell = 0,5 \dots 0,8$ .

11. Довжина посадочного пояса втулки:

$$T = 2,5\sqrt[3]{D}.$$

12. Діаметр  $d$  отвору для втулки із зовнішньою установчою поверхнею для заготовки із базовою поверхнею, виготовленою за 6-м квалітетом точності:

$$d = D - 2h - 2H - 2; \quad (3.121)$$

а виготовленою за 7–8-м квалітетами точності:

$$d = D - 2h - 2H + 2. \quad (3.122)$$

де  $H$  – висота порожнини під гідропласт,  $H = 2\sqrt[3]{D}$ .

Матеріал для виготовлення тонкостінних втулок:

при  $D < 40$  мм – сталь 40X із термообробкою до *HRC40*;

при  $D > 40$  мм – сталь У7А із термообробкою до *HRC36*.

### Технічні умови на виготовлення втулок:

допустима різностінність тонкостінної частини втулки  $\pm 0,03$  мм при  $D < 40$ ;  $\pm 0,05$  мм – при  $D > 40$  мм;

допустиме биття установчої поверхні втулки відносно поверхні посадочних поясів і базової поверхні пристрою щонайбільше 0,01 мм.

З'єднання втулки з корпусом виконують за перехідною або пресовою посадкою 6-го квалітету точності.

Діаметр плунжера для передачі зовнішньої сили тиску на гідро-пластмасу, яка розміщується в порожнині тонкостінних втулок:

$$d_0 = 1,2\sqrt{D} \quad \text{при } 0,125 D < \ell < 0,25D;$$

$$d_0 = 1,5\sqrt{D} \quad \text{при } 0,25 D < \ell < 0,5D;$$

$$d_0 = 1,8\sqrt{D} \quad \text{при } 0,5 D < \ell < D.$$

Беруть  $d_0 = 10 \dots 20$  мм.

Матеріал плунжерів – сталь 45 із термообробкою до *HRC40 \dots 45*. Плунжер з отворами в корпусі з'єднуються за посадкою *H6/h6*.

Для забезпечення герметичності плунжери притирають по отвору для одержання зазору щонайбільше 0,01 мм.

### Послідовність розрахунку пристроїв із тонкостінною втулкою [3]

1. Визначають осьову силу  $Q$  на штоці циліндра. При цьому обчислюють діаметр  $d_0$  плунжера, гідростатичний тиск  $p$  [Па/кгс/см<sup>2</sup>] у порожнині пристрою і значення підставляють у формулу для визначення сили  $Q$  [Н/кгс/]:

$$Q = (\pi d_0^2 / 4) p. \quad (3.123)$$

2. Діаметр поршня циліндра, м (см),

$$D_1 = \sqrt{4Q / \pi p_n \eta}, \quad (3.124)$$

де  $p_n = 0,4 \dots 0,1$  – тиск повітря в мережі, МПа (звичайно  $p_n = 4 \dots 5$  кгс/см<sup>2</sup>);  $\eta = 0,85$  – ККД привода.

3. Хід поршня і плунжера:

$$L = \frac{[4(D - 2h)(\ell_k S_{\text{max}} + \ell_{HK_1} K_2)]}{d_0^2}, \quad (3.125)$$

де  $K_1 = 1,15 \dots 1,2$  – коефіцієнт запасу гідропласта в каналах;

$K_2 = 5 \cdot 10^5 p$  – коефіцієнт пружності гідропласта при даному тиску гідрошмастмаси.

### Центруючі механізми трикулачкових токарних патронів

Самоцентруючі трикулачкові патрони розрізняють за ступенем універсальності, конструкції центруючого механізму і конструкції привода.

З універсальних патронів найбільше поширення отримали спірально-рейкові з плоскою спіраллю і ручним приводом. Клинові та важільно-клинові патрони, як правило, виконують з механізованим приводом.

#### Спірально-рейкові патрони

Принципову схему такого патрона показано на рисунку 3.62. У корпусі 1 патрона встановлено диск 2, який має з одного боку спіральну нарізку, за допомогою якої диск зчеплюється з рейкою

кулачків 3, а з іншого – конічну шестерню, з якою зчеплюються три конічних колеса 4, вмонтованих у радіальні отвори корпусу. Кришка 5 позбавляє диск 2 осьових переміщень і захищає механізм патрона від потрапляння стружки та бруду.

При обертанні одного з коліс 4 кулачки через спіраль диска починають одночасно рухатися до центра або від нього. Конструкції таких патронів стандартизовані.

### Клинові патрони

Широко застосовують трикулачкові клинові та важільно-клинові патрони, які працюють від механізованого привода. Клинові патрони закріплюють на передньому кінці шпинделя за допомогою проміжного фланця або безпосередньо на фланцевому кінці шпинделя. Ці патрони стандартизовані.

Застосовують також патрони трикулачкові швидко-переналагоджувані (ПБК 200 – ПБК 400). У цих патронах кулачки на новий діаметр затиску заготовки переставляють швидко шляхом послідовного обертання трьох валиків-шестерен, встановлених у трьох затискних кулачках-патронах. При обертанні валиків-шестерен три кулачки переміщуються в радіальному напрямі до осі патрона або від неї.

Схему трикулачкового самоцентруючого клинового патрона з механізованим приводом, який застосовують для швидкого затиску та розтиску заготовок показано на рисунку 3.63. Такі заготовки оброблюють на токарних, револьверних, напівавтоматах та інших верстатах, а також на багатошпиндельних напівавтоматах у великосерійному та серійному виробництві. У пазах корпусу 1 патрона встановлено три кулачки 2, до яких гвинтами 4 і сухарями 3 прикріплено змінні кулачки 5. У корпусі 1 патрона встановлено втулку 6, яка гвинтом 8 і тягою з'єднана зі штоком поршня пневмоциліндра. У втулці 6 є три паза  $a$  із кутом нахилу  $15^\circ$ , в які входять похилі виступи  $b$  кулачків 2, що утворюють клинові з'єднані пари. Під час подачі стиснутого повітря в штокову порожнину пневмоциліндра поршень зі штоком переміщується в пневмоциліндрі вліво, шток через тягу, гвинт 8 і втулку 6 пересуває виступи  $b$  кулачків 2 униз по похилих пазах  $a$  втулки 6. При цьому змінні кулачки 5, переміщуючись до осі патрона, затискують оброблювану заготовку.

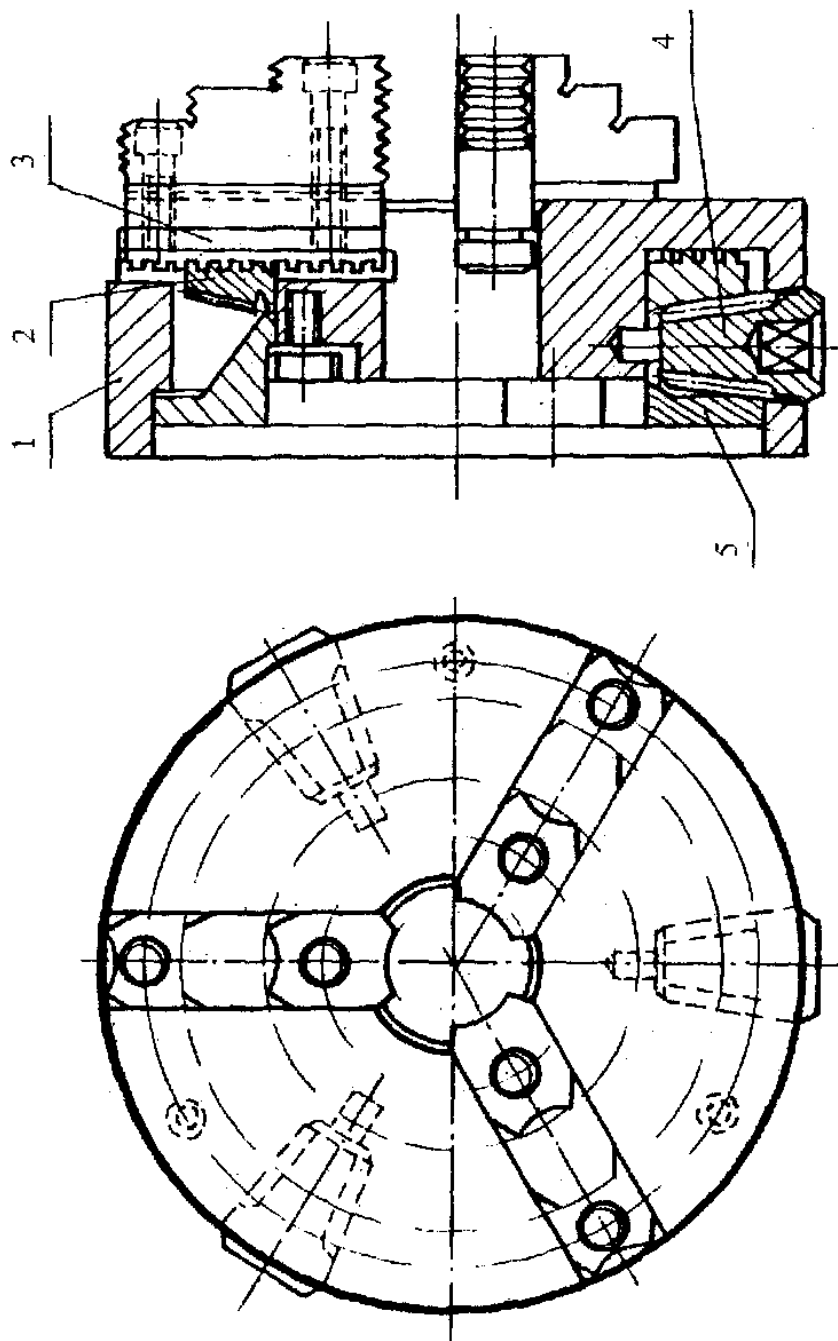


Рисунок 3.62. Схема спірално-рейкового самоцентруючого патрона

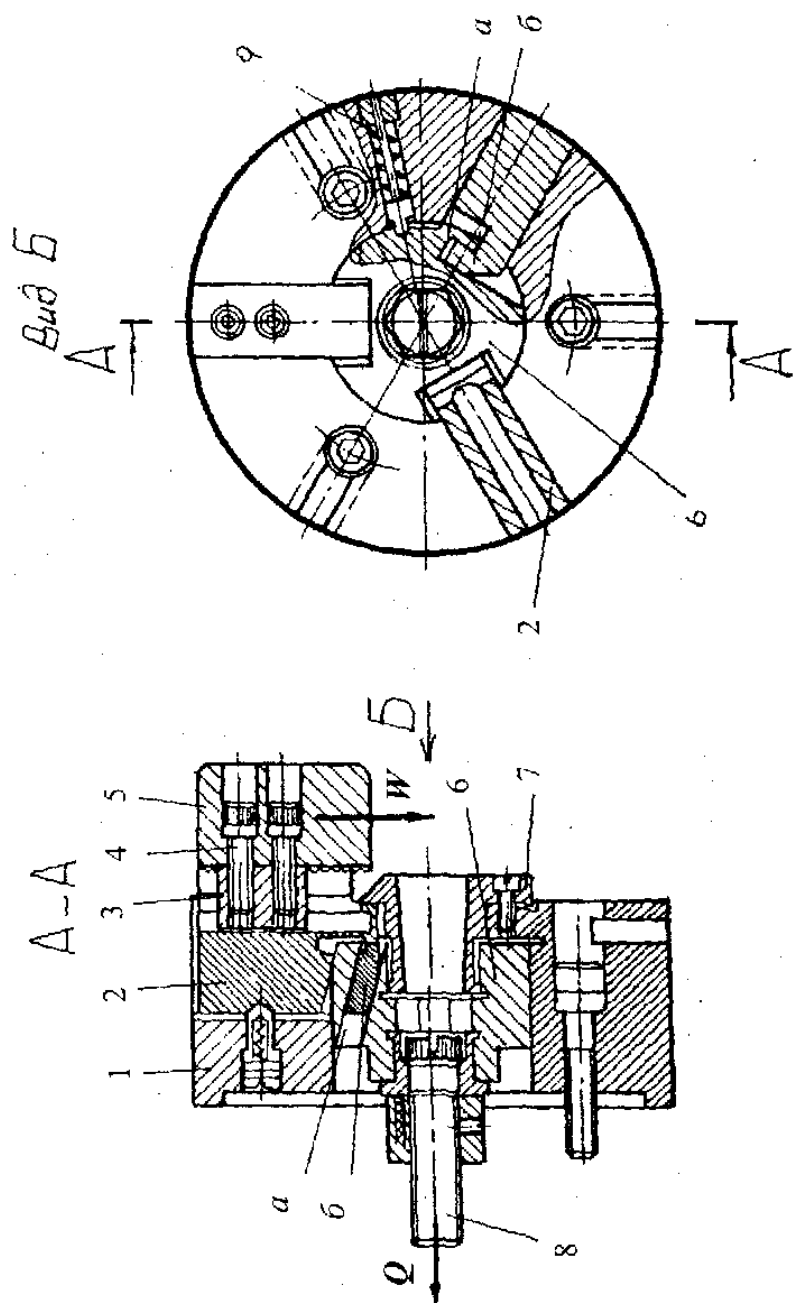


Рисунок 3.63. Схеми універсального трикуткового клинового патрона з механізованим приводом

Після обробки заготовки стиснуте повітря подається в безштокову порожнину пневмоциліндра і поршень зі штоком переміщується в пневмоциліндрі вправо. Шток через проміжні ланки пересуває втулку вправо, виступи 6 кулачків 2 переміщуються по похилих пазах втулки 6 уверх, і змінні кулачки 5 розходяться від осі патрона, заготовка розтискується.

Для заміни кулачків в шестигранний отвір втулки вставляють торцевий ключ, який повертає втулку проти годинникової стрілки на кут  $15^\circ$ , кулачки 2 виводять із пазів корпусу 1 і виймають. У цьому положенні втулка 6 утримується підпружиненим штифтом 9. Втулка 7 запобігає засміченню патрона. Клинові патрони жорсткі та стійкі до спрацювання в роботі.

### Розрахунок сумарної сили затиску у кулачкових патронах та осьової сили $Q$ на штоці механізованого привода

Силу на штоці механізованого привода для важливих кулачкових патронів визначають залежно від потрібної сили затиску оброблюваної заготовки. На заготовку 1 (рисунок 3.64, а) закріплену в трикулачковому патроні 2, діють складові сили різання  $P_z$ ,  $P_x$ ,  $P_y$ .

Сила  $P_z$  створює на оброблюваній заготовці 1 крутний момент  $M_{\text{різ}}$ , сила  $P_x$  – осьове переміщення, а сила  $P_y$  – перекидний момент. Крутний момент  $M_{\text{різ}}$  залежить від сили  $P_z$  радіуса  $R_0$  оброблюваної поверхні заготовки та відношення  $D/D_0$ , де  $D$ ,  $D_0$  – діаметр заготовки відповідно до і після обробки. Чим більшим є це відношення, тим менше крутний момент впливає на заготовку.

Перекидний момент залежить від сили  $P_y$  і відношення  $L/D$ , де  $L$  – довжина вильоту оброблюваної заготовки. Чим більше є це відношення, тим більше перекидний момент впливає на заготовку.

Момент від сил тертя  $M_{\text{тер}}$  і сили затиску  $W_{\text{сум}}$  заготовки всіма кулачками патрона залежить в основному від крутного моменту  $M_{\text{різ}}$  і коефіцієнта тертя (зчеплення) між поверхнями оброблюваної заготовки та кулачками патрона [3]:

$$W_n = W_{\text{сум}}; \quad \frac{KM_{\text{різ}}}{fR} = \frac{KP_z R_0}{fR}. \quad (3.126)$$

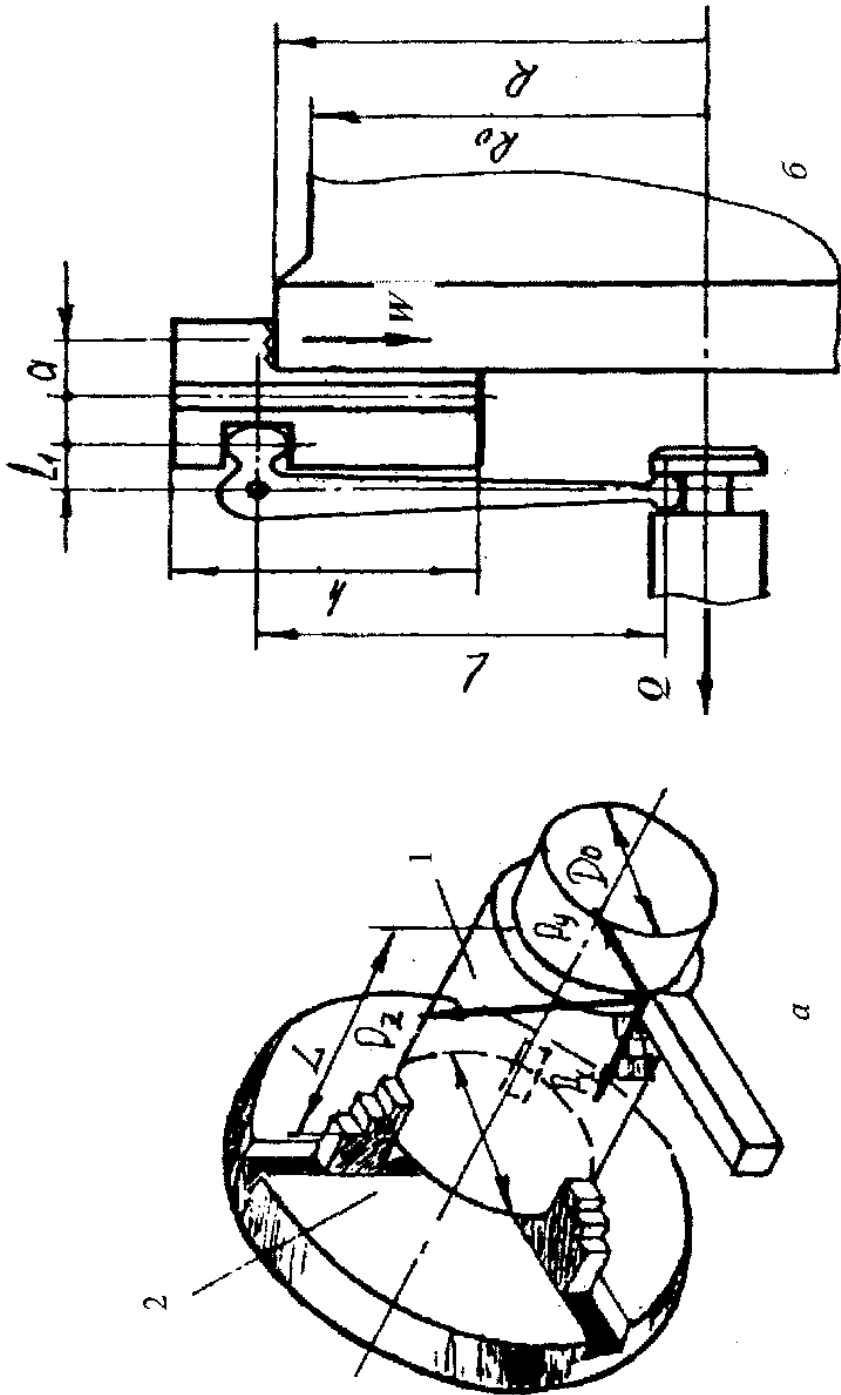


Рисунок 3.64. Схеми для визначення сил різання, що діють на оброблювану заготовку, закріплену в патроні (а), і сили на штоці механізованого приводу з важільним переміщенням кулачків (б)

Сила затиску заготовки одним кулачком патрона:

$$W = \frac{W_{\text{сум}}}{n}. \quad (3.127)$$

У патронах (рисунок 3.64, б) із важільним переміщенням кулачків осьова сила на штоці механізованого привода [3]:

$$Q = K_1 \left( 1 - \frac{3a\mu_1}{h} \right) \left( \frac{l_1}{l} \right) W_{\text{сум}}, \quad (3.128)$$

звідки:

$$W_{\text{сум}} = \frac{Q}{\left[ K_1 (1 + 3a\mu_1/h) (\ell_1/l) \right]}. \quad (3.129)$$

В трикулачкових клинових патронах (дивися рисунок 3.63) сила затиску заготовки всіма кулачками [3]:

$$W_{\text{сум}} = \frac{Q}{\left[ K_1 (1 + 3a\mu_1/h) \operatorname{tg}(\beta + \varphi) \right]}. \quad (3.130)$$

Потрібна сила на штоці механізованого привода патрона [3]:

$$Q = K_1 \left( 1 + \frac{3a\mu_1}{h} \right) \operatorname{tg}(\beta + \varphi) W_{\text{сум}}. \quad (3.131)$$

Сила затиску заготовки одним кулачком патрона:

$$W = \frac{W_{\text{сум}}}{n} = \frac{K P_z R_0}{f R}. \quad (3.132)$$

У формулах (3.128 – 3.132) прийнято:

$\mu_1 = 0,15 \dots 0,2$  – коефіцієнт тертя між напрямною поверхнею кулачка та пазом корпусу патрона;

$f$  – коефіцієнт тертя (зчеплення) між робочою поверхнею кулачків та оброблюваною заготовкою залежить від виду робочої поверхні кулачків: при гладкій поверхні  $f = 0,2$ ; із кільцевими канавками  $f = 0,3 \dots 0,4$ ; із поздовжніми та кільцевими канавками  $f = 0,45 \dots 0,5$ ; при рифленій поверхні  $f = 0,8 \dots 1,0$ ;

$K = 1,3 \dots 1,6$  – коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,05 \dots 1,2$  – коефіцієнт, який ураховує додаткові сили тертя в патроні;

$R_0$  – радіус оброблюваної частини заготовки, см;

$R$  – радіус частини заготовки, затиснутої кулачками, см;

$n$  – кількість кулачків патрона;



$a$  – виліт кулачка від середини його опори в пазу патрона до центра прикладання сили затиску  $W$  на одному кулачку, см;

$\ell_1, \ell$  – довжина плеча двоплечого важеля відповідно короткого та довгого:

$$\frac{\ell_1}{\ell} = \frac{1}{3} \dots \frac{1}{4};$$

$h$  – довжина напрямної частини кулачка, яка дотикається до корпусу патрона, см;

$\beta = 15^\circ$  – кут нахилу пазів ковзання втулки клинної пари патрона;

$\varphi = 5^\circ 43'$  – кут тертя похилої поверхні клинної пари патрона.

При обточуванні довгої, консольно закріпленої в трикулачковому патроні заготовки сила затиску має бути достатньою, щоб заготовка під дією сил різання не могла вивертитися з кулачків патрона.

При затиску заготовки короткими уступами кулачків (рисунок 3.65, а) умова рівноваги для невідомого положення сили різання  $P_z$  (вивертання заготовки з патрона відбувається навколо лінії  $O-O$ ) має вигляд:

$$KP_z L = 1,5Wf r,$$

звідки сила затиску заготовки:

$$W = \frac{KP_z}{1,5f r}, \quad (3.133)$$

де  $K = 1,3 \dots 1,6$  – коефіцієнт запасу;  $P_z$  – тангенціальна сила різання, Н (кгс);  $L$  – довжина заготовки, см;  $Wf$  – сила тертя між робочою поверхнею кулачків та оброблюваною заготовкою, Н (кгс);  $f$  – коефіцієнт тертя (зчеплення) між робочими поверхнями кулачків;  $r, r_1$  – радіус частини заготовки відповідно затиснутої та оброблюваної.

Значення сили  $W$  можна вибрати згідно з графіком, показаним на рисунку 3.65, а [3], при  $K = 1$ ;  $P_z = 98$  Н (10 кгс);  $f = 0,3$ . По осі абсцис відкладено відношення  $L/r$ , а по осі ординат – значення сили  $W$ . Вибране значення  $W$  множать на фактичне значення коефіцієнта запасу  $K$  і на поправку  $P'_z/10$ , де  $P'_z$  – дійсне значення складової сили різання, Н(кгс). Нижня розгалужена частина кривої одержується при закріпленні в патроні короткої заготовки; при цьому вивертальний момент від сили  $P_z$  невеликий.

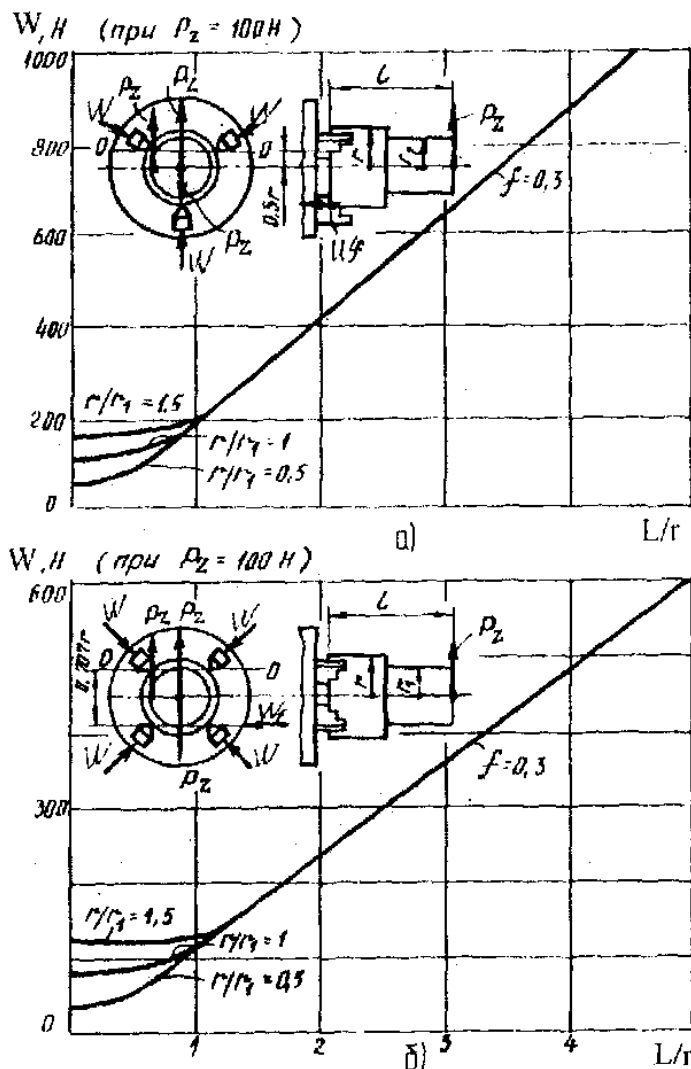


Рисунок 3.65. Графіки для визначення сили затиску заготовки

У разі невеликого вильоту розрахунок виконують з урахуванням моменту тертя заготовки в кулачках патрона:

$$3Wf = KP_z, \text{ або } W = \frac{KP_z}{3f}. \quad (3.134)$$

При  $f = 0,45$  здобує значення  $W$  ділять на 1,5, а при  $f = 0,6$  – на 2.

При обробці довгої, консольно закріпленої заготовки в чотирикулачковому патроні (рисунок 3.65, *б*) сила затиску заготовки одним кулачком патрона визначається з умови рівноваги моментів відносно осі  $O-O$

$$KP_z L = 4 \cdot 0,71W r f ,$$

звідки:

$$W = \frac{KP_z L}{2,84r f} . \quad (3.135)$$

Графік для визначення сили  $W$  показано на рисунок 3.65, *б*. Силу  $W$  для чотирикулачкового патрона визначають за тими самими даними, що й для трикулачкового патрона.

### 3.8 Силві приводи пристроїв

Основне призначення силового привода в пристрої – створити початкову силу тяги  $Q$ , необхідну для затиску заготовки силою  $W$ . Крім цього, силві приводи використовують для механізації та автоматизації засобів навантаження та розвантаження заготовки. Повертання пристрою, вмикання і вимикання верстата для видалення стружки, транспортування заготовки тощо. Силвий агрегат привода є перетворювачем якогось виду енергії на механічну, необхідну для роботи затискних механізмів. У зв'язку із цим приводи звичайно класифікують за видом перетворюваної енергії. У пристроях використовують приводи пневматичні, гідравлічні, електромагнітні, магнітні, вакуумні, відцентрово-інерційні, від сил різання (енергія привода головного руху верстата), від рухомих частин верстата. За ступенем автоматизації розрізняють механізовані та автоматизовані приводи. Відмітною особливістю автоматизованого привода є звільнення робітника від керування ним.

**Пневматичні приводи.** Початковою енергією в пневматичних приводах є енергія стиснутого повітря. Пневмопривод широко використовують у пристроях завдяки його швидкодії (швидкість затиску-розтиску – частки секунди), простоті конструкції, легкості та простоті керування, надійності та стабільності в роботі. Разом з тим, пневмопривод має недоліки – непланвне переміщення штока, великі габаритні розміри силових агрегатів і низький тиск повітря, шум при випусканні відпрацьованого повітря.

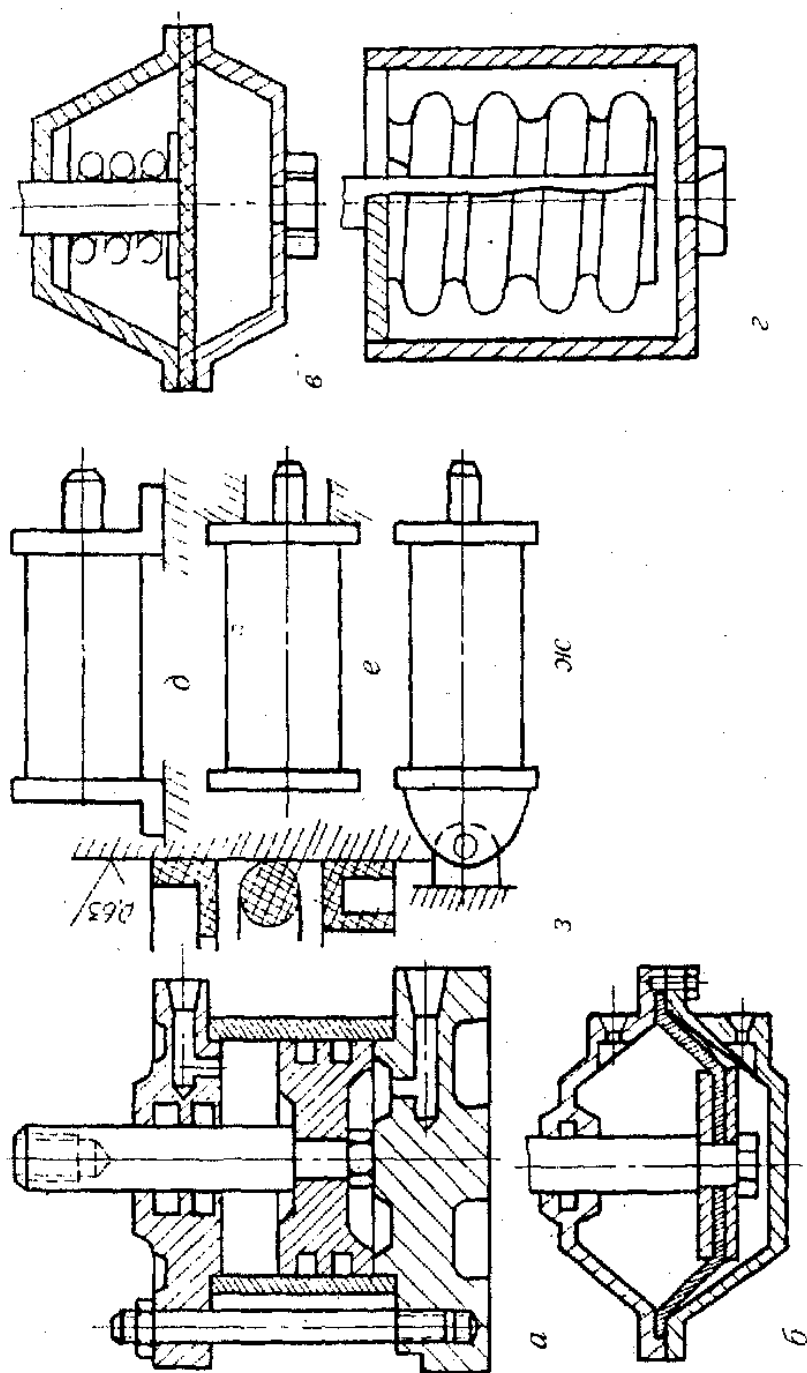


Рисунок 3.66. Типи пневматичних двигунів (а-б), схеми закріплення (d-ж) та типи ущільнень (з)

Складові частини пневмопривода: джерело стиснутого повітря – звичайно цехове або заводське компресорне устаткування; силовий агрегат – пневмодвигун, який перетворює енергію стиснутого повітря на силу  $Q$  на штоці; пневмоапаратура – контрольні прилади, розподільники, запобіжники тощо; повітропроводи.

Пневмодвигун, як правило, компонують в одну конструкцію з пристроєм, інші механізми розміщують поза пристроєм; за допомогою повітропроводів їх з'єднують із пристроєм.

Пневмодвигуни бувають трьох типів – поршневі (пневмоциліндри), діафрагмові (пневокамери), і сильфонні.

**Пневмоциліндри** (рисунок 3.66, *a*). За способом закріплення на корпусі, використовують пневмоциліндри трьох типів: нерухомі, хитні та обертові. Нерухомі пневмоциліндри закріплюють до пристрою за допомогою ніжок або фланців (рисунок 3.66, *d, e*), а хитні – за допомогою спеціально відлитого вушка на кришці циліндра (рисунок 3.66, *ж*). Хитні пневмоциліндри застосовують для запобігання згинанню штока при з'єднанні його з важелем що хитається.

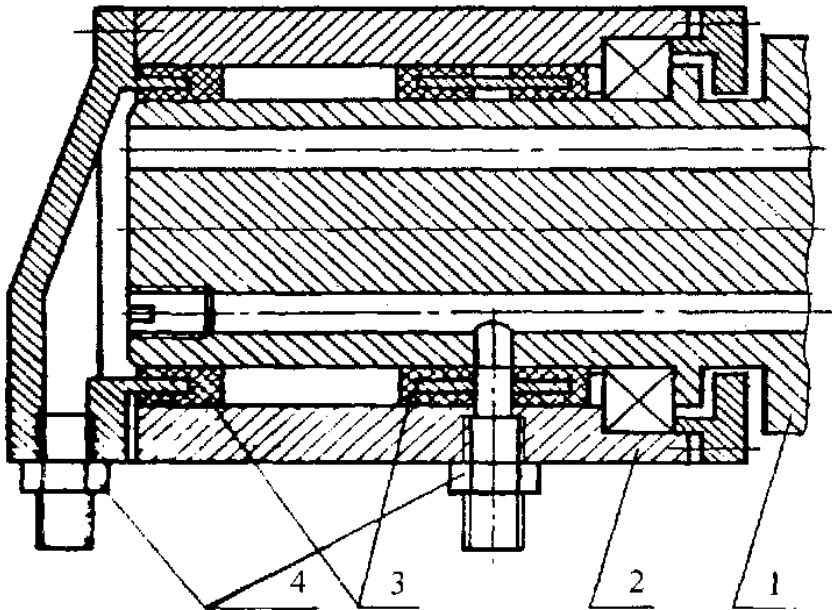


Рисунок 3.67. Конструкція муфти для подачі стиснутого повітря в обертовий циліндр

Оберткові циліндри застосовують для закріплення заготовок на токарних на круглошліфувальних верстатах, а також у поворотних пристроях. Їх закріплюють на шпинделі верстата за допомогою перехідної планшайби. Пневмоциліндр обертається разом зі шпинделем верстата, а муфта, яка забезпечує подачу повітря в обертвову систему, не обертається. Конструкцію такої муфти показано на рисунку 3.67.

Втулку 2 встановлюють на валик 1, закріплений в обертвовому циліндрі. У валику 1 є два канали, які спрямовують стиснуте повітря від штуцерів 4 в ту чи іншу порожнину циліндра. Манжети 3 ізольовують канали один від одного. Конструкції пневмоциліндрів, які закріплюються на корпусі, нормалізовані та стандартизовані в межах робочих діаметрів 25...400 мм. При розробці оригінальних щодо прикріплення до пристроїв пневмоциліндрів рекомендується використовувати стандартні гільзи, поршні, штоки тощо.

Вмонтовані пневмоциліндри вирізняються тим, що порожнину під поршень розточують безпосередньо в корпусі пристрою, використовуючи стандартні поршні, штоки, ущільнення. Вмонтовані циліндри є спеціальними і повторне їх використання неможливе; їх застосовують у великосерійному та масовому виробництві. Перевагою пристроїв із вмонтованими приводами є їх велика компактність.

Агрегатований пневмодвигун є самостійним механізмом, який закріплюють на верстаті окремо від пристрою. Часто в його конструкцію вводять важільний підсилювач. Таким пневмо-двигуном можна приводити в дію кілька послідовно встановлених на верстат пристроїв для закріплення різних заготовок. Конструкцію універсального пневматичного циліндра показано на рисунку 3.68. При опусканні поршня 2 під дією стиснутого повітря, яке впускається через штуцер 1, важелі 3 і 4 повертаються навколо осі, піднімають шток 5 і він затискує заготовку.

Циліндри виготовляють одно- та двосторонньої дії. У циліндрів односторонньої дії зворотний хід здійснюється пружиною, а двосторонньої дії – стиснутим повітрям. Пневмоциліндри односторонньої дії застосовують тоді, коли не потрібний великий хід штока, а також тоді, коли при зворотному ході не потрібно великої сили для відведення затискних елементів у початкове положення.

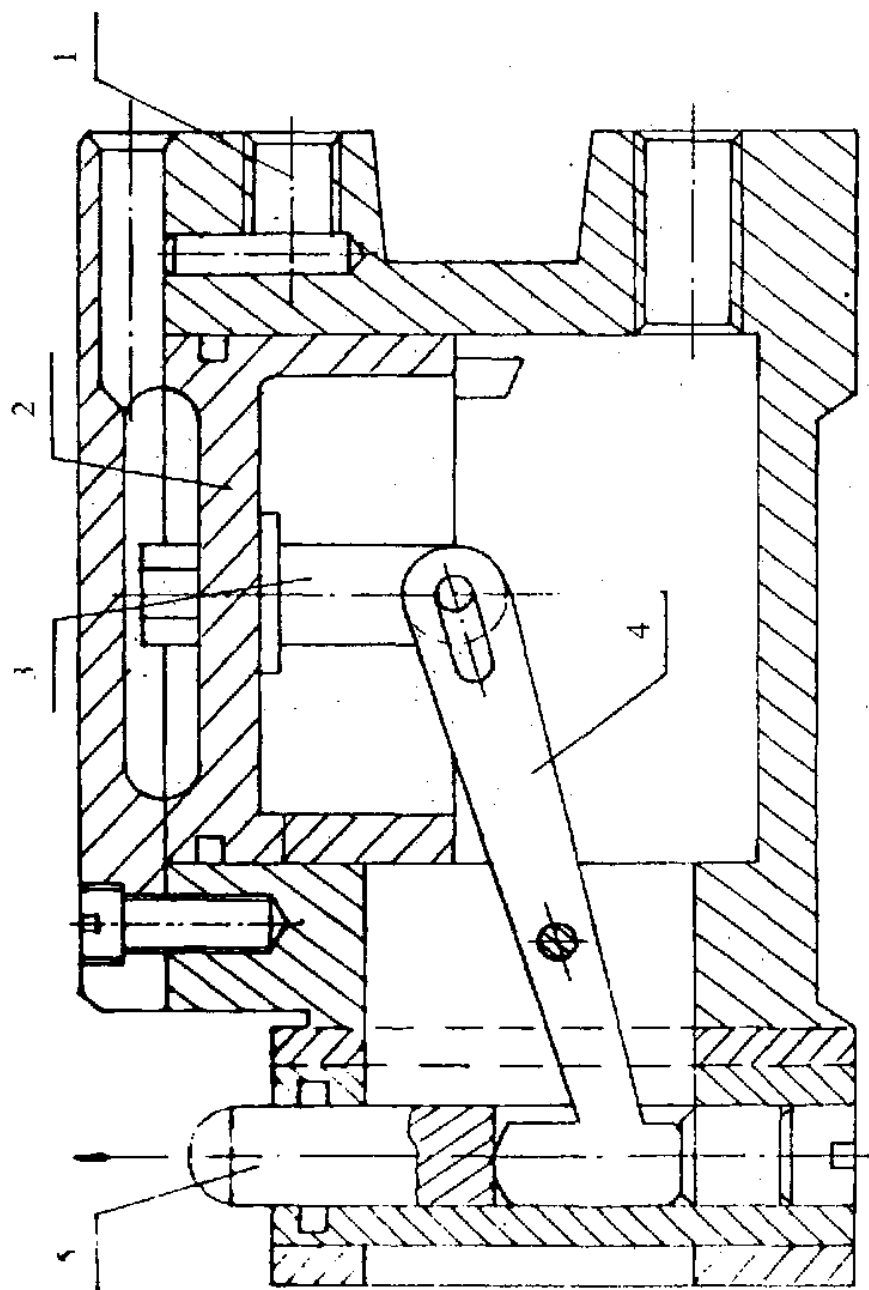


Рисунок 3.68. Конструкція агрегатованого пневмациліндра з важільним підсилювачем

Ущільнення є відповідальним конструктивним елементом пневмодвигунів. Вони необхідні в кільцевих зазорах між поршнем і циліндром, штоком і кришкою, а також у нерухомих з'єднаннях, де можливе витікання повітря. У сучасних пневмодвигунах застосовують кутові комірні манжети зі шкіри, хлорвінілу або мастилостійкої гуми, кільця круглого поперечного перерізу, а також манжети комірні У-подібні з мастилостійкої гуми (рисунок 3.66, з). Манжети і кільця стандартизовані. Кільця круглого перерізу ущільнюють у разі руху поршня або штока в обидва боки, а манжети – в один. Для застосування кілець дзеркало циліндра слід обробляти із шорсткістю  $R_a = 0,32 \dots 0,08$  мкм, а для застосування манжет  $R_a = 1,35 \dots 0,32$  мкм [14].

Посадка поршня в циліндрі за наявності ущільнюючих кілець –  $H7/f7$  або  $H8/f8$ , за наявності манжет –  $H11/d11$  або  $H12/b12$ .

Для роботи кілець їх необхідно ретельно мастити, манжети можуть працювати без мащення. Допустиме відхилення від співвісності циліндра і отвору під шток для кілець становить 0,02 мм. Для манжет – 0,06...0,08 мм [14]. Для зменшення корозії циліндрів їх стінки рекомендується хромувати.

Сила на штоці пневмоциліндра, Н:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} p \eta, \quad (3.136)$$

де  $D$  – діаметр циліндра, мм;  $p$  – тиск стиснутого повітря, 0,3...0,6 МПа;  $\eta$  – ККД.

При впусканні стиснутого повітря з боку штока діаметром  $d$

$$Q = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) p \eta. \quad (3.137)$$

Для циліндра односторонньої дії сила на штоці зменшується в кінці робочого ходу на величину стиску пружини  $q$ . Значення  $\eta$  залежить від  $D$ . Якщо  $D = 150 \dots 200$  мм, то  $\eta = 0,9 \dots 0,95$  [14]. При менших  $D$  відносні втрати на тертя манжет об стінки циліндра збільшуються і  $\eta$  зменшується.

**Пневмокамери** – (рисунок 3.66, б, в) – складаються з двох штампованих чашок, між якими затиснута діафрагма з прогумованої тканини. Виготовляють діафрагми з багатошарової тканини бельтинг,



яку просочують і покривають з обох боків мастилостійкою гумою. Товщина діафрагми – 4...10 мм. При впусканні стиснутого повітря в порожнину діафрагма тисне на шайбу штока і переміщує його вниз. Шток зв'язаний із затискачем пристрою. У разі зворотного руху штока під дією пружини діафрагма стає опуклою. При малому ході штока застосовують плоскі діафрагми зі стрічки прогумованої тканини. Орієнтовний термін служби діафрагми – до 1 млн затисків. Для закріплення пневмокамери на корпусі пристрою передбачають отвори гладкі або з нарізкою.

У розрахунках пневмокамери визначають такі параметри [8]:

1. Хід штока при опуклій діафрагмі (без урахування її витягнення):

$$L = 2h, \quad (3.138)$$

де  $h$  – стріла опуклості.

2. Хід штока при плоскій діафрагмі приблизно визначається її угинанням у центр:

$$L = \frac{3pD^4(1-\mu^2)}{256ES^3}, \quad (3.139)$$

де  $p$  – тиск стиснутого повітря, МПа;  $D$  – діаметр діафрагми по лінії її затиску, мм;  $\mu$  – коефіцієнт Пуассона матеріалу діафрагми;  $E$  – модуль пружності матеріалу діафрагми, МПа;  $S$  – товщина діафрагми, мм.

Вважаючи  $\mu = 0,4$  і  $E = 6 \cdot 10^2$  МПа, дістаємо спрощену формулу:

$$L = 1,7 \cdot 10^5 \frac{pD^2}{S^3}. \quad (3.140)$$

3. Товщина діафрагми визначається з умов її міцності:

$$S = \frac{D}{4} \sqrt{\frac{3p}{\sigma_{\max}}}, \quad (3.141)$$

$\sigma_{\max}$  – максимально допустиме напруження в тканинній основі,  $\sigma_{\max} \leq 40$  МПа.

**Примітка.** За наведеними формулами можна обчислити  $L$  без урахування дії пружини штока, що неістотно зменшує хід штока (практично на 3–5%).

4. Для деякого проміжного положення штока силу можна визначити приблизно за формулою:

$$Q = c\rho D^2. \quad (3.142)$$

5. Для затиснутої діафрагми сила на штоці:

$$Q = c\rho D^2(1 - m), \quad (3.143)$$

де  $m$  – переміщення штока від початкового положення в частках  $L$  (таблиця 3.5).

**Таблиця 3.5 – значення коефіцієнта  $c$**

$\frac{D}{d}$	Переміщення штока в частках довжини його ходу					
	Початкове положення	0,2 $L$	0,4 $L$	0,6 $L$	0,8 $L$	$L$
1,25	0,85	0,70	0,62	0,57	0,50	0
1,50	0,82	0,65	0,55	0,47	0,40	0
1,75	0,78	0,65	0,55	0,40	0,30	0
2,00	0,75	0,58	0,46	0,34	0,20	0

Значення  $c$  залежно від відношення  $D/d$  наведено в таблиці 3.6.

**Таблиця 3.6 – значення коефіцієнта  $c$  залежно від  $D/d$**

$D/d$	1,25	1,5	2,0	3,0
$c$	0,65	0,59	0,55	0,53

Пневматичні силові вузли запускають за допомогою кранів (золотників). Пневнокамери і циліндри односторонньої дії обладнують триходовими кранами, двосторонньої дії – чотириходовими. Золотники поршневого типу врівноважені. Для їх переміщення потрібна невелика сила, тому їх доцільно використовувати для автоматичних систем.

Трубопровід для живлення пневматичних силових пристроїв має бути достатнього діаметра. Допустиме падіння тиску в ньому – щонайбільше 10%. Для видалення конденсату слід прокласти трубопровід із нахилом. На нижніх точках трубопроводу встановлюють крани для періодичного спускання конденсату. Наявність вологи в стиснутому повітрі призводить до корозії пневмоциліндрів і скорочення терміну їх служби. Перед кожним пристроєм, що споживає стиснуте повітря, на трубопроводі доцільно монтувати кран для примусового відімкнення устаткування, фільтр, регулятор тиску (редукційний клапан), манометр, мастильний насос

для подачі мастила до манжет і сальників. Пневматичні пристрої автоматичного устаткування і систем живлять стиснутим повітрям, ретельно очищеним від пилу та вологи, що підвищує їх надійність. При великій кількості пневмопристроїв у цеху для боротьби з шумом відпрацьоване повітря доцільно випускати не в наколишне середовище, а в глушник або в загальну зворотну мережу. Якщо в пристрої є кілька пневмоциліндрів, то вони можуть працювати одночасно або в заданій послідовності. В обох випадках бажано мати один кран (золотник).

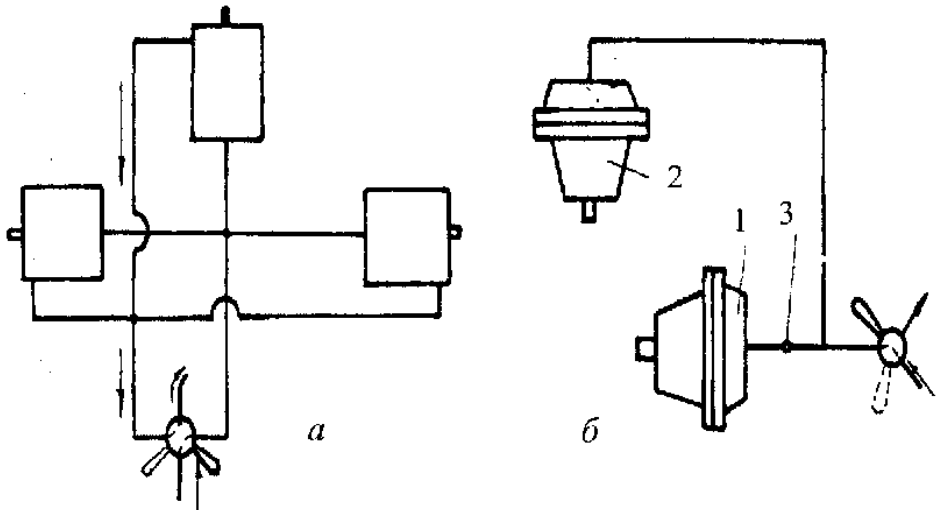


Рисунок 3.69. Схеми керування пневмозатискачами одним краном

Схему керування затискачем із трьома циліндрами одним чотирьохходовим краном показано на рисунку 3.69, а. Робота циліндрів у заданій послідовності забезпечується почерговим впуском у них стиснутого повітря за допомогою багатоголового крана або дроселювання повітря при застосуванні регулятора швидкості.

Схему керування затискним пристроєм із двома пневмокамерами показано на рисунку 3.69, б. Камера 1 повинна починати працювати після камери 2. Перед камерою 1 розміщено регулятор швидкості 3. Він влаштований так, що при проходженні повітря від крана до камери опір значно більший, ніж у разі руху повітря в зворотному напрямі. В автоматичних пристроях використовують

золотники соленоїдного типу. Їх робота в заданій послідовності забезпечується командоапаратом, пляховим перемикачем, на які діють робочі органи даного пристрою, або за допомогою реле часу.

**Гідравлічні приводи** виконують поршневого типу. Вони приводяться в дію від окремого (іноді від групового) насоса. Робоча рідина – мастило веретенне. Порівняно з пневматичними, гідравлічні силові вузли мають менші габаритні розміри внаслідок застосування більшого тиску мастила (6 Мпа і більше). Недоліком гідравлічних приводів є потреба мати трубопровід для зливання мастила, яке випускається з циліндрів, а також насос, електродвигун, який навантажений протягом усього часу роботи затискача. Гідроциліндри виконують одно- та двосторонньої дії. Схему затискного механізму з циліндром 1 двосторонньої дії показано на рисунку 3.70, а. Шестерний насос 2 подає мастило через золотник 3 ручного керування в ліву (робочий хід) або праву (зворотний хід) порожнину циліндрів. Після того як заготовка закріпиться, мастило скидається через запобіжний клапан 4, відрегульований на потрібний тиск. Мастило зливають нижче рівня в резервуарі, щоб уникнути його спінювання.

У затискних механізмах односторонньої дії зворотний хід поршня здійснюється пружиною. Гідророзподільник ручного або педального керування має два положення, які відповідають затиску і відкріпленню заготовки. Ущільнення поршнів і штоків гідроциліндрів звичайно досягається застосуванням одного-двох кілець круглого поперечного перерізу з мастилоустійкої гуми.

У верстатних пристроях широко застосовують нормалізовані вмонтовані циліндри з внутрішнім діаметром 40, 50, 60, 75 і 100 мм. На корпусі пристрою їх закріплюють за допомогою нарізної шийки. Приклади використання цих циліндрів із боковим та верхнім Г-подібним відкидним затискачами показано на рисунку 3.70, б, в.

Початкові дані для розрахунку гідравлічних затискних механізмів: потрібна сила на штоці  $Q$ ; хід поршня  $L$  під час його робочого ходу (час затиску заготовки)  $t$ .

Задаючи тиск мастила  $p$ , можна визначити площину поршня:

$$F = Q / p, \quad (3.144)$$

а звідси – діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{4Q / \pi p}. \quad (3.145)$$

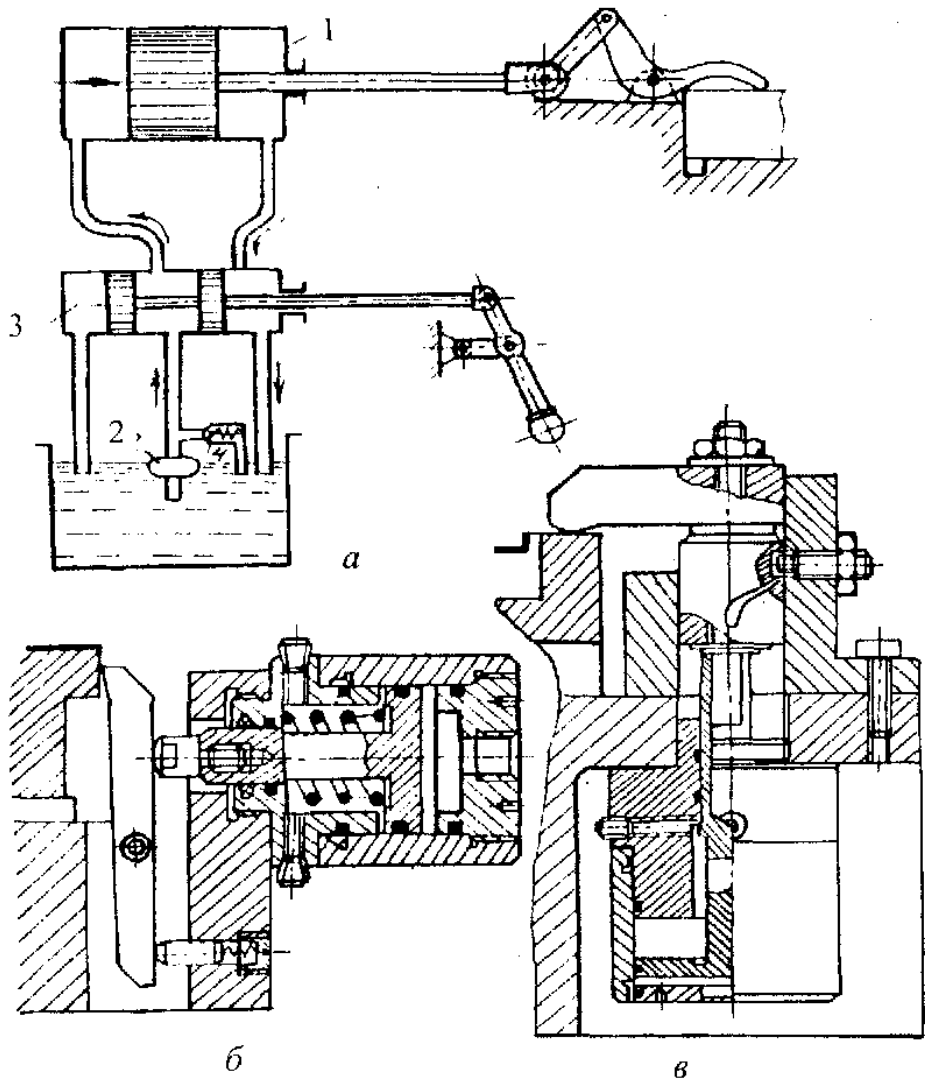


Рисунок 3.70. Схема гідравлічного затискного механізму (а) та приклади вмонтованих гідроциліндрів (б, в)

Секундна подача мастила,  $\text{см}^3/\text{с}$ ,

$$q = \frac{V}{t\eta_1} = \frac{FL}{t\eta_1} = \frac{QL}{pt\eta_1}, \quad (3.146)$$

де  $\eta_1$  – об'ємний ККД системи, що враховує витоки.

Потужність, яка витрачається на привод насоса, Вт,

$$N = \frac{qQ}{\eta_2} = \frac{QL}{\eta_1\eta_2}, \quad (3.147)$$

де  $\eta_2$  – ККД насосу і силового вузла.

Гідросистема живиться шестеренними, лопатевими або плунжерними насосами.

**Пневмогідравлічні затискні пристрої** прості, дешеві і досить універсальні в застосуванні. Порівняно з гідравлічними мають менші втрати енергії і вищу надійність роботи. Керування ними легко автоматизується. Принцип побудови: в одному корпусі об'єднані послідовно пневмоциліндр із поршнем великої площі та штоком і гідроциліндр із поршнем і штоком (рисунки 3.71). Повітря тисне на поршень пневмоциліндра, який, переміщуючись, тисне своїм штоком на мастило в гідроциліндрі. При цьому підсилюється тиск рідини в гідроциліндрі настільки, наскільки площа поршня пневмоциліндра перевищує площу штока (пневмоциліндра), яким передається тиск на мастило:

$$i = \frac{P_m}{P_n} = \frac{D_1^2}{d^2}, \quad (3.148)$$

де  $i$  – коефіцієнт підсилення тиску;  $P_m$ ,  $P_n$  – тиск відповідно мастила та повітря, Па,

$$P_m = P_n \left( \frac{D_1}{d} \right)^2, \quad (3.149)$$

$D_1$ ,  $d$  – діаметр відповідно поршня пневмоциліндра та штока плунжера, см.

Сила на штоці, Н,

$$Q = P_m \frac{\pi D^2}{4} = P_n \left( \frac{D_1}{d} \right)^2 \frac{\pi D^2}{4} \eta, \quad (3.150)$$

де  $D$  – діаметр гідроциліндра, см;  $\eta$  – ККД гідроциліндра.

Позначимо

$$P_n \frac{\pi D_1^2}{4} = Q_1, \quad (3.151)$$

де  $Q_1$  – сила на штоці пневмоциліндра, Н.







Схему підсилувача поліпшеної конструкції з окремо розташованим гідроциліндром показано на рисунку 3.72, б. Повітря через чотириходовий кран 10 подають у пневмоциліндр 14 і пневмокамеру 13 із діафрагмою з мастилостійкої гуми. Переміщенням поршня зі штоком 15 і вигинанням діафрагми 12 вверх мастило з порожнини 16 витискується в циліндр 11, забезпечуючи швидке підведення штока 18 до заготовки. Зменшення швидкості потоку і збільшення сили закріплення здійснюється автоматично в момент, коли шток 15 перекриває порожнину 16. Система повертається в початкове положення після впускання стиснутого повітря в нижні порожнини циліндрів 14 і 11.

Схему пневмоциліндричного підсилувача з окремо розташованим гідроциліндром 17 показано на рисунку 3.72, в. Повітря з магістралі через чотириходовий кран 10 надходить у резервуар 21 і витискує з нього мастило по трубопроводу 20 у циліндр 19, забезпечуючи швидке підведення штока гідроцилінра 17 до закріпленої заготовки. Унаслідок підвищення тиску мастила в циліндрі 17 автоматично вступає в роботу клапан послідовної дії 22. Повітря надходить у циліндр 14, поршень зі штоком 15 починає переміщуватись і в циліндрі 19 утворюється високий тиск, який забезпечує остаточне закріплення заготовки. При перемиканні крана 10 повітря подається по трубопроводу 23 і повертає поршні циліндрів 17 і 14 у початкове положення.

**Вакуумні затискні пристрої** працюють за принципом використання атмосферного тиску для затиску заготовки. Їх схеми показано на рисунку 3.73. Заготовку 1 встановлюють у центральну виточку (рисунок 3.73, а) або на плиту (рисунок 3.73, б) пристрою 2, із порожнини 3 якої видаляють повітря. Заготовка до плити пристрою притискується атмосферним тиском. Герметичність системи забезпечується ущільнювачем із гумового шнура 4. Другий варіант ущільнення у вигляді гумової смуги показано на рисунку 3.73, б. Ущільнюваний шнур виконують із вакуумної гуми марки 1015, 9024 або 7889. Розміри шнура і канавки впливають на робоздатність пристрою. При контакті заготовки з поверхнею плити шнур має заповнювати канавку і деформуватися по висоті на 5–10%.

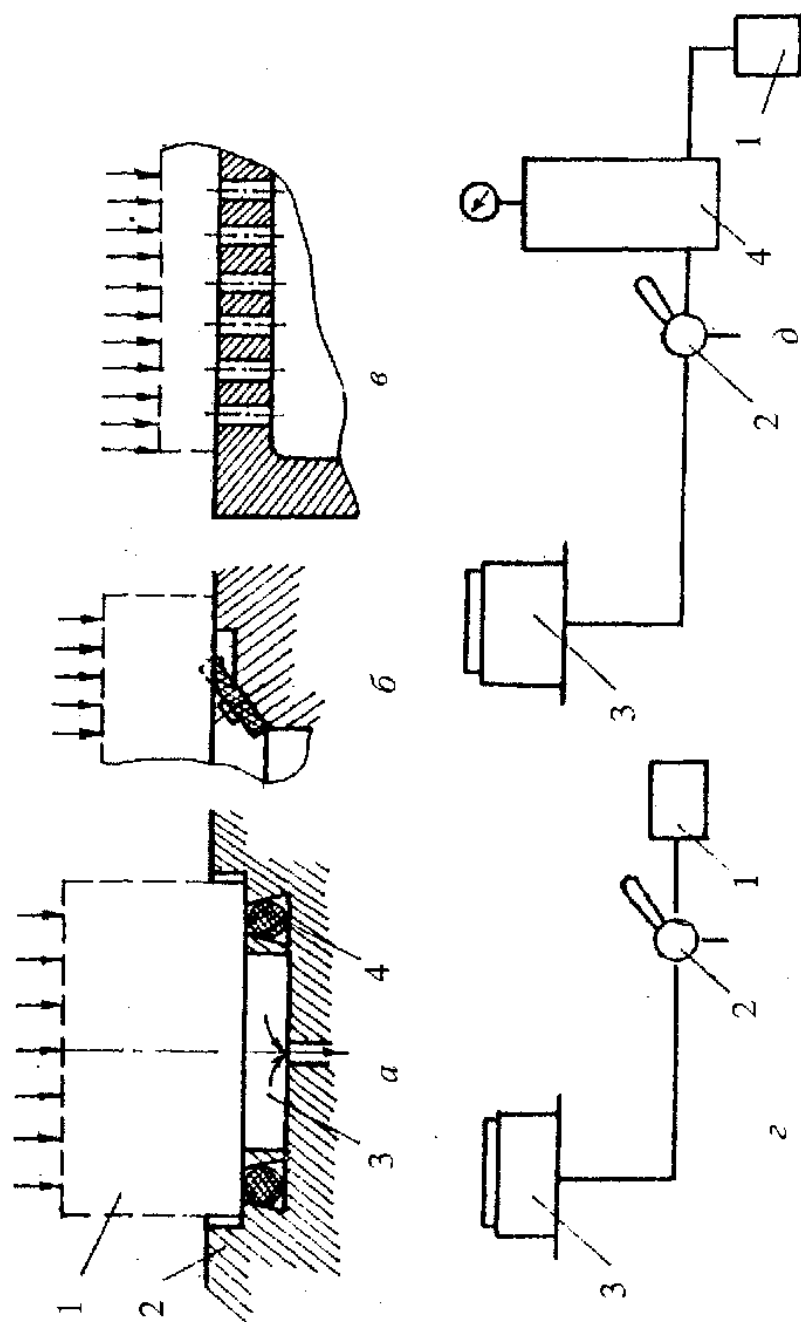


Рисунок 3.73. Схеми: (а–в) – вакуумних затискачів; з, д – вакуумних пристроїв

Сила, яка притискує заготовку до плити, Н [8],

$$Q = F(0,1 - p) \cdot 10^{-4}, \quad (3.153)$$

де  $F$  – активна площа порожнини пристрою, межі якої беруться по лінії ущільнення, см;  $p$  – тиск розрідження в робочій порожнині пристрою,  $p = 0,01 \dots 0,015$  МПа.

Застосовувати глибший вакуум недоцільно, оскільки сила закріплення збільшується при цьому неістотно.

Вакуумні затискні пристрої застосовують для закріплення заготовок із різних матеріалів з плоскою або криволінійною базовою поверхнею. Сила закріплення достатня для операцій викінчування та чистової обробки. Для сприйняття зсувної сили часто використовують упори. Базова поверхня заготовок може бути як чисто обробленою, так і необробленою. В останньому випадку вона має бути досить рівною, без помітних виступів і западин. Робочу поверхню пристрою оброблюють до  $R_a = 0,63 \dots 0,32$  мкм, прямолінійність – до 0,02 мм на довжині 300 мм [8].

Заготовка відкріплюється з'єднанням порожнини з атмосферою. Для зменшення часу затиску та витрат енергії об'єм цієї порожнини має бути мінімальним. Вакуумні пристрої доцільно використовувати для закріплення тонких пластин. Для їх рівномірного багатоточкового притискання до плити на установчій площині останньої виконують багато дрібних щільно розташованих отворів (рисунок 3.73, в). У цьому разі закріплення здійснюється без ущільнення; відсутні випинання і жолоблення пластин. Досвід показує, що активна площа отворів перевищує їх сумарну площу на 0,5...0,8 площі перемичок. Більші значення поправок відповідають більшим значенням площі поверхні плити.

Вакуум для індивідуальних і групових верстатів створюється одно- та двоступінчастими насосами. Рідше застосовують струминні насоси (ежектори), які працюють від стиснутого повітря. Вони конструктивно прості, але мають невеликий ККД. Їх застосовують при неістотному навантаженні верстата за часом роботи та небезпеки потрапляння великої кількості охолоджуючої рідини та пилу у вакуумну систему. Якщо використовують поршневі насоси, то між ними і пристроєм передбачають фільтр (при операції сухого шліфування) або вологовіддільник (при операції мокрогго шліфування). Насос 1 приєднують до пристрою 3 безпосередньо (рисунок 3.73, г) або через проміжний резервуар 4 (рисунок 3.73, д). триходовий кран 2 призначений для закріплення і відкріплення заготовок.

У першому випадку час закріплення, який визначається тривалістю відкачування повітря із системи до заданого вакууму, обчислюють за формулою [8]:

$$t = \frac{V}{\frac{\pi D^2}{4} L n} \ln \frac{0,1 - p_n}{p - p_n}, \quad (3.154)$$

де  $V$  – об'єм системи;  $D$  – діаметр поршня насоса;  $L$  – довжина ходу поршня;  $n$  – частота обертання вала насоса;  $p_n$  – мінімальний тиск, який утворюється вакуум-насосом;  $p$  – потрібний тиск у мережі.

У другому випадку тиск у системі після повороту крана зменшується до заданого практично миттєво. Проте тиск  $p$ , у резервуарі місткістю  $V$ , не повинен перевищувати  $p$  [8]:

$$p_1 = \frac{p(V_1 + V) - 0,1V}{V_1}. \quad (3.155)$$

Вважаючи  $p_1 = p$ , можна розв'язати зворотню задачу:

$$V_1 = \frac{V(0,1 - p)}{p - p_n}. \quad (3.156)$$

Знаючи  $p$ ,  $V$  і  $t$  у першому випадку, можна підібрати за формулою (3.154) основну характеристику ( $D$ ,  $L$ ,  $p_n$ ) і режим роботи насоса.

**Затискні пристрої з приводом від електродвигуна** застосовують у верстатах токарно-револьверної групи, агрегатних верстатах і автоматичних лініях. Вони звичайно мають гвинтові затискачі з приводом від електроключа, який є відвідним (вручну або автоматично) пристроєм із муфтою тарування крутного моменту. Принципову схему типового пристрою показано на рисунку 3.74, а.

Від вала електродвигуна 1 обертання через редуктор 2 і муфту 3 передається на гвинт 4, який переміщує зв'язану зі штоком затискача гайку 5. Після досягнення потрібної сили закріплення муфта спрацьовує. Крутний момент, який передається, регулюють попереднім затягуванням пружини. Відкріплюють заготовку реверсуванням двигуна, струм до якого підводять через контактні кільця. Звичайно кут скосу зубів муфти беруть  $\alpha = 30 \dots 45^\circ$ .

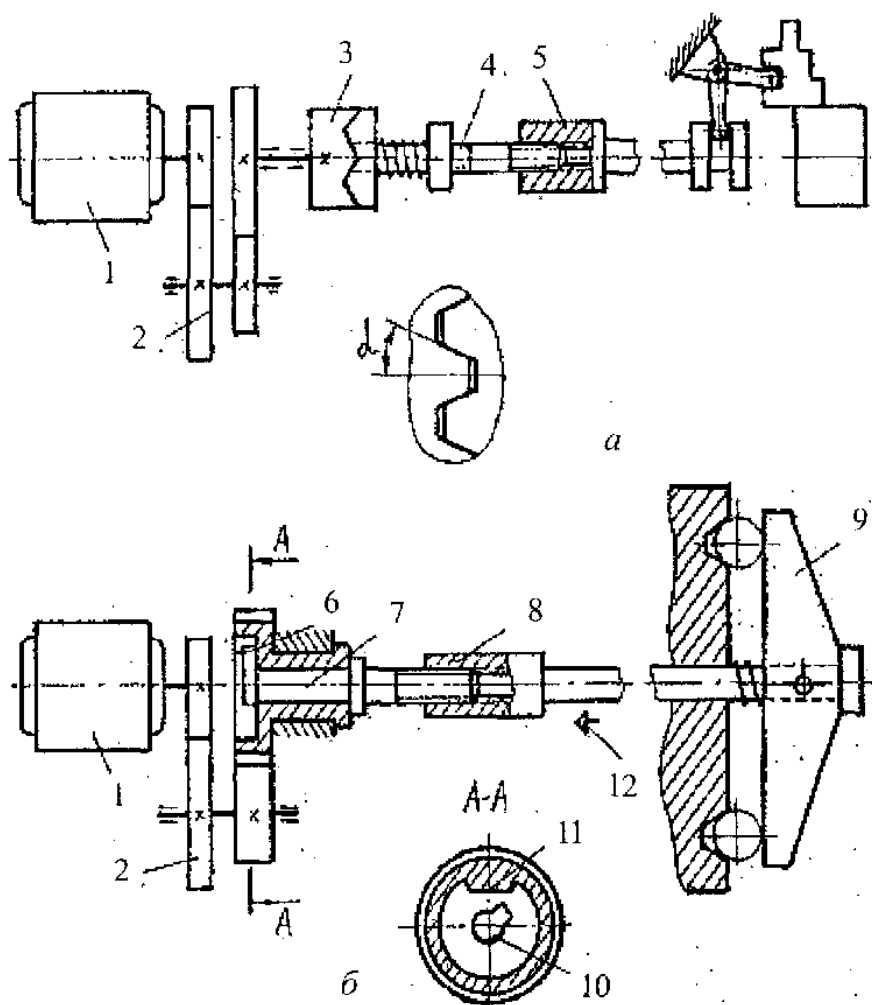


Рисунок 3.74. Схеми затискних механізмів із приводом від електродвигуна

Знаючи момент, який передає муфта, можна визначити силу попереднього затягування пружини [8]:

$$p = \frac{M}{r} \operatorname{tg}(\alpha - \varphi), \quad (3.157)$$

де  $M$  – крутний момент двигуна, Н·м;  $r$  – середній радіус розташування кулачків муфти, м;  $\varphi$  – кут тертя на поверхні контакту зубів,  $\varphi = 5 \dots 8^\circ$ .

Принципову схему затискача без муфти щодо стаціонарних пристроїв показано на рисунку 3.74, б. Обертання від вала електродвигуна 1 через редуктор 2 передається зубчастому колесу 6, вільно посадженому на валу 7. На внутрішній порожнині зубчастого колеса є виступ 11, який зчіплюється із зубом 10 валика 7. Валик укручується нарізною частиною в гайку 8, з'єднану з виконавчим затискачем 9. Коли заготовку закріплено, момент на валу електродвигуна і сила струму різко зростають, і реле струму вимикає електродвигун. При відкріпленні заготовки електродвигун вимикають шляховим вимикачем 12. Пристрій забезпечує розгін електродвигуна за кілька холостих обертів, що особливо важливо при відкріпленні заготовки.

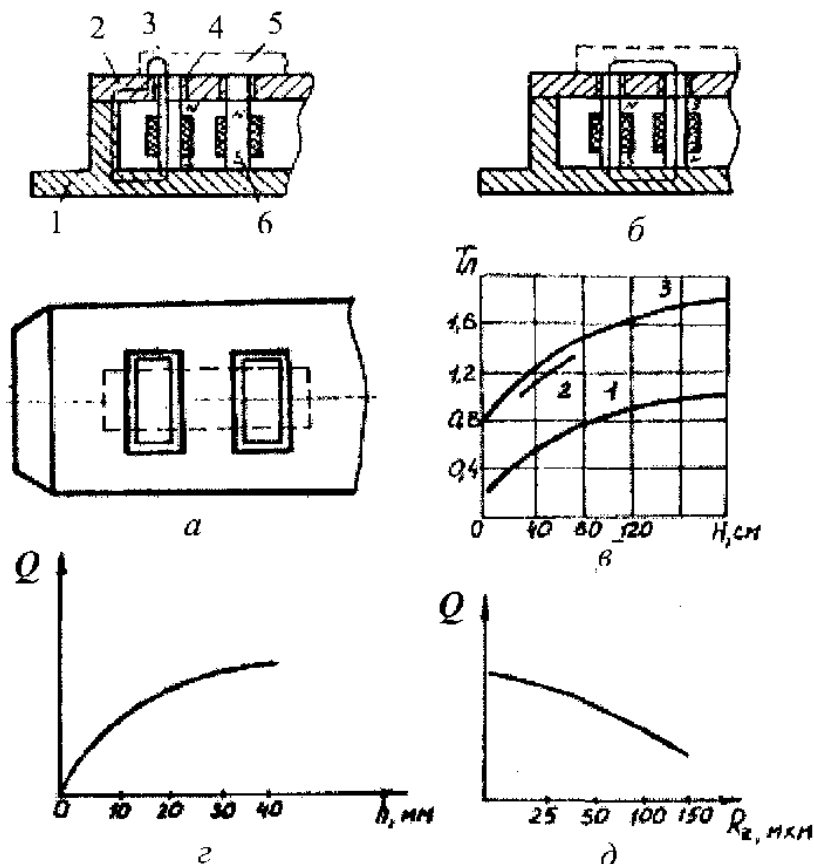


Рисунок 3.75. Схеми електромагнітних плит (а, б) і графіки до їх розрахунків (в – д)

Електромагнітні затискні пристрої виконують переважно у вигляді плит і планшайб для закріплення сталевих та чавунних заготовок із плоскою базою. Схему плити в корпусі 1 якої розташовані електромагніти 6, показано на рисунку 3.75, а. Заготовку 5 встановлюють на кришку 2. У кришці виконано полюси 3, захищені ізоляцією 4 із немагнітного матеріалу (латунь, нержавіюча сталь, епоксипласт). Товщина ізоляції звичайно не перевищує 5мм. Магнітний потік замикається через заготовку, проходячи через корпус і кришку плити. Затримуюча сила виникає в місцях контакту заготовки з полюсами та кришкою плити. На рисунку 3.75, б показано ще одну схему, де затримуюча сила виникає лише в місцях контакту заготовки з полюсами плити. Осердя електромагнітів і полюси кришки виготовляють зі сталі 10, а інші деталі плит – зі сталі марок 10 та 15 або з чавуну СЧ12. Робочу поверхню плити або планшайби шліфують до  $R_a = 0,63 \dots 0,32$  мкм; відхилення поверхні від прямолінійності не повинно перевищувати 0,02 мм на довжині 300 мм [14]. Електромагнітні плити живляться постійним струмом (номінальна напруга – 24, 48, 110 і 220В) від мотор-генераторів, міднозакисних (корпусних) або селенових випрямлячів.

При конструюванні електромагнітних плит (планшайб) спеціального призначення початковими даними є розміри та конфігурація заготовки в плані, її товщина, матеріал заготовки та сила  $Q$ , яка затримує заготовку від зміщення під впливом сил різання. Якщо висоту заготовки можна порівняти з розмірами її опорної поверхні, то в процесі обробки виникає перекидний момент від сил різання, які намагаються відірвати заготовку від полюсів плити. При обробці порівняно тонких заготовок сили різання намагаються повернути заготовку в площині плити відносно деякого полюса, положення якого безперервно змінюється. В окремому випадку заготовка зсувається в напрямі дії тангенціальної складової сили різання. Для визначення потрібної затримуючої сили можна використати викладену в параграфі 3.2 методику розрахунку. Затримуючу силу слід визначити для найневигоднішої фази обробки, коли виникає максимальний момент, з урахуванням конфігурації заготовки в плані та розташування її відносно полюсів плити.

Сила зсуву заготовки, яка сприймається плитою [8],

$$F = Qf + F_1, \quad (3.158)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя між плитою та заготовкою,  $f = 0,16 \dots 0,18$ ;  
 $F_1$  – магнітна сила, яка запобігає зсуву заготовки відносно полюсів плити.

Звичайно  $F_1 = aQ$ , де  $a = 0,05 \dots 0,08$ .

Узявши  $F = KP$ , де  $P$  – зсувна сила;  $K$  – коефіцієнт запасу, дістанемо:

$$Q = \frac{KP}{f + a}. \quad (3.159)$$

Згідно з розмірами та конфігурацією заготовки визначають кількість  $n$  полюсів плити (планшайби). Для кращого розподілу сили закріплення заготовки полюси мають рівномірно розташовуватися під її опорною поверхнею. Полюси плит звичайно розташовують паралельно, а планшайб – паралельно і радіально. Для плит середніх розмірів крок розташування полюсів беруть 35...50 мм. Відношення площі полюсів  $F_{\text{пол}}$  до всієї площі плити беруть  $m = 0,35 \dots 0,45$  [8].

При достатньо великій товщині заготовки та повному перекритті нею всіх полюсів затримуючу силу для плити розраховують за схемою, показаною на рисунку 3.75, а [8], Н:

$$Q_1 = 4 \left[ B_{\text{пол}}^2 F_{\text{пол}} + B_{\text{пл}}^2 (F_{\text{заг}} - F_{\text{пол}} - F_{\text{пр}}) \right], \quad (3.160)$$

де  $B_{\text{пол}}$ ,  $B_{\text{пл}}$  – магнітна індукція відповідно полюса та на поверхні плити, Тл;

$$B_{\text{пл}} = B_{\text{пол}} \frac{F_{\text{пол}}}{F_{\text{заг}} - F_{\text{пол}} - F_{\text{пр}}}; \quad (3.161)$$

де  $F_{\text{заг}}$ ,  $F_{\text{пр}}$  – площа відповідно заготовки та прошарків магнітної ізоляції, см<sup>2</sup>.

Якщо заготовка не перекриває повністю полюси плити, то замість  $F_{\text{пол}}$  та  $F_{\text{пр}}$  слід підставити значення  $F'_{\text{пол}}$  та  $F'_{\text{пр}}$ , які виражають площі полюсів та прошарків, що перекриваються.

Для плити, схему якої показано на рисунок 3.75, б, затримуюча сила виникає тільки на полюсах плити, і формула 3.160 набирас вигляду [8]:

$$Q_1 = 4B_{\text{пол}}^2 F_{\text{пол}}. \quad (3.162)$$



Розрахунок  $Q_1$  є перевіримим: потрібно дотримуватись умови  $Q_1 > Q$ . Силу  $Q$  можна дещо збільшити при  $m \approx 0,5$ .

Щоб визначити необхідну кількість ампер-витків  $I\omega$  (намагнічуючої сили), що забезпечує потрібний магнітний потік  $\Phi$  у кожному полюсі [8]  $\left( \Phi = B_{\text{пол}} \frac{F_{\text{пол}}}{n} \right)$ , магнітопровід розбивають

на ділянки зі сталою площею поперечного перерізу і сталою магнітною проникністю  $\mu$ . Для кожної ділянки індукція  $B = \Phi / F$ . Для знайдених значень індукції за кривими намагнічування (3.75,  $\theta$ ) визначають відповідні напруженості магнітного потоку  $H$ . Для ділянок із неферомагнітного матеріалу (повітряні зазори між плитою і заготовкою) напруженість поля  $H = 80$  А/м.

Далі за відомими значеннями  $H$  і довжиною ділянки  $\ell$  обчислюють падіння магнітного потенціалу вздовж усього магнітопроводу [8]:

$$H_1 \ell_1 + H_2 \ell_2 + \dots + H_n \ell_n = I\omega.$$

Викладена методика дає задовільні результати при розрахунку плоских магнітних систем. У плитах і планшайбах магнітний потік проходить по складнішій траєкторії, розташованій у кількох площинах. Тому в багатьох випадках розрахунок магнітопроводу має приблизний і умовний характер.

Зазор між заготовкою та плитою в розрахунках можна брати 0,1...0,3 при необробленій поверхні бази заготовок (вилитання, штампування); 0,05...0,1 мм – при попередньо обробленій поверхні бази; 0,02...0,05 – при чистовій її обробці і до 0,02 мм – при шліфованій поверхні [8]. Опір у стиках корпусу та кришки плити при задовільному припасуванні не враховують.

Після визначення кількості ампер-витків виконують спеціальні електротехнічні розрахунки: визначають площу перерізу обмотки, її довжину та омичний опір, перевіряють її на нагрівання. Температура обмотки може перевищувати температуру робочого приміщення щонайбільше на 35° С.

При використанні універсальних плит затримуюча сила залежить від товщини оброблюваних заготовок (рисунок 3.75,  $z$ ), а також від шорсткості поверхонь їх баз (рисунок 3.75,  $d$ ).

Якщо за одиницю взяти затримуючу силу для заготовок зі сталі 10, то для сталі 45 затримуюча сила становитиме 0,95; для

інструментальних легованих сталей – 0,9...0,8; для сірих чавунів – 0,5...0,4; для ковких – 0,6...0,5; для сталей типу армко – 1,1 [8]. Затримуюча сила може змінюватись у межах 50% і більше залежно від положення заготовки відносно полюсів плити. Вона дещо більша при закріпленні загартованих заготовок, ніж при закріпленні сирих.

Деталі, оброблені на електромагнітних плитах (патронах), набувають залишкової магнітної властивості. При їх роботі в складеному вузлі вони можуть притягувати продукти спрацювання сталевих і чавунних деталей, прискорюючи спрацювання механізмів.

Розмагнічують деталі в змінному магнітному полі, густина якого поступово зменшується від максимуму до нуля. Деталі протискують через соленоїд, який живиться змінним струмом (50 Гц), або кладуть на стіл спеціального пристрою, де вони виконують роль замикаючого якоря електромагніту. Допустимий ступінь намагніченості для більшості деталей – 2...3 Гц. Для деталей підшипників кочення – щонайбільше 1 Гц.

**Магнітні затискні пристрої** (плити, планшайби) мають постійні магніти 1 (рисунок 3.76, а), ізолювані магнітними прокладками 2 і скріплені з проставками 3 немагнітними зв'язками (заклепками) у загальний блок. Затримувана заготовка 4 є якорем, через який замикається магнітний потік.

Для відкріплення заготовки блок зсувають за допомогою кривошипного механізму 5 уздовж плити. Магнітний потік замикається при цьому через корпус і кришку плити, минаючи заготовку.

Зазори між магнітним блоком і його напрямними (розмір Н) у корпусі та кришці беруть мінімальними (0,02...0,03 мм). При великих зазорах магнітні сили, що діють на блок зверху і знизу, не врівноважуються, і його важко зсувати. На рисунку 3.76, б показано вплив зазорів на силу зсуву блока при відкріпленні заготовки (крива I) і силу, що утримує заготовку на плиті (крива II) [10].

У магнітних патронах (рисунок 3.76, в) магнітний блок 6 виконують поворотного типу. Заготовку утримують при такому положенні блока, коли його полюси збігаються з полюсами кришки 9. При повороті блока навколо осі патрона його полюси виходять за конфігурацію полюсів кришки і магнітний потік замикається через корпус і кришку.

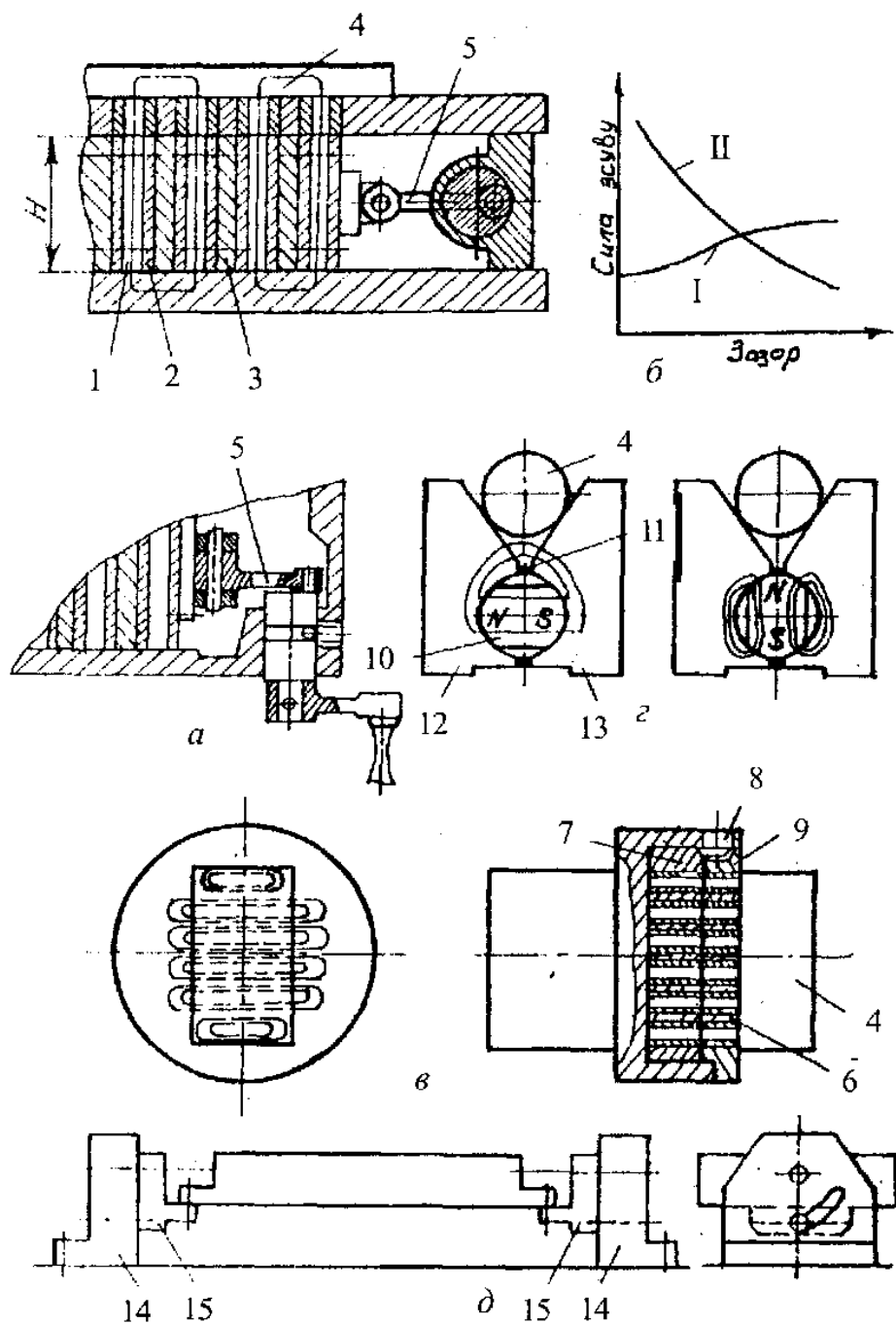


Рисунок 3.76. Схеми плит і пристроїв із постійними магнітами

У цьому разі заготовку можна зняти з патрона. Блок повертається через конічні зубчасті колеса 7 і 8 за допомогою ключа, який вставляють у квадратний отвір 8. Магнітні патрони часто обладнують надставками у вигляді пригвинчених дисків, на лицьовому боці яких виконують центруючі виточки для заготовок типу кілець або шайб.

Схему магнітної призми для закріплення циліндричних заготовок показано на рисунку 3.76, з. При горизонтальному положенні поворотного магніту 10 (ліва проекція) магнітний потік проходить через обидві щоби 12 і 13 призми, відокремлені немагнітною пластиною II, і через заготовку 4. При вертикальному положенні магніту (права проекція) потік замикається в корпусі призми, і заготовку можна знімати. Подолати магнітні сили від намагнічування заготовки можна при повороті магніту на малий кут через нейтральне положення.

Магнітні та електромагнітні плити сприяють підвищенню продуктивності праці (іноді в 10–15 разів) за рахунок допоміжного та основного часу (при багатомісній обробці). Їх можна використовувати багаторазово, що сприяє зменшенню номенклатури пристроїв і підвищенню коефіцієнта оснащення операції.

Технологічні можливості магнітних плит підвищують завдяки встановленню їх на поворотні полиці 15 стояків 14 (рисунок 3.76, д); при цьому їх робоча поверхня може бути нахилена до горизонтальної площини.

Висота і маса магнітних плит менші, ніж електромагнітних. Їх переваги – відсутність живлення струмом, а звідси – більша безпека в роботі та менші витрати на експлуатацію. При обробці на електромагнітних плитах заготовка може бути зсунута силою різання при вимиканні струму; при використанні магнітних плит це неможливо. Проте їх вмикання і вимикання менш зручне в автоматичному циклі роботи.

Електромагнітні та магнітні плити і патрони використовують для закріплення заготовок, які піддаються обробці остаточній (шліфування) і чистовій (фрезерування, точіння, стругання). У разі використання упорів, які сприймають складову сили різання  $P_z$ , ці плити можна застосовувати також при чорновій обробці. Зі збільшенням висоти мікро-та макронерівностей поверхні утримуюча сила зменшується, оскільки повітряний проміжок, який виникає при цьому, створює опір проходження магнітного потоку.

Останнім часом застосовують плити з постійними магнітами, магнітні властивості яких збуджують подачею в котушки сильних імпульсів постійного струму. У цих плитах немає рухомих частин, а струм живлення під час роботи вимкнений. Розмагнічування досягається подачею в котушки змінного струму, який спадає (зменшується) до нуля. Плити з постійними електромагнітами забезпечують тиск на робочих поверхнях до 0,8 Мпа.

Магнітні плити як збірні конструкції мають певну піддатливість. Їх жорсткість за нормалю достатньо висока і перебуває в межах 50...80 кН/мм. А в електромагнітних плитах досягає 100 кН/мм. Незважаючи на велике навантаження від сил різання, обробка на магнітних плитах характеризується малими пружними відтисканнями (щонайбільше 10 мкм/[8]). Найбільше плита прогинається в центрі, тому при обробці партії невеликих заготовок спостерігається розсіяння їх розмірів по висоті.

У процесі шліфування плити нагріваються: магнітні – від заготовок у результаті виділення теплоти при різанні, електромагнітні, крім того – за рахунок теплоти, що виділяється обмотками полюсів. Похибки обробки, спричинені тепловими деформаціями плити, досягають 40 мкм. Теплові деформації не однакові на поверхні плит: найбільші – у середині плити, що пояснюється гіршими умовами тепловідведення.

Конструкції сучасних магнітних і електромагнітних плит досить вібростійкі. Частота власних коливань плит середнього розміру перебуває в межах 800...1500 Гц, тому резонанс при фрезеруванні фактично не можливий.

Постійні магніти виконують із феромагнітних матеріалів з високою залишковою індукцією та великою коерцитивною силою.

Найкращий матеріал для постійних магнітів – сталь із високим вмістом вуглецю і спеціальних присадок вольфраму, кобальту, хрому. Ці сталі зберігають магнітні властивості тривалий час (не менше двох років). При розмагнічуванні їх магнітні властивості можна відновити повторним намагнічуванням. Постійні магніти для плит виготовляють із виливних матеріалів ЮНД8, ЮНДК15, ЮНДК18, ЮНВДК24, ЮН14ДК24Т2, ЮНВДК25ВА, ЮНДК31Т35А; ці сплави стандартизовані. Застосовують також плити з керамічними або оксидно-барієвими магнітами, які одержують методом порошкової металургії з оксиду заліза  $Fe_2O_3$ , та вуглекислого барію  $BaCO_3$ . Вони мають більшу утримуючу силу і меншу відстань між полюсами.

Затискні пристрої, що діють від механізму подачі. Такі пристрої використовують в основному на свердильних верстатах. Схему подібного пристрою для багатшпиндельного верстата показано на рисунку 3.39.

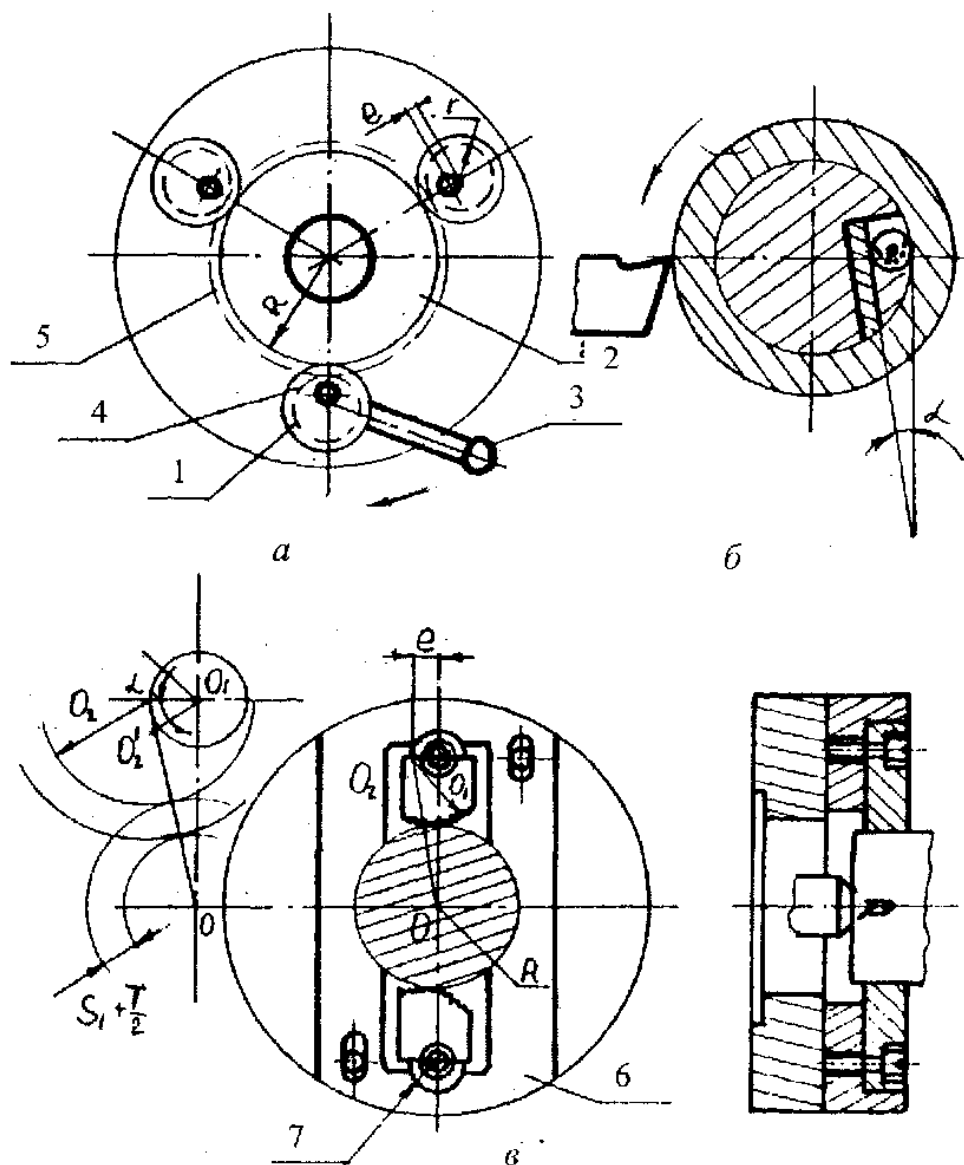


Рисунок 3.77. Схеми затискних пристроїв, що діють від сил різання

При опусканні шпіндельної головки і кондуктора плита 3 підходить до заготовки 4. Подальше опускання головки приводить до стискання пружин, унаслідок чого закріплення безперервно збільшується і до кінця свердління досягає максимуму. При використанні подібних пристроїв робітник звільняється від потреби закріплення заготовки, оскільки це відбувається автоматично. Недолік подібних пристроїв – додаткове навантаження механізму подачі верстата.

**Затискні пристрої, що діють від сил різання.** Схему патрона з трьома ексцентриками 1, за допомогою яких заготовка 2 при свердлінні в ній центрального отвору самозатискується, показано на рисунку 3.77, а. Заготовка попередньо затискується поворотом рукоятки 3. Оскільки ексцентрики зв'язані зубчастою передачею 4–5, то вони повертаються синхронно, чим забезпечується центрування заготовки. Відкріплення досягається поворотом рукоятки в зворотному напрямі. Подібні пристрої застосовують при свердлінні отворів у штампованих зубчастих колесах перед їх протягуванням.

Нехтуючи пружними відтисненнями ексцентриків, їх ексцентриситет можна знайти за формулою [8]:

$$e = \frac{S_1 + 0,5T}{1 - \cos \alpha}, \quad (3.163)$$

де  $S_1$  – мінімальний радіальний зазор, який забезпечує вільне встановлення заготовок у патрон,  $S_1 = 0,2 \dots 0,4$  мм;  $T$  – допуск на діаметр заготовки;  $\alpha$  – максимально допустимий кут повороту ексцентриків.

Самогальмування системи забезпечується за умовою:

$$e \leq \rho + k, \quad (3.164)$$

де  $\rho$  – радіус кола тертя цапфи ексцентриків;  $k$  – коефіцієнт тертя кочення між заготовкою і ексцентриками (для необроблених заготовок  $k = 0,03 \dots 0,5$  см) [8].

Система заклинюється, якщо  $f(r - e) \geq \rho + k$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і ексцентриками;  $r$  – радіус зовнішньої поверхні ексцентриків.

При самозатисканні заготовки під дією моменту  $M_{\text{різ}}$  виникають сили, нормальні до її поверхні [8]:

$$Q = \frac{M_{\text{пиз}}(r - e \cos \alpha')}{3R(\rho + k)}, \quad (3.165)$$

де  $\alpha'$  – кут повороту ексцентриків від нульового положення;  $R$  – радіус заготовки.

Знаючи дійсний  $2R$  і мінімальний  $2R_{\text{min}}$  діаметри заготовок, кут  $\alpha'$  можна визначити з виразу:

$$S_1 + R - R_{\text{min}} = e(1 - \cos \alpha').$$

Сила на рукоятці для відкріплення заготовки [8]:

$$N = \frac{3Q(\rho - \ell \sin \alpha')}{\ell \eta} = \frac{M_{\text{пиз}}(R - \ell \cos \alpha')(\rho - \ell \sin \alpha')}{R(\rho + k)\ell \eta}, \quad (3.166)$$

де  $\eta = 0,8 \dots 0,9$  – ККД передатного механізму;  $\ell$  – довжина рукоятки.

Знаючи  $\rho$ , можна визначити радіус цапфи:

$$a = \rho / f', \quad (3.167)$$

де  $f'$  – коефіцієнт тертя в цапфі.

Радіус ексцентрика [8]:

$$r = e + a + \Delta,$$

де  $\Delta$  – товщина перемички ексцентрика.

Значення  $a$  і  $r$  перевіряють на зминання і контактну міцність.

Схему повідкового патрона з двома ексцентриковими кулачками для токарних багаторізцевих верстатів показано на рисунку 3.77, в. Ці патрони затискують тим сильніше, чим більше момент різання. Патрон відкріплюють поворотом заготовки вручну в зворотному напрямі. Заготовку встановлюють у центрах. Для усунення однобічного тиску від кулачків на передній центр кулачки монтують на плаваючій дошці 6. Кулачки мають невеликий кут повороту ( $\alpha' = 20 \dots 30^\circ$ ), а центри  $O$ ,  $O_1$  і  $O_2$  не лежать на одній прямій у початковому положенні, а звичайно створюють прямий кут. Згідно з цією умовою [8]:

$$e \approx \frac{S_1 + 0,5T}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}. \quad (3.168)$$



Умови самогальмування та заклинювання приблизно записують у вигляді:

$$e < \rho; \quad fr > \rho. \quad (3.169)$$

Приклад самозатискної оправки показано на рисунку 3.77, *д*. Ролик, заклинаючись між оправкою і заготовкою, передає останній обертання від шпинделя верстата. Отвір у заготовці оброблюють із точністю *H7 – H9*. Аналогічно заклинювання роликовим замком відбувається за умови  $\alpha \leq 2\varphi$ .

В усіх розглянутих прикладах ефект заклинювання тим вищий, чим більший момент різання, що виникає при обробці. При конструюванні цих пристроїв необхідно враховувати, що сила розклинювання не повинна бути надто великою.

### 3.9. Приклади розрахунків сил закріплення та затискачів

**Приклад 1.** Визначити коефіцієнт запасу для операції торцевого фрезерування необробленої заготовки, закріпленої в пристрої з ручним приводом. Положення затискного пристрою недостатньо зручне.

#### *Розв'язання.*

Визначаємо  $K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,2 = 3,7$ ,

де  $K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу для всіх видів обробки;

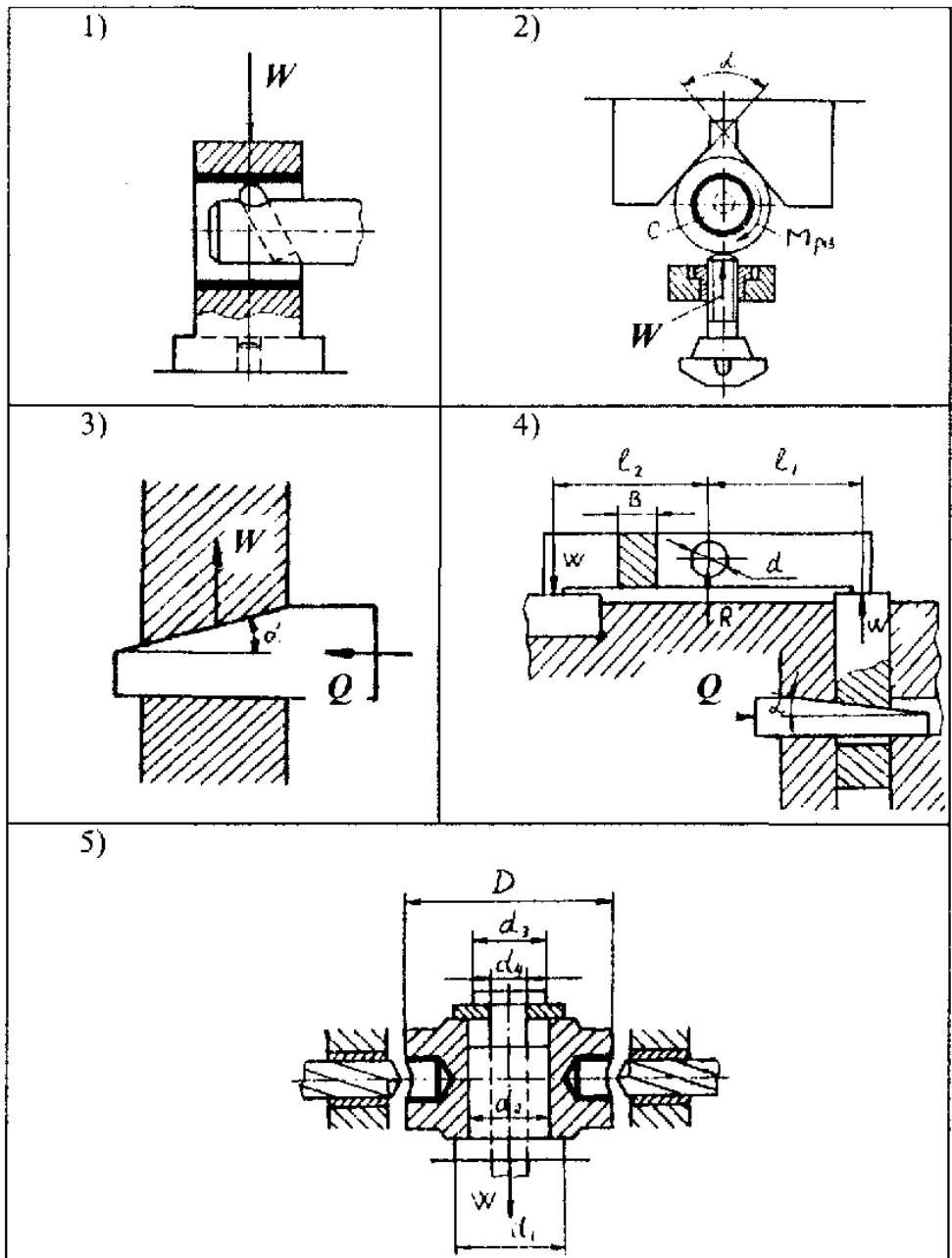
$K_1 = 1,2$  (заготовка не оброблена);

$K_2 = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання внаслідок затуплення інструменту (фрези);  $K_3 = 1,0$  (обробка суцільної поверхні);

$K_4 = 1,3$  (ручний затискач);  $K_5 = 1,2$  (положення пристрою незручне).

При чистовому розточуванні заготовки, закріпленої в кулачках пневматичного патрона, коефіцієнти  $K_1 = K_5 = 0$ . У цьому разі коефіцієнт запасу мінімальний:  $K = K_0 = 1,5$ .

Таблиця 3.7 – Схеми для розрахунку сил закріплення заготовки для затискних механізмів пристроїв



**Приклад 2.** Визначити силу закріплення заготовки в розточувальному пристрої (рисунок 1 у табл. 3.7).

Розточування виконують одним різцем по виливній кірці;  
 $P_z = 4000$  Н.

*Розв'язання.* Дія сили  $P_z$  змінна за напрямком. Найневигіднішим є випадок (за яким слід розраховувати силу закріплення), коли сила  $P_z$  напрямлена по вертикалі вгору. При цьому заготовка відривається від установчих елементів пристрою.

Сила закріплення:

$$W = KP_z,$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу сили затиску, беремо  $K = 3,0$ .

Тоді:

$$W = 3 \cdot 4000 = 12000 \text{ Н.}$$

**Приклад 3.** Визначити діаметр затискного гвинта і момент затягування для закріплення заготовки силою  $W = 5$  кН. Встановити доцільну форму головки гвинта для затягування його вручну (без ключа). Натискний кінець гвинта виконаний у двох варіантах: зі сферичним і плоским торцями.

*Розв'язання.* 1. За формулою (3.48) знаходимо номінальний діаметр гвинта, вважаючи  $C = 1,4$  і  $\sigma = 80$  МПа;

$$d = C \sqrt{\frac{W}{\sigma}} = 1,4 \sqrt{\frac{5000}{80}} = 11,2 \text{ мм.}$$

Беремо  $D = 12$  мм.

2. Момент затягування гвинта зі сферичним торцем знаходимо за спрощеною формулою:

$$M = 0,1dW = 600 \text{ Н·см.}$$

3. Момент затягування гвинта з плоским торцем ( $d_1 = 0,8$  см) знаходимо також за спрощеною формулою (3.44):

$$M = 0,1dW + \frac{fWd_1}{3} = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 5000 + \frac{0,16 \cdot 5000 \cdot 0,8}{3} = 810 \text{ Н·см.}$$

4. За моментом затягування визначаємо форму головки гвинта (дивися таблицю 3.1).

**Приклад 4.** У циліндричній заготовці діаметром 60 мм свердлять глухий отвір. Момент різання при свердлінні  $M_{\text{різ}} = 30$  кН·мм. Схему встановлення заготовки показано на рисунку 2 у таблиці 3.7. Кут призми  $\alpha = 90^\circ$ . Коефіцієнт тертя в місцях контакту заготовки з призмою і затискними елементами  $f = 0,18$ . Заготовку затискають за допомогою гвинта зі сферичним торцем.

Визначити силу закріплення та розрахувати гвинтовий затискач.

**Розв'язання.** Вважаючи, що момент різання сприймається тертям на циліндричній поверхні, силу закріплення визначимо за формулою (3.23):

$$W = \frac{KM_{\text{різ}}}{fR(1 + 1/\sin \frac{\alpha}{2})},$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу,

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,3 \cdot 1,0 = 2,34;$$

$K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу для всіх випадків обробки;  $K_1 = 1,0$  (заготовка попередньо оброблена);  $K_2 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує затуплення інструменту;  $K_3 = 1,0$  (обробка суцільної поверхні);  $K_4 = 1,3$  (ручний затискач);  $K_5 = 1,0$  (зручно розташований затискач);  $R$  – радіус заготовки.

Вважаючи  $K = 2,4$ , дістаємо:

$$W = \frac{2,4 \cdot 3000}{0,18 \cdot 30(1 + 1/\sin 45^\circ)} = 8000 \text{ Н.}$$

2. Вважаючи  $C = 1,4$ ;  $\sigma = 80$  Н/мм, визначаємо номінальний діаметр гвинта за формулою (3.48):

$$d = C\sqrt{W/\sigma} = 1,4\sqrt{8000/80} = 14 \text{ мм.}$$

3. Момент затягування гвинта визначаємо за спрощеною формулою:

$$M = 0,1dW = 0,1 \cdot 14 \cdot 8000 = 11200 \text{ Н·мм.}$$

Форму головки гвинта вибираємо згідно з таблицею 3.1.

Довжина рукоятки  $L = 450$  мм.

**Приклад 5.** Розрахувати клиновий затискач із тертям ковзання на обох поверхнях клина для безпосереднього затиску заготовки. Схему клинового затискача показано на рисунку 3 у таблиці 3.7.

Початкові дані:  $W = 10$  кн.;  $T = 0,8$  мм – допуск на розмір заготовки.

**Розв'язання.** I. Вибираємо принципову схему механізму (дивися рисунок 3 у таблиці 3.7) і кут  $\alpha$  скосу клина. Беремо  $\alpha = 10^\circ$ , оскільки клин має бути самогальмівним, а умова самогальмування клина  $\alpha < 12^\circ$ .

2. Хід плунжера (кулачка)

$$S_w = T + S_1 + S_2 + \frac{W}{j},$$

де  $S_1$  – гарантований зазор для вільного встановлення заготовки,  $S_1 = 0,2 \dots 0,4$  мм;  $S_2$  – запас ходу плунжера (кулачка), що враховує похибки виготовлення та спрацювання механізму,  $S_2 = 0,2 \dots 0,4$  мм;  $j$  – жорсткість механізму орієнтовно беруть  $j = 12000 \dots 25000$  Н/мм.

Вважаючи  $j = 12000$  Н/мм, дістаємо:

$$S_w = 0,8 + 0,3 + 0,3 + \frac{10000}{12000} \approx 2,5 \text{ мм.}$$

3. Хід клина:

$$S_Q = S_w \operatorname{ctg} \alpha = 2,5 \cdot 5,671 = 14,2 \text{ мм.}$$

4. Сила на приводі згідно з (3.55):

$$Q = W [\operatorname{tg} (\alpha + \varphi) + \operatorname{tg} \varphi_1],$$

де  $\varphi$ ,  $\varphi_1$  – кут тертя на площині відповідно похилій і горизонтальній,  $\varphi = \varphi_1 = 6^\circ$ .

У результаті дістаємо:

$$Q = 10000 [\operatorname{tg} (10^\circ + 6^\circ) + \operatorname{tg} 6^\circ] \approx 4000 \text{ Н.}$$

**Приклад 6.** Визначити основні розміри колового ексцентриса, який використовують для закріплення заготовок із силою

$W = 10$  кН. Допуск на розмір заготовки від її установчої бази до місця прикладання сили закріплення  $T = 0,85$  мм. Жорсткість затискного пристрою  $j = 12000$  Н/мм. Кут повороту  $\beta$  ексцентрика від його нульового положення з умов зручності роботи не повинен перевищувати  $70^\circ$ .

**Розв'язання.** І. Визначаємо ексцентриситет за формулою (3,79):

$$e = \frac{S_1 + T + \frac{W}{j}}{1 - \cos \beta},$$

де  $S_1$  – мінімальний зазор, який забезпечує вільне встановлення заготовки,  $S_1 = 0,3$  мм.

Тоді:

$$e = \frac{0,3 + 0,85 + \frac{10000}{12000}}{1 - \cos 70^\circ} = \frac{0,3 + 0,85 + 0,83}{1 - 0,3420} \approx 3 \text{ мм.}$$

2. Діаметр цапфи

$$d = \frac{W}{b[\sigma]_{\text{БМ}}}.$$

Вважаючи  $b = d$ ;  $[\sigma]_{\text{БМ}} = 40$  МПа, дістаємо:

$$d = \sqrt{\frac{10000}{40}} \approx 16 \text{ мм.}$$

3. Визначаємо діаметр ексцентрика з умови самогальмування:

$$D/e \geq 14; D \geq 14e; D \geq 14 \cdot 3 \geq 42 \text{ мм.}$$

4. Ширину робочої частини ексцентрика визначаємо за формулою:

$$B = \frac{0,175WE}{R\sigma^2},$$

де  $E = 2 \cdot 10^5$  Мпа – модуль пружності;  $\sigma$  – напруження зминання для загартованої сталі,  $\sigma = 1000$  Мпа.

Тоді:

$$B = 0,175 \frac{10000 \cdot 2 \cdot 10^5}{21 \cdot 1000^2} = 17 \text{ мм.}$$

Для спрощення виготовлення ексцентрика беремо  $B = b = 17$  мм.

5. Визначаємо довжину рукоятки з формули:

$$Q = \frac{W_{\text{ср}} \rho_{\text{ср}} [\text{tg}(\alpha_{\text{ср}} + \varphi) + \text{tg} \varphi]}{\ell},$$

звідки:

$$\ell = \frac{W_{\text{ср}} \rho_{\text{ср}} [\text{tg}(\alpha_{\text{ср}} + \rho) + \text{tg} \varphi]}{Q}.$$

Вважаючи  $Q = 160$  Н, оскільки затискання виконується вручну, дістаємо:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{D}{2} = 21 \text{ мм}; \quad \alpha_{\text{ср}} = 4^\circ.$$

Тоді:

$$\ell = \frac{10000 \cdot 21 [\text{tg}(4^\circ + 6^\circ) + \text{tg} 6^\circ]}{160} = 400 \text{ мм}.$$

**Приклад 7.** На рисунку 4 таблиці 3.7 показано розрахункову схему важільного затискного механізму, який працює в з'єднанні з клиновим затискним пристроєм.

Початкові дані:  $W = 9800$  Н – сила закріплення заготовки;  $T = 0,2$  мм – допуск на розмір заготовки від установчої площини до площини затиску;  $\ell_1 = \ell_2$  – плечі важеля.

Визначити:  $Q$  – початкову силу на штоці привода;  $d$  – діаметр опори важеля; хід важеля, плунжера і клина.

**Розв'язання.** 1 Визначаємо хід важеля, який має забезпечити можливість встановлення заготовки:

$$S_w = T + S_1 + S_2 + \frac{W}{j},$$

де  $S_1$  – гарантований зазор для вільного встановлення заготовки,  $S_1 = 0,2 \dots 0,4$  мм (беремо  $S_1 = 0,3$  мм);  $S_2$  – запас ходу важеля, що враховує похибки виготовлення та спрацювання механізму,  $S_2 = 0,2 \dots 0,4$  мм (беремо  $S_2 = 0,3$  мм);  $j$  – жорсткість важільного затискного механізму,  $j = 14700 \dots 24500$  Н/мм.

Беручи  $j = 19600$  Н/мм, дістаємо:

$$S_w = 0,2 + 0,3 + 0,3 + \frac{9800}{19600} = 1,3 \text{ мм.}$$

2. При  $l_1 = l_2$  хід плунжера  $S'_w$  дорівнюватиме  $S_w$ , тобто:

$$S'_w = S_w = 1,3 \text{ мм.}$$

3. Хід клина:

$$S_Q = S_w \text{ctg} \alpha .$$

Кут скосу клина беремо  $\alpha = 10^\circ$  з умови самогальмування.  
Тоді

$$S_Q = 1,3 \text{ctg} 10^\circ = 1,3 \cdot 5,671 = 7,36 \text{ мм.}$$

4. Сила на плунжері

$$W' = W \frac{l_2}{l_1} \frac{1}{\eta} ,$$

де  $\eta = 0,95$  – ККД важільного механізму.

Визначаємо:

$$W' = 9800 \cdot 1 \cdot 1 / 0,95 = 10316 \text{ Н.}$$

5. Початкову силу на штоці привода визначимо за формулою:

$$Q = \frac{W' [\text{tg} (\alpha + \varphi) + \text{tg} \varphi_1]}{1 - \text{tg} (\alpha + \varphi) \text{tg} \varphi_2} ,$$

де  $\alpha$  – кут скосу клина,  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\varphi$  – кут тертя між плунжером та площинами клина (похилою та горизонтальною),  $\varphi = \varphi_1 = 5^\circ 30'$  – кут тертя плунжера в напрямних,  $\varphi_2 = 11^\circ$ . Тоді:

$$Q = \frac{10316 [\text{tg} (5^\circ 30' + 5^\circ 30') \text{tg} 5^\circ 30']}{1 - \text{tg} (5^\circ 30' + 5^\circ 30') \text{tg} 11^\circ} = 4262 \text{ Н.}$$

6. Реакцію  $R$  в опорі важеля визначасмо з умови рівноваги.  
Оскільки  $l_1 = l_2$ , то умову рівноваги можна записати у вигляді:

$$W + W' = R ,$$

тобто

$$R = 9800 + 10316 = 20116 \text{ Н.}$$

7. Діаметр опори визначаємо з умови її міцності на зминання:

$$d = 0,226 \sqrt{R} = 0,226 \sqrt{20116} = 32 \text{ мм.}$$

8. Ширину важеля  $B$  беремо такою, що дорівнює діаметру опори, тобто  $B = d = 32$  мм.



**Приклад 8.** Визначити силу на штоці затискного механізму пристрою, який наведено на рисунку 5 таблиці 3.7. У заготовці зі сталі 45 свердлять два отвори діаметром 25 мм із подачею 0,35 мм/об. Розміри заготовки та опорних торців, мм:  $D = 100$ ;  $d_1 = 35$ ;  $d_2 = 30$ ;  $d_3 = 28$ ;  $d_4 = 22$ .

**Розв'язання.** Якщо геометрія різальної частини свердла правильна, то сили різання не можуть спричинити зміщення встановленої заготовки, тобто для розрахунку сили  $Q$ , яка буде притискувати заготовку до опорного бурта пальця, немає чітких передумов. Допуск на кут при вершині свердла звичайно  $2\alpha = \pm 2$ . При неправильному заточуванні інструменту в межах вказаного допуску довжина різальних кромки буде різною. Це спричинює незрівноважену радіальну складову сили різання, яка може призвести до зворотно-поступального та хитного руху заготовки на пальці.

Згідно з дослідженнями [8] для даного випадку ця складова дорівнює 65 Н. Така сама радіальна складова може виникнути через нерівномірне затуплення різальних кромки свердла. Загальна незрівноважена складова  $P$  у розглянутому прикладі може досягти 130 Н.

Визначимо силу закріплення, при якій заготовка в процесі свердління буде нерухомою.

Умову рівноваги, при якій попереджується хитний рух заготовки, записуємо у вигляді:

$$2K\Delta P_y \frac{D}{2} = \frac{1}{3} Q f \left( \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} + \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^2 - d_4^2} \right),$$

де 2 – коефіцієнт, що враховує кількість зсувних моментів;  $K$  – коефіцієнт тертя, який обчислюють за формулою (3.40),  $K = 3,4$ ;  $f = 0,16$  – коефіцієнт тертя.

Розміри  $D$ ,  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ ,  $d_4$  показано на рисунку 5 таблиці 3.7. Тоді:

$$Q = \frac{3K\Delta P_y D}{f \left( \frac{d_1^3 - d_2^3}{d_1^2 - d_2^2} + \frac{d_3^3 - d_4^3}{d_3^2 - d_4^2} \right)} = 4450 \text{ Н}$$

**Приклад 9.** Визначити потрібну силу  $Q$  на штоці механізованого приводу з важільним переміщенням кулачків (дивися рисунок 3.64, б) і діаметр пневмоциліндра приводу.

Вихідні дані:

$W_{\text{сум}} = 500$  Н – сила потрібна для затискання заготовки;

конструктивні розміри трикулачкового патрона:

$a = 3$  см – виліт кулачка від середини його опори в пазу патрона до центра прикладання сили затиску;

$\ell_1 = 2$  см – довжина короткого плеча важеля;

$\ell = 8$  см – довжина довгого плеча важеля;

$h = 5$  см – довжина нап'ямної частини кулачка.

**Розв'язання.** 1. За формулою (3.128) визначаємо силу:

$$Q = K_1 \left( 1 + \frac{3a\mu_1}{h} \right) \left( \frac{\ell_1}{\ell} \right) W_{\text{сум}},$$

де  $K_1 = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує додаткові сили тертя в патроні;  $\mu_1 = 0,2$  – коефіцієнт тертя між нап'ямною поверхнею кулачка і пазом корпусу патрона. Тоді:

$$Q = 1,1 \left( 1 + \frac{3 \cdot 3 \cdot 0,2}{5} \right) \left( \frac{2}{8} \right) \cdot 5000 = 3740 \text{ Н.}$$

2. Діаметр пневмоциліндра визначаємо з формули (3.136):

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} P \eta,$$

звідки

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi P \eta}},$$

де  $P$  – тиск стиснутого повітря,  $P = 0,3 \dots 0,6$  МПа (беремо  $P = 0,4$  МПа);  $\eta$  – ККД (беремо  $\eta = 0,95$ ).

Тоді:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3740}{3 \cdot 14 \cdot 0,4 \cdot 0,95}} = 111 \text{ мм.}$$

Беремо  $D = 120$  мм.

## Запитання для самоконтролю

1. Накресліть структурну схему затискних пристроїв та надайте коротку характеристику її складових частин.

2. Визначте послідовність виконання силових розрахунків пристроїв, та надайте коротку характеристику кожному з етапів.

3. Накресліть основні схеми затискних пристроїв, які запобігають зміщенню заготовки від дії сил; складіть для них рівняння рівноваги.

4. Накресліть основні схеми затискних пристроїв, які запобігають прокручуванню заготовки від дії моментів; складіть для них рівняння рівноваги.

5. Накресліть основні схеми затискних пристроїв, які запобігають зміщенню заготовки від дії кількох моментів, що діють одночасно; складіть для них рівняння рівноваги.

6. Накресліть схему затискного пристрою, який запобігає прокручуванню заготовки від дії бічних сил; складіть для нього рівняння рівноваги.

7. Сформулюйте службове призначення затискних пристроїв.

8. За якими ознаками класифікують затискні пристрої?

9. Які основні вимоги ставляться до затискних пристроїв?

10. Розкрийте суть затискача простого і затискача комбінованого.

11. З яких частин складається правильно побудований гвинтовий затискач та які вимоги ставляться до кожної з них?

12. В яких пристроях застосовуються гвинтові затискачі, їх основні переваги та недоліки?

13. Як визначається сила затиску гвинтового затискача, що створюється торцем гайки?

14. Як визначається сила затиску гвинтового затискача, що створюється торцевою частиною гвинта:

а) зі сферичним торцем;

б) з плоским торцем;

в) з наконечником на торці гвинта.

15. Які типи затискних гвинтів треба перевіряти за контактними напругами, та від яких факторів залежить їх величина?

16. Які типи затискних гвинтів слід перевіряти на напругу кручення і стискання, та від яких факторів залежить їх величина?

17. Що є основним елементом клинового затискача, їх переваги та умова самогальмування.

18. Як конструктивно оформлюються самогальмівні клинові затискачі?

19. Як визначається сила затиску, що створюється односкісним клиновим затискачем і від яких факторів залежить її величина?

20. Як визначається сила затиску, що створюється двоскісним клиновим затискачем і від яких факторів залежить її величина?

21. Накресліть схеми клиноплунжерних пристосувань, назвіть ділянки їх застосування, переваги та недоліки.

22. Як визначаються сили затиску, що створюються клиноплунжерними пристосуваннями, від яких факторів залежить їх величина?

23. Накресліть схеми основних різновидів ексцентрикових затискачів. Назвіть ділянки їх застосування, основні переваги та недоліки.

24. Як визначається сила затиску, що створюється циліндричним ексцентриковим затискачем і від яких факторів залежить її величина?

25. В чому полягає умова самогальмування циліндричного ексцентрикового затискача та з яких міркувань вона виводиться?

26. Яка існує залежність між кутом підйому ексцентрика  $\alpha$  та кутом повороту кулачка  $\beta$  і який висновок для практики можна з цього зробити?

27. Яка існує залежність між радіусом кулачка  $r$  та кутом повороту  $\beta$  і який висновок для практики можна з цього зробити?

28. Як визначається необхідна величина ходу ексцентрика:

а) коли кут повороту  $\beta$  необмежений?

б) коли кут повороту  $\beta$  обмежений?

29. Які переваги у порівнянні з циліндричними ексцентриковими кулачками мають криволінійні кулачки?

30. Опишіть методику побудови кулачка по логарифмічній спіралі.

31. Опишіть методику побудови кулачка по спіралі Архімеда.

32. Опишіть методику побудови кулачка по евольвентній спіралі.

33. Викладіть послідовність розрахунку круглого ексцентрикового затискача.

34. Викладіть послідовність розрахунку ексцентрикового затискача виконаного по спіралі Архімеда.

35. Накресліть основні схеми важільних затискачів, назвіть ділянку їх застосування, переваги та недоліки.

36. Як визначається початкова сила  $Q$  при застосуванні основних схем важільних механізмів без врахування сил тертя?

37. Як визначається початкова сила  $Q$  при застосуванні основних схем важільних механізмів з врахування сил тертя?

38. Накресліть схеми шарнірно-важільних затискачів – одноважільних та двоважільних. Назвіть ділянки їх застосування, переваги та недоліки, особливості конструктивного оформлення.

39. Як визначаються сили затиску, що створюються шарнірно-важільними затискачами:

а) одноважільними;

б) двоважільними односторонньої дії (шарнірного і шарнірно-плунжерного);

в) двоважільними двосторонньої дії (шарнірного і шарнірно-плунжерного).

40. Накресліть схеми пружинних затискачів. Назвіть ділянки їх застосування, переваги та недоліки.

41. Багатоланкові затискачі. В чому полягає їх особливість? На які групи вони поділяються? Накресліть схеми основних груп. Де вони застосовуються, їх переваги та недоліки?

42. Комбіновані затискачі. В чому полягають особливості їх розрахунку? Наведіть приклад.

43. Установчо-затискні механізми пристроїв. Який принцип їх дії? Коли вони застосовуються? За якими ознаками класифікуються? Їх переваги. Наведіть приклади схемних рішень.

44. Призматичні центруючі механізми. Надайте їх схемні рішення. В чому полягають особливості їх конструкції? Ділянка застосування цих механізмів, їх переваги та недоліки.

45. Центруючі механізми з ексцентричними пазами та плунжерні центруючі механізми. Надайте їх схемні рішення. В чому полягають особливості конструкції? Ділянка застосування цих механізмів, їх переваги та недоліки.

46. Цангові патрони. Їх призначення та види, ділянка застосування, переваги та недоліки. Надайте їх схемні рішення.

47. Як розраховується осьова сила на штоці цангового патрону, що необхідна для створення потрібної сили затиску заготовки, які фактори впливають на її величину?

48. Мембранні центруючі механізми пристроїв, їх призначення. Наведіть схемне рішення мембранного патрону та патрону з тарілчастими пружинами. Ділянка їх застосування, переваги та недоліки.

49. Як розраховується осьова сила на штоці мембранного патрону, що необхідна для створення потрібної сили затиску заготовки. Які фактори впливають на її величину?

50. Як розраховується осьова сила для патрона з тарілчастими пружинами, що необхідна для створення потрібної сили затиску заготовки. Які фактори впливають на її величину?

51. З яких міркувань визначається величина кута  $\alpha$  мембрани у стиснутому стані, і в яких межах він приймається на практиці?

52. Самоцентруючі механізми пристроїв з гідропластом. Їх призначення та ділянка застосування. Наведіть схемні рішення. Переваги та недоліки цих механізмів.

53. Які параметри розраховують при проектуванні тонкостінних втулок пристроїв з гідропластом? Яка послідовність цього розрахунку?

54. Як визначається допустима деформація тонкостінної частини втулки в її середній частині?

55. Як визначається гідростатичний тиск у порожнині тонкостінної втулки, що потрібний для затиску заготовки.

56. Як визначається потрібна поздовжня сила затиску оброблюваної заготовки на тонкостінній втулці?

57. Які технічні вимоги ставляться до тонкостінних втулок при їх виготовленні?

58. Наведіть послідовність розрахунку пристроїв із тонкостінною втулкою.

59. Спирально-рейковий трикулачковий самоцентруючий токарний патрон. Накресліть його принципову схему та розкрийте принцип роботи. Призначення патрона, ділянка його застосування, переваги та недоліки.

60. Те ж саме для клинового самоцентруючого токарного патрона.

61. Як розраховується сумарна сила затиску  $W_{\text{сум}}$  у кулачкових патронах та осьова сила  $Q$  на штоці механізованого приводу? Від яких чинників вона залежить?

62. Як визначається сила затиску заготовки, що консольно закріплена в трикулачковому патроні, при її обточуванні?

63. Які існують силові приводи пристроїв? Їх призначення.

64. Схарактеризуйте пневмоциліндри. Їх переваги та недоліки.

65. Схарактеризуйте пневмокамери. Їх переваги та недоліки.

66. Схарактеризуйте гідроциліндри. Їх переваги та недоліки.

67. На якому принципі працюють пневмогідрравлічні пристрої? Накресліть найпростішу схему.

68. Переваги та недоліки пневмогідрравлічних пристроїв. В якому напрямі поліпшується їх конструкція?

69. Накресліть схему поліпшених конструкцій пневмогідрравлічних пристроїв.

70. На якому принципі працюють вакуумні затискні пристрої? Накресліть схему.

71. Які вимоги висуваються до вакуумних затискних пристроїв?

72. Накресліть схему затискного пристрою з приводом від електродвигуна. Переваги та недоліки такого приводу.

73. Накресліть схему та поясніть принцип дії електромагнітного затискного пристрою.

74. Які чинники впливають на силу закріплення заготовки на електромагнітній плиті?

75. Накресліть схему та поясніть принцип дії магнітних затискних пристроїв.

76. У чому полягає особливість магнітних затискних пристроїв порівняно з електромагнітними?

77. Які вимоги висуваються до електромагнітних та магнітних затискних пристроїв?

78. Накресліть схему затискного пристрою, який діє від сили подачі.

79. Накресліть схеми затискних пристроїв, які діють від сил різання.

80. Перелічіть основні переваги та недоліки затискних пристроїв, які діють від механізмів верстата.

**ТЕМА****4****Елементи пристроїв для  
напрявленнн та визначеннн  
положеннн інструментів.****Ділильні механізми та  
корпуси пристроїв**

При виконанні окремих операцій механічної обробки жорсткість різального інструменту буває недостатньою. Для усунення пружних відтиснень інструменту та надання йому певного положення в процесі обробки щодо заготовки застосовують напрямні деталі. До них належать кондукторні втулки та копії. Вони мають бути точними, стійкими до спрацювання і змінними.

**Кондукторні втулки** – застосовують у свердлильних та розточувальних пристроях. Конструкція і розміри кондукторних втулок для свердлильних пристроїв стандартизовані. Постійні втулки застосовують у кондукторах для малосерійного виробництва при обробці отворів одним інструментом (рисунок 4.1, а); їх виготовляють гладкими (тип I) і з буртами (тип II). Змінні втулки застосовують у пристроях для масового і великосерійного виробництва, швидкозмінні із замком – при обробці отворів кількома послідовно змінюваними інструментами. Змінні та швидкозмінні втулки (рисунок 4.1, б, в) вставляють у постійні, які запресовують у корпус пристрою. Застосування кондукторних втулок дає змогу усунути розмітку, зменшити відведення осі та розбивання оброблюваного отвору. Точність діаметра отворів підвищується в середньому на 50% порівняно з точністю при обробці без кондукторних втулок.

Для виготовлення втулок при свердлінні отворів діаметром до 25 мм використовують сталь У10А, У12А або 9ХС (загартування до твердості HRC 62...65; при свердлінні отворів діаметром понад 25 мм – сталь 20 або 20Х із цементуванням на глибину 0,8...1,2 мм та загартуванням до такої самої твердості [14]. Орієнтовний термін служби кондукторних втулок – 10000–15000 свердлінь при  $l < d$  [8].



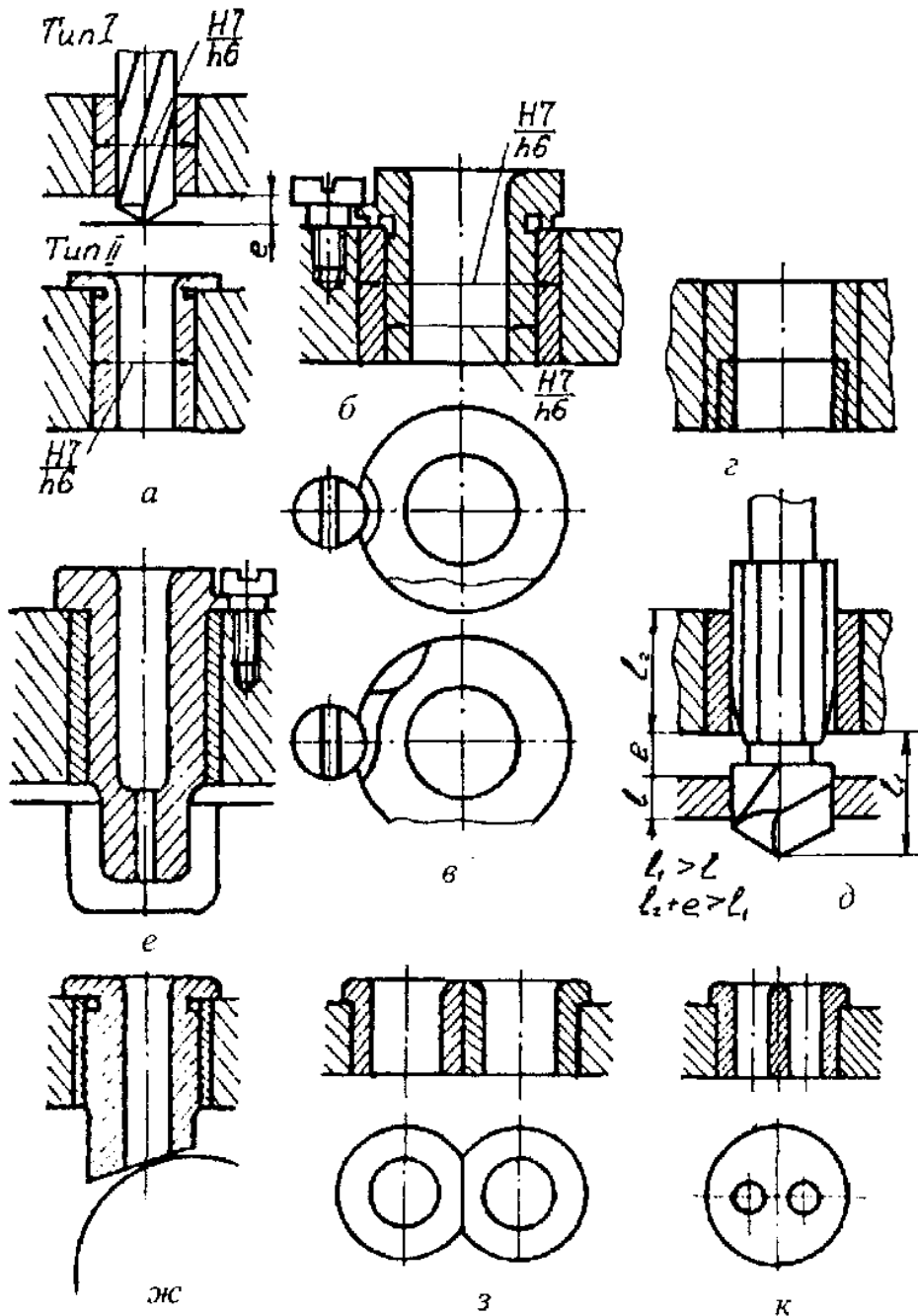


Рисунок 4.1. Схеми кондукторних втулок

Середня інтенсивність спрацювання кондукторних втулок при свердлінні отворів діаметром 10...20 мм на 10 м шляху становить: при обробці сірого чавуну середньої твердості – 3...5 мкм; сталі 40 – 4...6 мкм, алюмінієвих сплавів – 1...2 мкм [8]. За цими даними можна точніше визначити кількість свердлінь через кондукторну втулку, якщо задатися допустимим їх спрацюванням. Істотне підвищення стійкості до спрацювання втулок (у 5–8 разів) досягається виготовленням їх із твердого сплаву або запресуванням в їх нижню частину, де спостерігається максимальне спрацювання твердосплавних втулок.

Допуски на діаметр отвору для проходження свердл і зенкерів встановлюють за посадкою  $F8/h6$ , а для розверток – за посадкою  $G7/h6$  системи вала. При точності розташування осі отвору  $\geq 0,05$  мм допуск на діаметр отвору для проходження свердл призначають за посадкою  $H7/h6$  [14]. При цьому необхідно попереджувати надмірне нагрівання інструменту під час роботи, щоб уникнути його заїдання у втулці. Для підвищення точності напрямлення інструменту використовують високі втулки, довжина яких дорівнює кроку гвинтових канавок свердла. Такі втулки застосовують також для комбінованих інструментів свердло – розвертка (рисунок 4.1, *д*), які використовують для обробки отворів у тонкостінних деталях. Схему розташування полів допусків на виготовлення та спрацювання отвору втулок під свердління показано на рисунку 4.2, *а*, під попереднє зенкерування – на рисунку 4.2, *б*, під остаточне – на рисунку 4.2, *в*, під попереднє розвертання – на рисунку 4.2, *з*, під чистове – на рисунку 4.2, *д*.

Для визначення граничних розмірів отвору втулок допуски на діаметр інструменту беруть згідно з відповідними стандартами. Постійні втулки в корпус пристрою запресовують за посадкою  $H7/h6$ , а встановлення змінних чи швидкозмінних втулок у постійні здійснюють за посадкою  $H7/h6$  [14]. Якщо швидкозмінні втулки піддаються інтенсивному нагріванню, здійснюють посадку  $H7/g6$  [14]. Ексцентриситет зовнішньої поверхні втулки відносно отвору не повинен перевищувати 5 мкм. Для зниження спрацювання втулки між її нижнім торцем і поверхнею заготовки залишають зазор  $e$  (рисунок 4.1, *а*). Тоді стружка не проходить через втулку, а викидається в бік. При свердлінні чавуну  $e = (0,3...0,5)d$ ; при свердлінні сталі та інших в'язких матеріалів зазор збільшують до  $d$ . У разі зенкерування  $e \leq 0,3d$  [1].

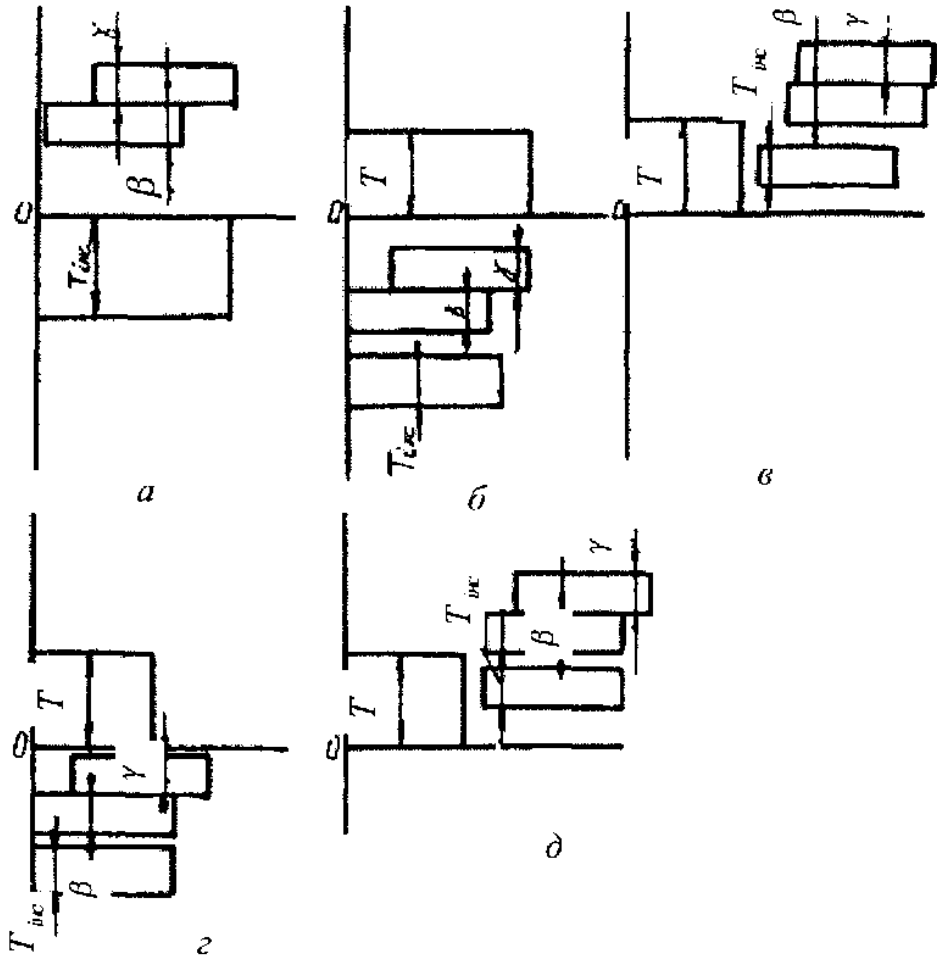


Рисунок 4.2. Схеми розташування полів допусків на діаметр отвору втулок: *a* – свердління; *б* – попереднє зенкерування; *в* – чистове зенкерування; *г* – попереднє розвертання; *д* – чистове розвертання

Посадочні поверхні втулок шліфують до  $R_a = 1,25 \dots 0,12$  мкм. Отвори під інструмент доцільно піддавати ретельній обробці (до  $R_a = 0,32 \dots 0,08$  мкм) для підвищення терміну служби втулки [14].

Типи спеціальних кондукторних втулок показано на рисунку 4.1, *е-к*. Видовжену швидкозмінну втулку (рисунку 4.1, *е*) використовують тоді, коли отвори обробляють у заглибленні заготовки, або коли встановлення та знімання останньої утруднені. Втулку, схему якої показано на рисунку 4.1, *ж*, застосовують при сверд-

лінії отворів у похилих площинах ( $\alpha < 20^\circ$ ).

При малій відстані між осями отворів застосовують зрізані втулки (рисунк 4.1, з) або одну загальну (рисунк 4.1, к).

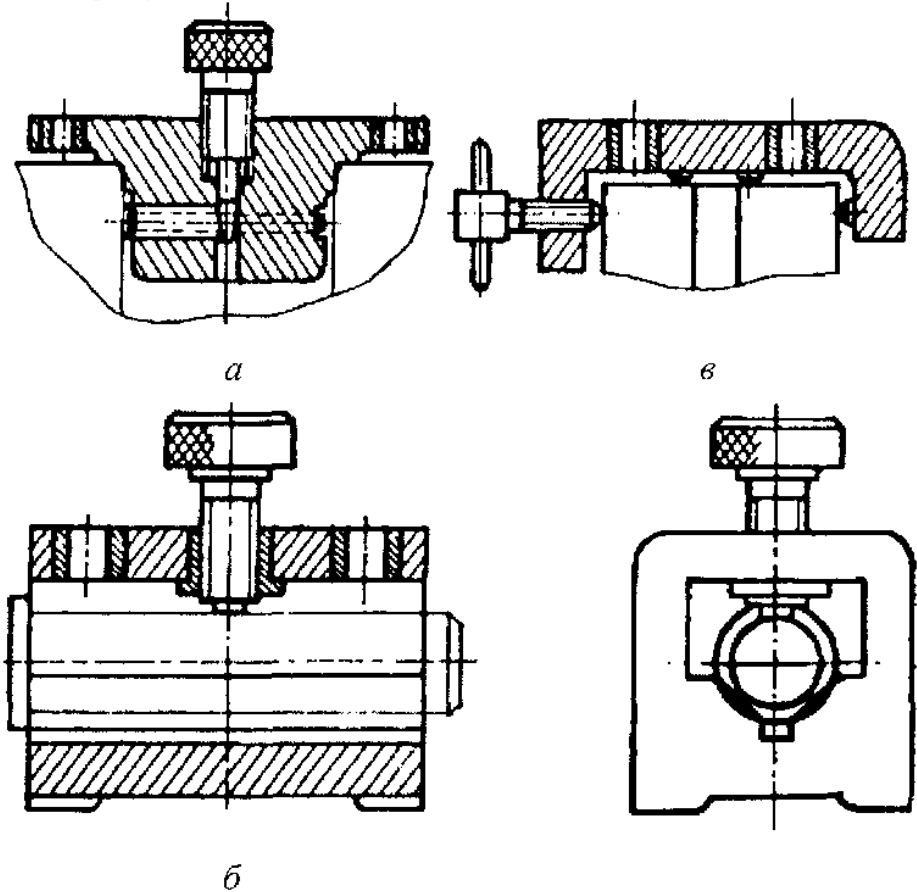


Рисунок 4.3. Схеми кондукторів: а, в – накладних; б – пересувних

Накладні свердильні кондуктори, орієнтовані за базовими отворами та контуром оброблюваної заготовки, показано на рисунку 4.3, а і в. В усіх випадках накладний кондуктор має бути закріплений на заготовці. Такі кондуктори застосовують для свердління отворів у середніх та великих заготовках на радіально-свердильних верстатах.

При послідовному свердлінні дрібних отворів діаметром до 5 мм у невеликих заготовках (з одного або кількох боків) на вертикальному свердильному верстаті застосовують пересувні кондук-

тори (рисунок 4.3, б) або кондуктори, що каптуються (рисунок 4.3, в), які пересувають на столі верстата і утримують рукою в процесі обробки.

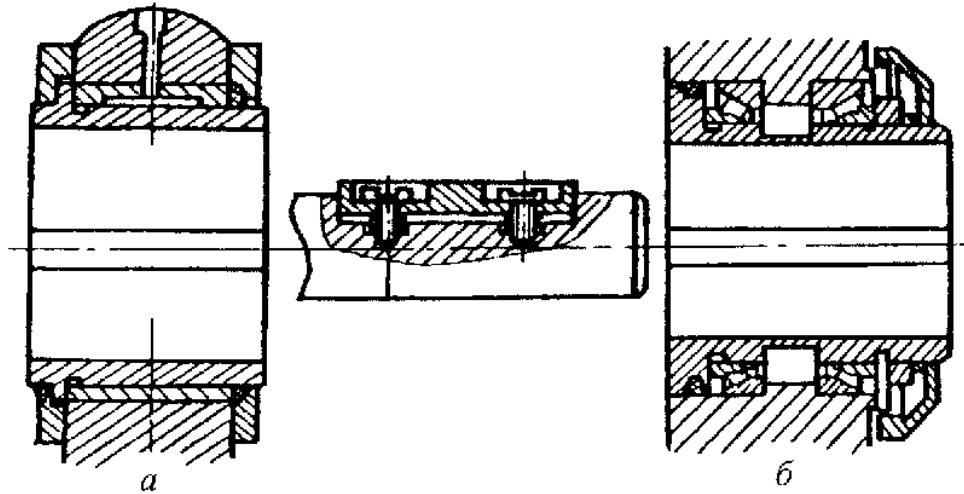


Рисунок 4.4, а, б. Схеми напрямних втулок

Для напрямлення борштанг розточувальних пристроїв використовують нерухомі та обертові втулки. Конструкцію обертової втулки, поверхня ковзання якої захищена, від потрапляння стружки та сторонніх частинок, показано на рисунку 4.4, а, а конструкцію втулки, змонтованої на роликопідшипниках (її недолік – великий діаметр), – на рисунку 4.4, б. В обох конструкціях на внутрішній поверхні втулки є шпонковий паз для примусового обертання втулки. Для поліпшення потрапляння шпонки в паз втулки її виконують зі скошеними краями або плаваючою.

Поширюється застосування кондукторних втулок, змонтованих на голчастих підшипниках. Вони мають невеликий розмір у радіальному напрямі, точні (радіальний зазор – щонайбільше 15 мкм), допускають обробку на високих швидкостях різання і характеризуються стійкістю до спрацювання. На внутрішній поверхні втулки часто передбачають пази для виступаючих різців борштанги.

Приклад розточувального пристрою з двома кондукторними втулками показано на рисунку 4.4, в.

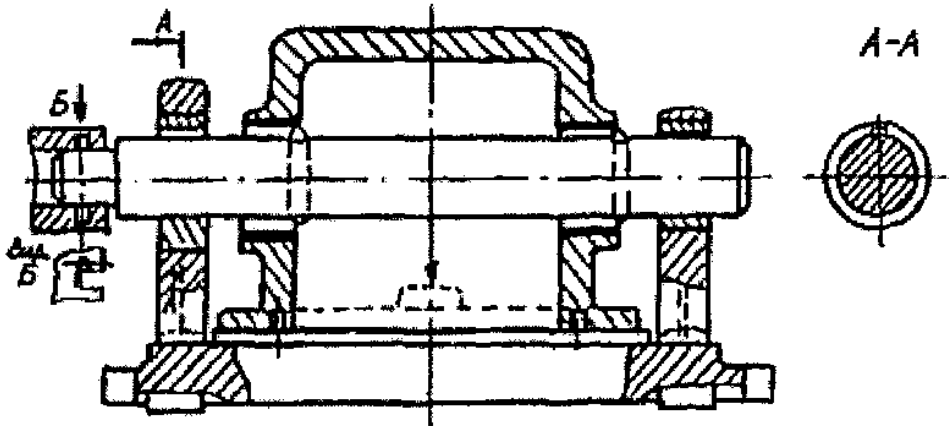


Рисунок 4.4, б. Схема розточувального пристрою

**Копіри** – застосовують при обробці фасонних та складно-профільованих поверхонь. Роль копирів – напрямляти різальний інструмент для одержання заданої траєкторії його руху відносно заготовки. Обробку з копірами виконують на фрезерних, токарних, стругальних, шліфувальних та інших верстатах.

Найзагальнішим випадком обробки з копіром є фрезерування замкненого контуру методом колової подачі. Скріплені заготовки і копір обертаються навколо спільної осі. Відстань між нею та віссю фрези відповідно до профілю копіра змінюється, і одержується потрібний профіль деталі.

Схеми обробки замкненого контуру показано на рисунку 4.5. При обробці за схемою, зображеною на рисунку 4.5а, діаметри ролика 1 і фрези 2 збігаються, тому профіль копіра 3 ідентичний профілю оброблюваної деталі 4. На схемі, зображеній на рисунку 4.5б, діаметр ролика не дорівнює діаметру фрези; у цьому разі профіль копіра є еквідистантою профілю деталі.

На схемі, показаній на рисунку 4.5, в, профіль копіра відрізняється від профілю деталі, оскільки осі ролика і фрези не лежать на одній прямій.

У розглянутих випадках осі ролика і фрези нерухомі. Заготовка і копір встановлені на шпиндель пристрою та обертаються зі сталюю кутовою швидкістю. Стіл вертикально-фрезерного верстата, на якому виконується обробка, не з'єднаний із гвинтом поздовжньої подачі і відтискується в один бік вантажем, пружиною або пневмоциліндром. Сила відтиску має бути достатньою для забезпечення контакту копіра з роликом. За один оберт заготовки стіл верстата здійснює один зворотньо-поступальний рух. У цьому процесі копір виконує роль кулачка.

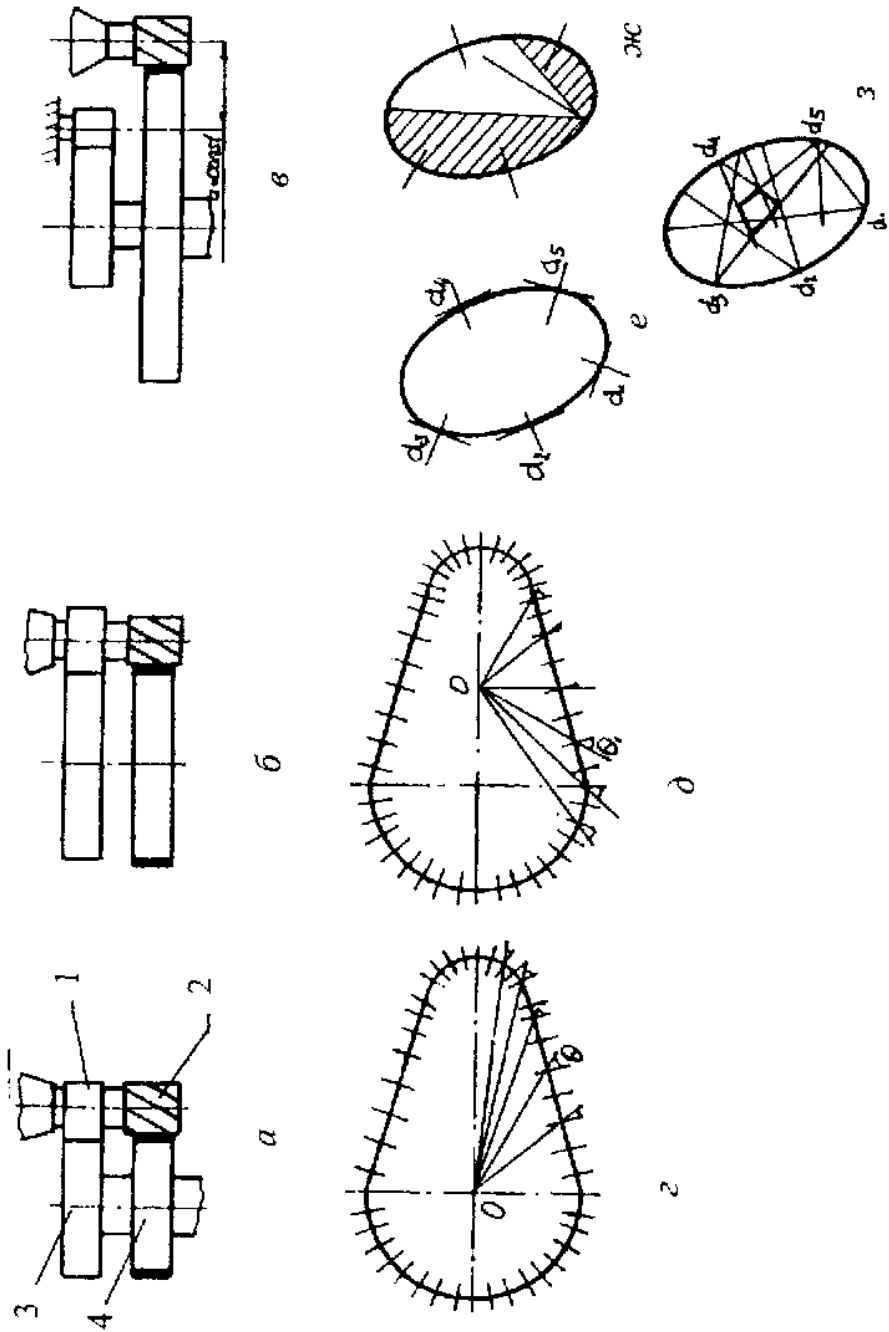


Рисунок 4.5. Схеми обробки замкненого контуру по копіру (а - б) і вибір центра обертання копіра (2 - 3)

Побудова копіра для найзагальнішого випадку (рисунок 4.5, *в*) складається з таких етапів [8].

1. Викреслюють профіль деталі в натуральну величину або в збільшеному масштабі.

2. Вибирають центр обертання заготовки так, щоб кут тиску був мінімальним. Два варіанти вибору центра обертання  $O$  показано на рисунку 4.5, *г, д*. Для випадку, який показано на рисунку 4.5, *г*, кут тиску, утворений між радіальним променем та нормаллю до профілю, у даній точці досягає  $\theta$ .

При переміщенні центра обертання вправо (рисунок 4.5, *д*) кут тиску зменшується до значення  $\theta_1$ .

Для симетричних профілів найвигідніше положення центра обертання  $O$  збігається із центром ваги контуру. Для профілів, які мають вісь симетрії, вісь обертання лежить на цій осі, для складніших профілів центр обертання визначають з умови мінімального кута тиску.

Такий спосіб визначення центра обертання заготовки пов'язаний із рядом пробних геометричних побудов. Для складних профілів можна застосувати інший, графічний метод (рисунок 4.5, *е-з*). Спочатку з окремих точок  $a_1, a_2, a_3, \dots$  до замкненого профілю (чим частіше, тим точніше) проводять нормалі (рисунок 4.5, *е*). Потім в обидва боки від кожної нормалі під кутом  $\theta$  проводять похилі лінії (на рисунку 4.5, *ж* це показано для нормалі, проведеної з точки  $a_1$ ). Зони від цих ліній штрихують. Після проведення похилих ліній по всіх нормалях у середині контура залишається не заштрихована частина у вигляді багатокутника (рисунок 4.5, *з*). Зменшуючи кут  $\theta$ , багатокутник можна звести до точки. Це й буде центр обертання заготовки.

3. Із вибраного центра обертання проводять радіальні промені (рисунок 4.6, *а*), на яких будують кола дотично до профілю деталі. Їх радіус дорівнює радіусу фрези і не повинен перевищувати радіус угнутої частини профілю.

4. Від центрів проведених кіл відкладають відрізки  $a$ . Що дорівнюють відстані між осями ролика 1 і фрези 2.

5. З одержаних точок на радіальних променях проводять кола, які відповідають колам ролика.

6. Розташування кіл ролика з'єднують плавною лінією, яка й є шуканим профілем контура.



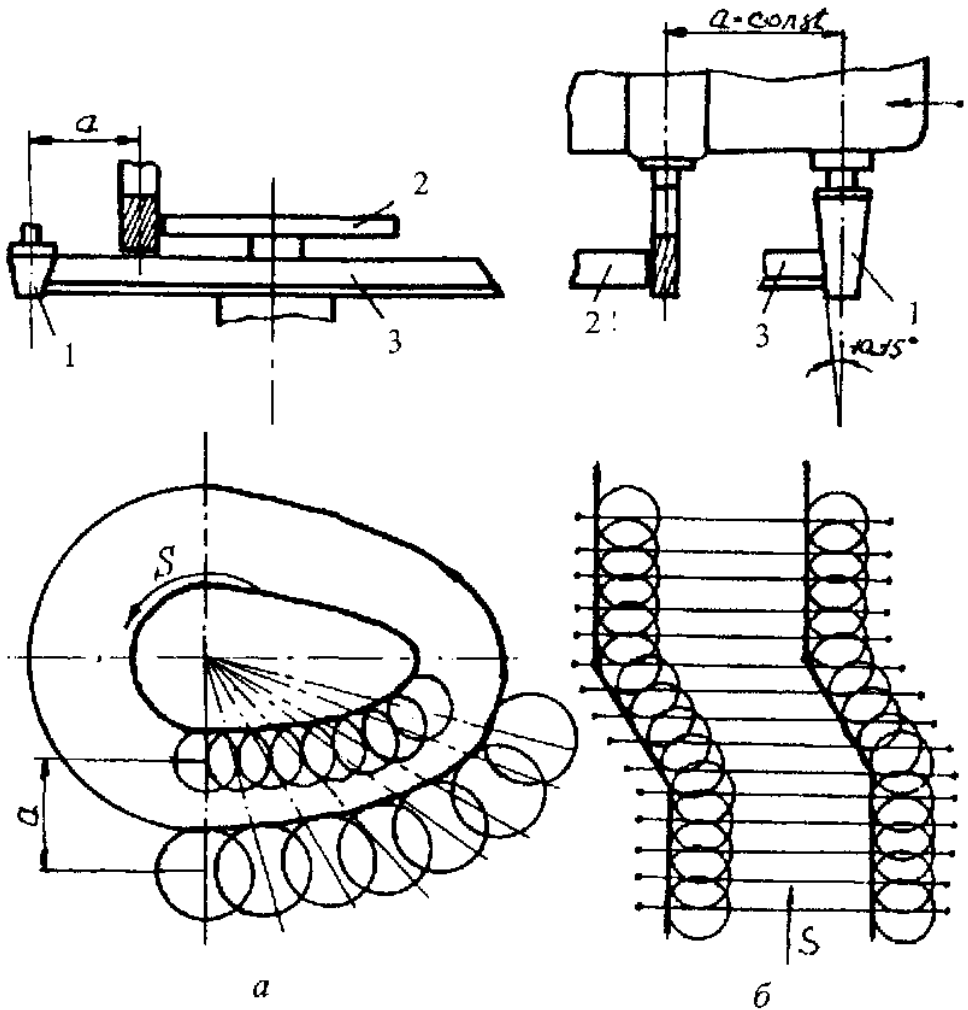


Рисунок 4.6. Схема побудови копіра при обробці подачею:  
 а – коловою; б – поступальною

Якщо побудову виконували в збільшеному масштабі, то наступним фотографуванням можна одержати профіль копіра в натуральну величину.

При обробці незамкнених профілів прямолінійною подачею на копіювально-фрезерних верстатах (рисунок 4.6, б) методика побудови копіра дещо спрощується. Замість радіальних променів перпендикулярно до напрямку подачі проводять кілька паралельних ліній. Положення профілю деталі відносно них має бути таким,

щоб кут тиску був мінімальним. Це досягається пробним поворотом профілю деталі відносно ліній.

Виконуючи наведені етапи, профіль одержують як обгинаючи кіл ролика.

У такий спосіб можна побудувати профіль копіра при обробці тіл обертання на токарному верстаті (у цьому разі коригувати положення твірної відносно пучка паралельних ліній, проведених паралельно напрямку подачі, не можна).

Для компенсації зміни діаметра фрези при її заточуванні ролик доцільно робити конічної форми (рисунок 4.6, б), а на копії 3 виконувати відповідний скіс. Кут між твірною та віссю ролика становить  $10...15^\circ$ . Після заточування фрези ролик переміщується уздовж осі, і розмір деталі залишається сталим.

Копір і ролик виготовляють із високовуглецевої сталі або зі сталі, яку цементують і загартовують до твердості HRC 58...62.

### **Деталі пристроїв для налагодження технологічної системи на витримуваний розмір**

Висотні та кутові установи застосовують для контролю положення інструменту при налагоджуванні та підналагоджуванні верстата. Установи закріплюють на корпусі пристрою: їх еталонні поверхні розташовують нижче оброблюваних поверхонь, щоб не заважати проходженню різального інструменту.

Приклади застосування кутового та висотного установів для фрезерного і токарного пристроїв показано на рисунку 4.7, а, б. Правильне положення інструменту визначають уведенням між установом 1 і різальною кромкою щупа 2 або відведенням інструменту до установка, якщо останній не заважає виконанню операції.

Схему для визначення розмірів установка (еталона) і щупа показано на рисунку 4.7, в і г, де  $b_{\max}$ ,  $b_{\min}$  – розмір, що виконується відповідно максимальний і мінімальний;  $y_{\min}$  – мінімальне пружне відтискання технологічної системи;  $c_{n\min}$ ,  $c_{n\max}$  – налагоджувальний розмір відповідно мінімальний і максимальний;  $\Delta_n$  – похибка налагодження;  $c_{уст}$  – розмір установка;  $\Delta_{уст.інст1}$ ,  $\Delta_{уст.інст2}$  – похибка встановлення інструмента на розмір відповідно за щупом і установом. Для налагодження за допомогою щупа (рисунок 4.7, в) [8]

$$c_{уст} = b_{\min} - y_{\min} - h,$$

де  $h$  – товщина щупа,  $h = 2...3$  мм;  $\Delta_n = \Delta_{уст.інст1} = 0,02...0,03$  мм.

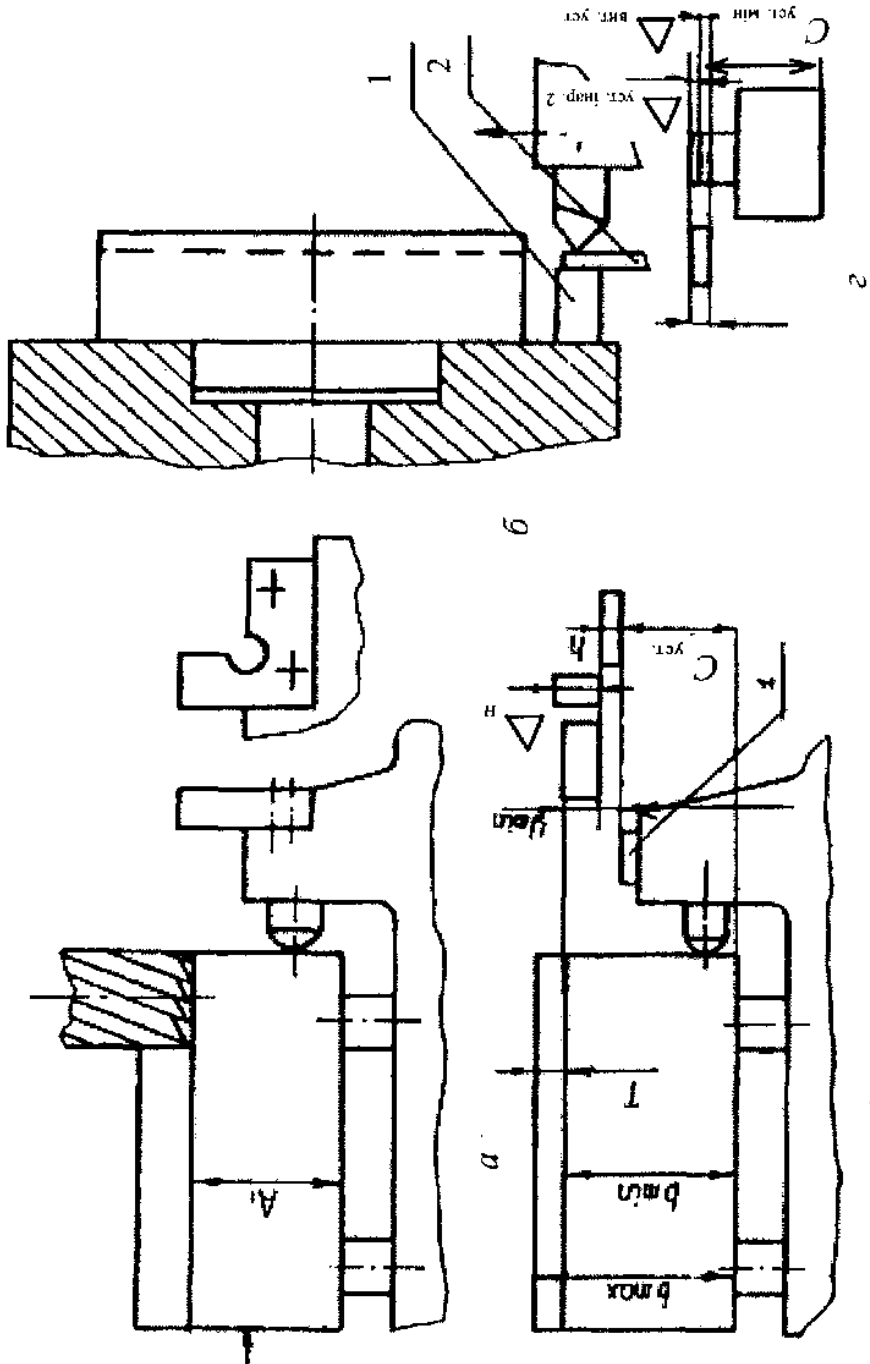


Рисунок 4.7. Приклади застосування установів у пристроях

Для налагодження за допомогою установка без щупа [8]

$$c_{уст.мін} = b_{мін} - y_{мін};$$

$$c_{уст.макс} = b_{мін} - y_{мін} + \Delta_n; \Delta_n = K \sqrt{\Delta_{виг.уст}^2 + \Delta_{уст.інст2}^2},$$

де  $\Delta_{виг.уст}$  – похибка виготовлення установка,  $\Delta_{виг.уст} = 0,01 \dots 0,02$  мм;

$$\Delta_{уст.інст2} = 0,03 \dots 0,04 \text{ мм}; K = 1 \dots 1,2.$$

Установи виконують зі сталі 20Х, цементують на глибину 0,8...1,2 мм і загартовують до твердості HRC 55...60 [14].

При обробці прямолінійних поверхонь зі ступінчастими твірними замість установів застосовують габарити, які є плоскими шаблонами. За еталонними ділянками габаритів встановлюють на розмір різальні інструменти при послідовній і паралельній обробці. Габарити встановлюють на корпусі пристрою або на столі верстата з орієнтацією за Т-подібними пазами.

### Поворотні та ділильні механізми пристроїв

Поворотні та ділильні механізми застосовують у багато-позиційних пристроях для надання оброблюваній заготовці різних положень відносно інструменту. Ділильні механізми складаються з диска, закріпленого на поворотній частині пристрою, і фіксатора. Конструкції фіксаторів показано на рисунку 4.8. Кульковий фіксатор (рисунок 4.8, а) найпростіший, але він не забезпечує точного поділу і не сприймає моменту сил обробки. Його поворотна частина на подальший поділ пересовується вручну до характерного клацання при попаданні кульки в нове заглиблення. Фіксатор із витяжним циліндричним пальцем (рисунок 4.8, б) може сприймати момент від сил обробки, але не забезпечує високої точності поділу через наявність зазорів у рухомих з'єднаннях. У фіксаторах звичайного типу палець із втулкою з'єднується за посадкою H7/g6, а у фіксаторах підвищеної точності – за посадкою H6/h5. В особливо точних конструкціях зазор має бути щонайбільше 0,01 мм [14].

Дещо більшу точність забезпечує фіксатор із конічною частиною витяжного пальця (рисунок 4.8, в), її кут беруть  $\alpha = 15^\circ$ . Фіксатори кнопочного та рейкового типів виконують згідно з державними стандартами. У точних ділильних пристроях фіксатори розвантажують (що підвищує їх термін служби), і рухоми (поворотну)

частину пристрою притискують до нерухомої спеціальними пристроями, підвищуючи жорсткість системи. Для зменшення спрацювання палець і обидві втулки фіксатора виконують із загартованої сталі (HRC 55...60). Конструкцію та основні розміри втулок наведено в державних стандартах.

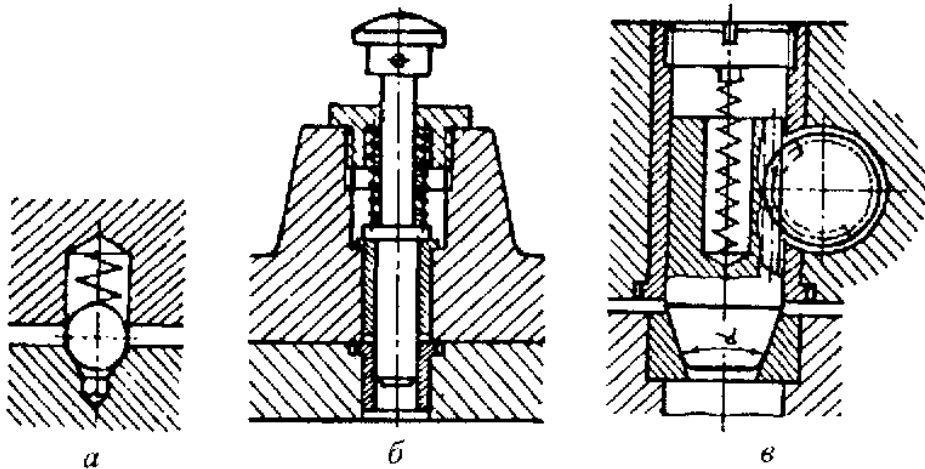


Рисунок 4.8. Конструкції фіксаторів

Фіксатором у найпростіших пристроях керують за допомогою витяжної кнопки, рукоятки, закріпленої на рейковому зубчастому колесі (рисунок 4.8, в), або за допомогою педалі.

В автоматичних пристроях їх поворотна частина обертається і фіксується без участі працівника. Механізми повороту виконують механічними, пневматичними, гідравлічними, пневмогідравлічними. Механічні пристрої мають мальтійські (із зовнішнім або внутрішнім зчепленням), кулачкові, черв'ячні та рейкові механізми. Схему автоматичного пристрою, який застосовують для повороту заготовки на малий крок, показано на рисунку 4.9. Зубчасте колесо 4, яке виконує коливальний рух, надає фіксаторам 5 і 8 зворотно-поступального руху. Скошені краї цих фіксаторів періодично обертають диск 6 в один бік. Коливальний рух зубчастого колеса відбувається від важеля 3 із роликом 2, який під час обробки перекочується по нерухомому копіру 1 у разі зворотно-поступального руху столу 7. Цей пристрій вимикає поворот диска по інерції.

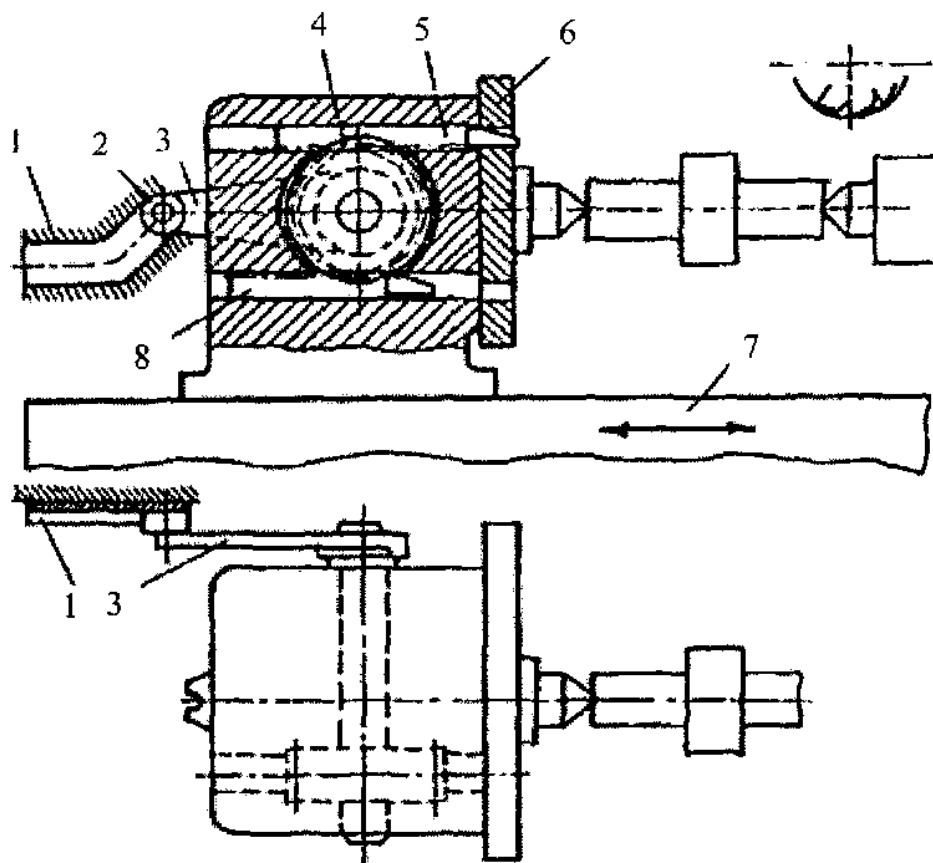


Рисунок 4.9. Схема автоматичного ділильного пристрою

Для повороту та поділу на великий кут використовують мальтійські механізми.

У пристроях для обробки важких заготовок поворотна частина обертається за допомогою електродвигунів, пневматичних або гідравлічних приводів. Для гасіння наприкінці поділу великих моментів застосовують гальмівні пристрої, зблоковані із системою приводу і фіксатором. В окремих конструкціях поворотні частини великих діаметрів мають постійно діючі гальмівні пристрої у вигляді фрикційних колодок або стрічок, натяжний пристрій яких відрегульовано на певний гальмівний момент. При підвищеному опорі обертання поворотних частин їх інерційний момент наприкінці повороту гаситься.

Для зменшення крутного моменту в пристроях з горизонтальною віссю центр ваги поворотної частини (включаючи заготовку) має лежати на осі обертання. Це досягається відповідним комбінуванням пристрою та використанням коригуючих противаг. У пристроях із вертикальною віссю та важкою поворотною частиною застосовують упорні підшипники кочення. Конструкцію стола, в якого верхня частина обертається на кут, потрібний для її піднімання, на звичайному упорному підшипнику показано на рисунку 4.10, б. Піднімання виконують різними механічними пристроями або (як показано на рисунку 4.10, б) пневмоциліндром.

При опусканні стіл сідає на торцеву площину основи і щільно до неї притискується. Конструкцію пристрою іншого типу показано на рисунку 4.10, а. Верхня поворотна частина не має піднімання і лежить на упорному підшипнику великих розмірів. Підшипник забезпечує достатню стійкість поворотної частини і, маючи значну вантажність, дає змогу виконувати обробку з великими осьовими силами.

Використовуючи упорні кулькові підшипники, істотно зменшують момент тертя при обертанні поворотної частини, що дуже важливо при ручному обслуговуванні пристрою [8].

Момент тертя на опорному торці ковзання:

$$M_{\text{тер}} = \frac{1}{3} Gf \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}, \quad (4.1)$$

де  $G$  – вага поворотної частини із заготовкою;  $f = 0,10 \dots 0,15$  – коефіцієнт тертя ковзання;  $D, d$  – діаметр торцевої поверхні ковзання відповідно максимальний і мінімальний.

Для кулькової опори [8]:

$$M'_{\text{тер}} \approx Gf' \frac{d'}{2}, \quad (4.2)$$

де  $f' = 0,002 \dots 0,003$  – умовний коефіцієнт тертя;  $d'$  – діаметр отвору підшипника.

Максимальна маса стола, який можна повернути вручну, якщо силу  $N$  прикладено на радіусі  $D/2$  [8],

$$M = ND/2. \quad (4.3)$$

Позначивши  $K$  замість  $d/D$  і порівнявши, вирази (4.1) і (4.3), дістанемо:

$$G = \frac{2 N}{3 f} \frac{1 - K^2}{1 - K^3}.$$

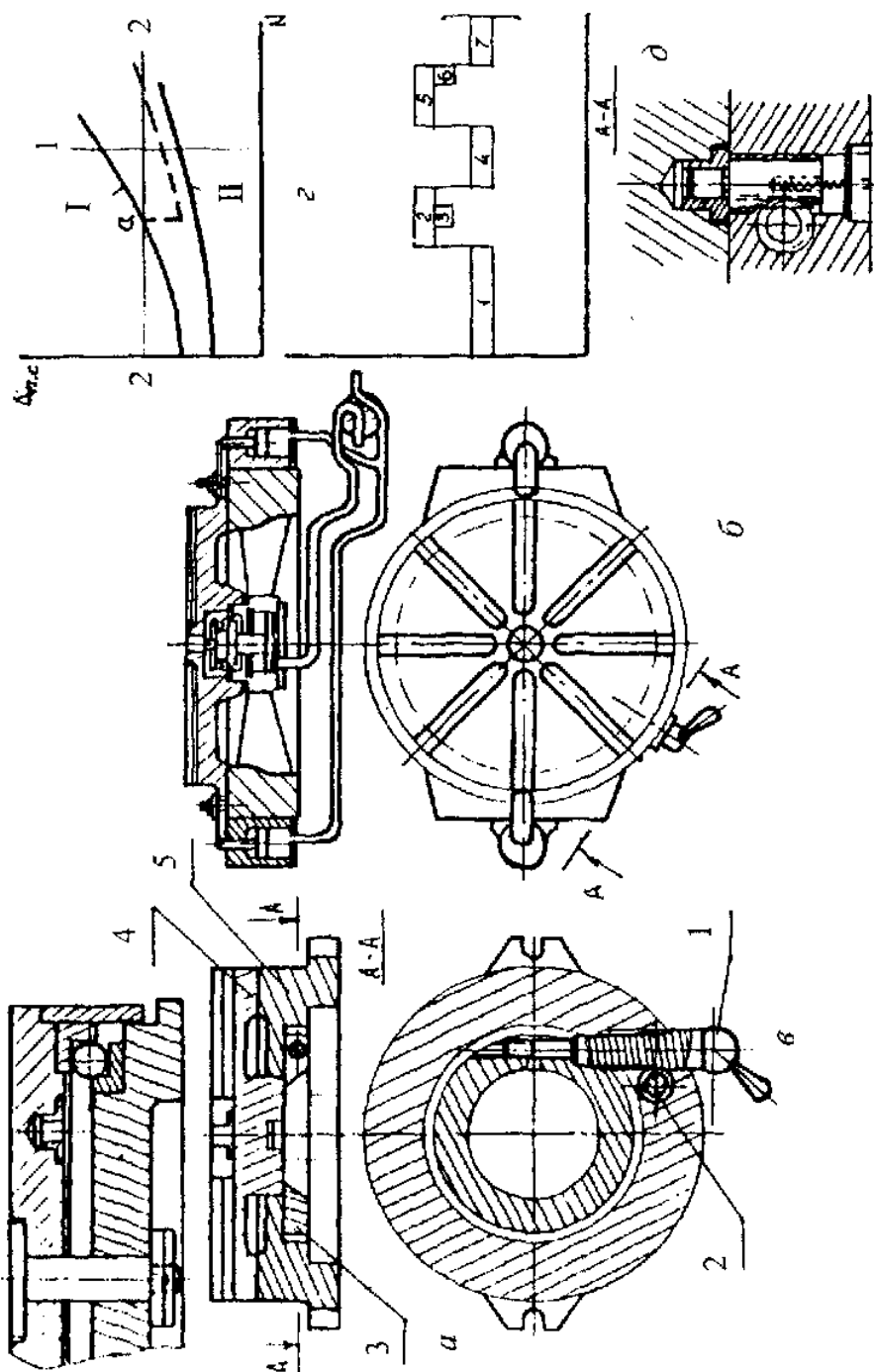


Рисунок 4.10. Конструкції поворотних столів



При  $N = 100 \text{ Н}$  і  $f = 0,15$

$$G = 100 \frac{1 - K^2}{1 - K^3}. \quad (4.4)$$

Із виразів (4.2) і (4.3) для кулькової опори

$$G = ND / f'd'.$$

При  $N = 100 \text{ Н}$  і  $f' = 0,0025$

$$G = 4000D / d \text{ Н}. \quad (4.5)$$

У пристроях для фрезерування та інших видів обробки, коли в процесі різання виникають вібрації, поворотну частину необхідно притискувати до нерухомої. На рисунку 4.10, б показано схему притискного пристрою з двома пневмоциліндрами, які зблоковані з циліндром піднімання стола для його повороту при поділі. Пристрій керується рукояткою.

Схему механічного притискання пристрою, зблокованого з фіксатором, показано на рисунку 4.10, в. При правому обертанні рукоятки 1 уводиться рейковий фіксатор 2 і водночас стискується розрізне кільце 3, притягуючи стіл 4 до основи 5. При обертанні в зворотному напрямі фіксатор виводиться з гнізда і ослаблюється затягування розрізного кільця.

Із розгляду конструкцій бачимо, що ділильні механізми досить складні, містять поворотні механізми з приводом, ділильні пристрої з фіксатором, притискачі, гальма та систему автоматичного керування робочим циклом. До цих механізмів висуваються високі вимоги точності, безвідмовності, довговічності та швидкодії в роботі. Від їх точності залежить точність взаємного розташування оброблюваних на різних позиціях поворотного пристрою поверхонь (співвісність ступінчастих отворів, міжосьові відстані та кутові положення радіальних отворів). З умов обробки деталей сучасних машин часто потрібно забезпечити точність кутового положення стола (планшайби) по колу максимального діаметра в межах  $\pm 0,03 \text{ мм}$ . Така точність має зберігатися тривалий час (35 років). Для нових столів похибка положення стола після його повороту та фіксації [8]

$$\Delta'_{\text{п.с.}} = \sqrt{\Delta_{\text{дл}}^2 + \Delta_{\text{фік}}^2}, \quad (4.6)$$

де  $\Delta_{\text{дл}}$ ,  $\Delta_{\text{фік}}$  – похибка відповідно поділу та фіксатора;  $\Delta_{\text{дл}}$  визначається похибками: діаметра отворів ділильного диска; розташування їх по куту та радіусу; форми їх поверхонь; неперпендику-

лярності отворів до дзеркала столу;  $\Delta_{\text{фікс}}$  визначається похибками: діаметра фіксаторів і втулки; неперпендикулярністю фіксатора до дзеркала стола.

При сучасному рівні виробництва досягається  $\Delta_{\text{діл}} = 0,025$  мм і  $\Delta_{\text{фікс}} = 0,02$  мм. Тоді на радіусі розташування отворів під фіксатор  $\Delta_{\text{п.с.}} = 0,03$  мм.

Робота багатьох ділільних механізмів наприкінці повороту супроводжується ударами, які сприймаються фіксаторами. Це спричинює спрацювання та перекоси фіксатора, що знижує точність ділення. З урахуванням цього похибка положення стола [8]

$$\Delta_{\text{п.с.}} = \sqrt{\Delta_{\text{діл}}^2 + \Delta_{\text{фікс}}^2} + a N^k,$$

де  $a$  – коефіцієнт, який залежить від конструкції ділільного механізму і визначається експериментально,  $a = (0,5 \dots 3) \cdot 10^{-5}$ ;  $N$  – кількість поворотів стола, який дорівнює кількості заготовок, помноженій на кількість поділок;  $K$  – показник степеня, який визначають експериментально,  $K = 1 \dots 1,3$ .

Крива I на рисунку 4.10, з характеризує неякісно виготовлений ділільний механізм, що швидко втрачає точність, крива II відповідає точнішому і конструктивно кращому механізму. При заданій програмі випуску виробів (лінія 1–1) значення  $\Delta_{\text{п.с.}}$  не перевищує допустимого (лінія 2–2). При варіанті I для тих самих умов необхідно ремонтувати механізм (точка  $a$ ) [8]. Довговічність ділільного механізму підвищується, зокрема, завдяки застосуванню подвійного фіксування стола – попереднього й остаточного. Перше здійснюється мальтійським механізмом, а друге – циліндричним фіксатором. Мальтійський механізм сприймає в кінці повороту більші інерційні моменти, забезпечуючи сприятливі умови роботи циліндричного фіксатора.

Для підвищення продуктивності виконання елементів робочого циклу слід суміщувати за часом. Циклограму роботи круглого столу з частковим суміщенням (перекриттям) елементів циклу показано на рисунку 4.10д [8]: 1 – обробка; 2 – виведення фіксатора; 3 – відтиск столу; 4 – поворот столу; 5 – уведення фіксатора; 6 – затиск столу; 7 – обробка на наступній позиції тощо.

## Корпуси пристроїв

Корпус з елементом, який об'єднує в єдину конструкцію окремі частини пристрою. Корпус сприймає всі сили, які діють на заготовку в процесі її закріплення та обробки, тому має бути достатньо міцним, жорстким і вібростійким. Крім того, корпус має бути зручним для очищення від стружки і відведення охолоджуючої рідини, забезпечувати швидке та зручне встановлення і знімання заготовок, а також встановлення і закріплення пристроїв на верстаті без вивірки. Крім того, корпус має бути простим у виготовленні, забезпечувати безпеку роботи (неприпустимі гострі кути і малі просвіти між рукоятками і корпусом, які можуть спричинити затиск рук робітника).

Очевидно, що пристрій впливає на утворення похибки обробки допусками монтажних розмірів, які визначають взаємне розташування установчих елементів та основні бази пристрою, а також установчих елементів і елементів для напрямлення та визначення положення інструментів. Основна база пристрою – це завжди сукупність поверхонь корпусу, які використовують для правильної орієнтації його відносно верстата (наприклад, торець і циліндрична виточка в корпусі токарного патрона для встановлення його на шпindelь або планшайбу верстата). Установчі елементи для напрямлення та визначення положення інструментів у більшості випадків також встановлюють на корпусі, для чого останній повинен мати відповідні бази. Очевидно, що призначена при проектуванні та досягнута при виготовленні точність розмірів, яка визначає положення на корпусі зазначених трьох груп баз, відіграє важливу роль в утворенні похибки обробки.

Конфігурація і розміри основної бази корпусу пристрою зумовлені потребою забезпечити якомога більшу стійкість пристрою на верстаті без вивірки. Стійкість пристрою забезпечується переривчастістю основної бази, унаслідок чого локалізуються в певних межах місця контакту її з установчими поверхнями верстата.

Наприклад, у корпусі свердлильного пристрої в усіх варіантах його виготовлення (рисунок 4.11, а–г) основна база виконана у вигляді площин опорних ланок. При цьому зменшується вплив макроеометричних похибок базової площини корпусу і площини столу на стійкість пристрою.

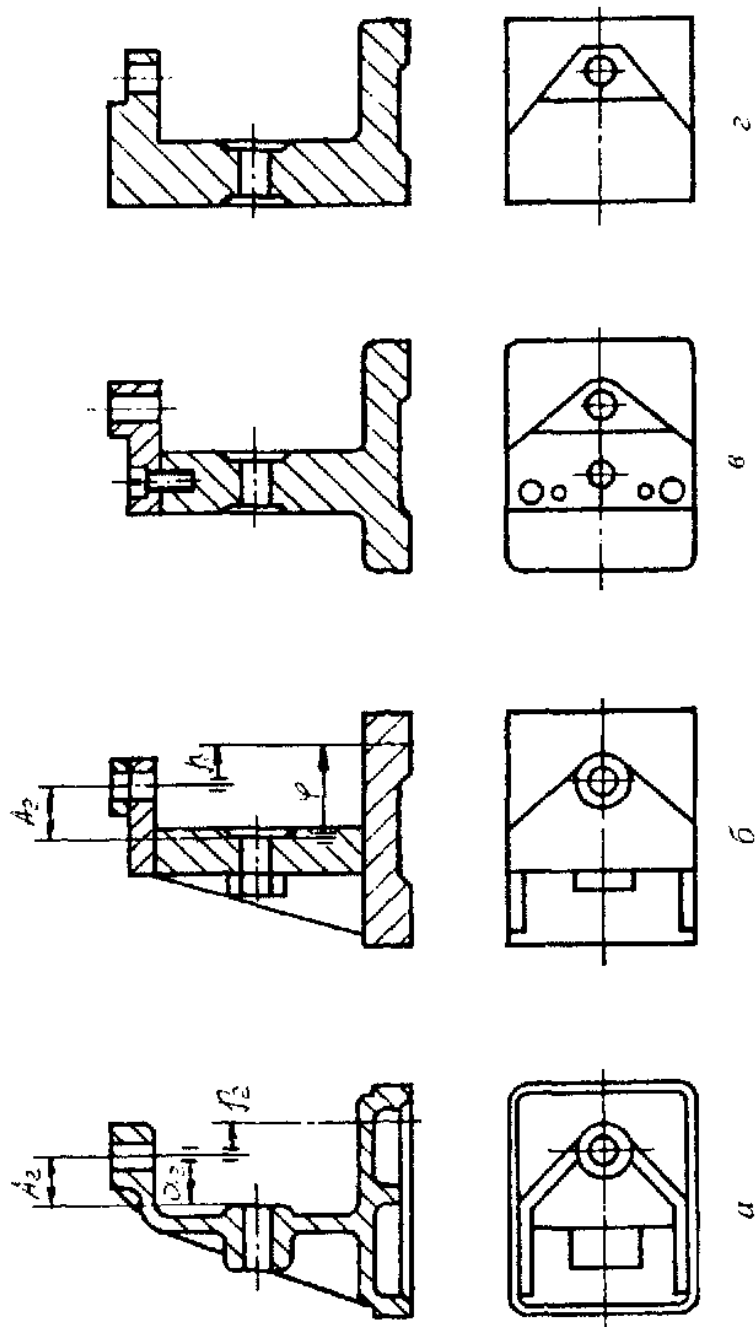


Рисунок 4.11. Варіанти виготовлення корпусу кондуктора: *a* – виливаного; *б* – зварюваного; *в* – збірного; *г* – каваного (після зняття напусків та припусків)

Для встановлення пристрою на верстат без перевірки конфігурація та розміри основної бази корпусу мають бути виконані відповідно з посадочними місцями верстатів.

Наприклад, для токарних патронів основна база залежить від конструкції та розмірів кінця шпинделя. Для фрезерних пристроїв основною базою, як правило, є опорні площини та шпонки або пальці, які входять у Т-подібний паз столу і забезпечують паралельність осі пристрою відносно напрямку подачі стола (рисунок 4.12, в).

Пристрої на столі верстата звичайно закріплюють болтами, які вставляють у Т-подібні пази стола. В умовах серійного виробництва при частій зміні пристроїв на верстаті це закріплення має бути зручним та швидковиконуваним. У варіанті закріплення пристрою на верстаті, показаному на рисунку 4.12, а, корпус має полички, по яких пристрій закріплюють прихватом. У варіанті, зображеному на рисунку 4.12, б, пристрій закріплено зручніше, але для цього при конструюванні корпусу потрібно передбачити виливані вушка для кріпильних болтів.

Важливим питанням при конструюванні корпусу є забезпечення зручного очищення від стружки та відведення мастильно-охолоджуючої рідини. Для цього необхідно уникати заглиблень і важкодоступних місць, а також передбачати спеціальні похилі площини (рисунок 4.12, г). Кут нахилу площин рекомендується виконувати таким, що дорівнює  $40^\circ$  при необроблених (виливаних) поверхнях корпусу, і  $35^\circ$  – при оброблених. При роботі з мастильно-охолоджуючими рідинами залежно від їх кількості та в'язкості ці кути можуть бути збільшені до  $50^\circ$  або зменшені до  $25 \dots 30^\circ$ .

Найважливішими вимогами до корпусу є простота і якомога менша вартість його виготовлення. Конструктивні форми корпусів різноманітні. Корпуси можуть бути виконані у вигляді прямокутної плити, планшайби, косинця, тавра, корита тощо.

Заготовки для корпусів можна отримувати виливанням, зварюванням, куванням, різанням із сортового матеріалу, а також складанням з окремих елементів.

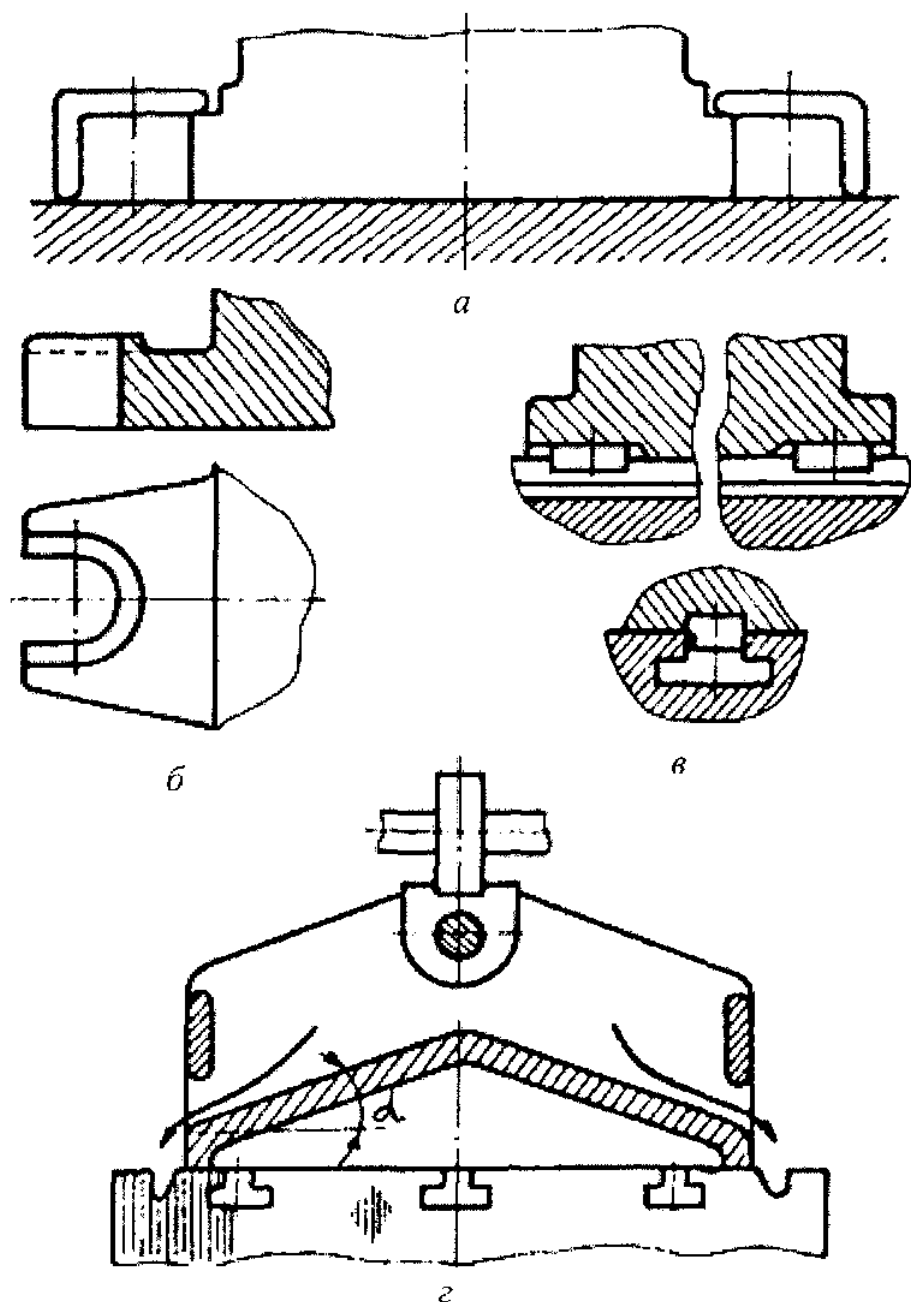


Рисунок 4.12. Варіанти закріплення корпусу на столі верстата (а-б) і схема корпусу пристрою з відведенням МОР і стружки (з)

Виливанням виготовляють корпуси великих розмірів і складної конфігурації; при цьому можна одержати заготовки мінімальними за масою, але з великою жорсткістю, і водночас такими, що потребують мінімальної механічної обробки. Проте процес їх виготовлення довготривалий. Вилиті заготовки виготовляють із чавуну СЧ12-28, СЧ15-32. В окремих випадках використовують легкі сплави на алюмінієвій або магнієвій основі.

Зварюванням також можна одержати корпуси складної конфігурації. Вони можуть бути виготовлені швидше і дешевше, але поступаються виливаним зовнішнім виглядом. Крім того, зварювання спричинює деформацію корпусу, а внутрішні напруження, які виникають унаслідок цих деформацій, впливають на точність пристрою. Для зварюваних конструкцій використовують сталь марки СТЗ і сталь 25, які добре зварюються.

Куванням і різанням сортового матеріалу одержують корпуси невеликих розмірів простої конфігурації.

Для збірних корпусів можна використовувати заготовки найпростіших форм, але при цьому збільшується обсяг механічної обробки і знижується жорсткість (за рахунок додаткових стиків).

При будь-якому способі виготовлення корпусу його оброблювані поверхні намагаються виконати так, щоб вони виступали над необроблюваними для зменшення обсягу та спрощення механічної обробки.

Варіанти конструктивного оформлення корпусу свердлильного пристрою залежно від способу його виготовлення показано на рисунку 4.11.

Велике значення для зниження вартості виготовлення пристрою і скорочення термінів його виготовлення має стандартизація корпусів та їх заготовок.

Через велику конструктивну різноманітність корпусів їх надзвичайно важко стандартизувати, це можливо лише в певних межах (наприклад, корпуси скальчастих кондукторів). Набагато більший ефект дає стандартизація заготовок корпусів. З єдиної стандартної заготовки шляхом знімання „зайвого” металу можна одержати досить багато корпусів різних форм. Вартість корпусу при виготовленні зі стандартної заготовки знижують різким зменшенням вартості останньої при можливому відносно невеликому збільшенні тривалості механічної обробки.

Конструктивно складніші корпуси можна виготовляти зі стандартних елементів шляхом складання. Самі елементи досить широко стандартизовані.

Отже, при проектуванні корпус пристрою для досягнення найменшої його вартості має „вписатися” в стандартну заготовку або має існувати можливість складання корпусу пристрою з мінімальної кількості стандартних елементів.

Корпуси верстатних пристроїв для робіт з невеликими силами різання можна виконувати з епоксидних смол виливанням у разові форми з гіпсу, картону або пластиліну. Після 10–12-годинної витримки при кімнатній температурі процес тверднення епоксидного компаунду завершується. Тривалість тверднення можна довести до 4...6 год при нагріванні виливка до температури 100...120° С. Міцність корпусу підвищують уведенням у смолу наповнювача (скловолокна, залізного порошку) або металевої арматури. Межа міцності епоксидних компаундів на розтяг (без арматури) – 60 МПа і на стиск – до 150 МПа. Епоксидні компаунди мають добру адгезію до металів, проте елементи, які заливають, мають бути добре знежирені промиванням в ацетоні, лужних ваннах або пропалені на газовому полум’ї. Окремі деталі (втулки, планки, шпильки) встановлюють у виливану форму і заливають у корпус під час його виготовлення. Корпуси з епоксидних компаундів легкі, міцні, стійкі проти спрацювання, добре гасять вібрації, їх виготовляють із мінімальною механічною обробкою. Розміри корпусів тривалий час не змінюються завдяки малій усадці епоксидних компаундів (0,05–0,1%) [8]. В окремих випадках невеликі корпуси у вигляді прямокутних або квадратних плит чи планшайб виготовляють із текстоліту. Вони легкі та стійкі проти спрацювання.

Варіант виготовлення корпусів пристроїв добирають залежно від умов експлуатації, термінів, собівартості та технології.

### **Залитання для самоконтролю**

1. Для чого призначені напрямні та налагоджувальні деталі пристроїв? Їх види.

2. Типи кондукторних втулок.

3. Які вимоги висуваються до кондукторних втулок при їх виготовленні?

4. Які посадки призначаються в з’єднаннях: інструмент – кондукторна втулка; кондукторна втулка – гніздо кондукторної плити?

5. Способи фіксації та закріплення кондукторних плит.

6. Особливості конструкції кондукторних втулок для напрямлення борштанг.



7. Які існують схеми обробки замкненого контуру по копіру? Їх переваги та недоліки.
8. Які вимоги висуваються до копіїв при їх виготовленні?
9. Основні етапи побудови копіра.
10. У чому полягає суть графічного методу побудови профілю копіра?
11. Наведіть приклади застосування кутових та висотних установів.
12. Які вимоги висуваються до установів при їх виготовленні?
13. Накресліть схему для визначення розмірів установів. Запишіть формули для визначення допусків у загальному вигляді.
14. Для чого призначені поворотні та ділильні механізми пристроїв? Їх склад і різновиди.
15. Накресліть основні схеми фіксаторів, їх переваги і недоліки.
16. Які вимоги висуваються до фіксаторів і втулок при їх виготовленні?
17. Як відбувається керування фіксатором у найпростіших та автоматичних пристроях?
18. Особливості конструкцій механічних пристроїв для повороту заготовки. Наведіть приклади.
19. Для чого призначені гальмівні механізми поворотних частин пристроїв? Основні типи гальмівних механізмів для круглих поворотних столів.
20. Для чого призначені притискачі круглих столів? Основні способи притискання поворотної частини столу.
21. Які вимоги висуваються до ділильних механізмів?
22. Основне призначення корпусу пристроїв.
23. Які вимоги висуваються до конструкції корпусу.
24. Які вимоги висуваються до корпусу при його виготовленні?
25. Які матеріали і заготовки використовують для корпусів?

# ТЕМА

# 5

## Пристрої для токарних та шліфувальних центрових верстатів

### 5.1. Типи пристроїв

Обробка на верстатах цієї групи провадиться при різному встановленні заготовок: в центрах, в патроні, на супорті і на станині верстата. Тому і пристрої для цих верстатів можна поділити на групи.

**До першої групи** відносяться пристрої для обробки в центрах. Основними елементами пристроїв цієї групи є центри (передній і задній), на які встановлюються оброблювані заготовки; повідкові пристосування, якими деталь приводиться в обертання в процесі обробки; люнети, які охороняють заготовки від деформації і вібрації під дією сил різання; центрові і розтискні оправки, пальці тощо.

**До другої групи** відносяться універсальні і спеціальні патрони і шланшайби, які забезпечують надійне встановлення і закріплення оброблюваних заготовок на шпинделі передньої (іноді і задньої) бабки верстата.

**До третьої групи** відносяться спеціальні конструкції пристроїв за допомогою яких виконуються операції, які потребують, наприклад одночасного повздовжнього і поперечного руху інструмента (пристрої для обробки конічних, сферичних та інших складних поверхонь).

Крім цих пристроїв для верстатів, необхідно виготовляти різні пристосування, які складають групу допоміжного інструмента і які включають спеціальні інструментальні налагодження різцетримачі, головки і под. Іноді необхідно виготовляти пристрої до верстату для виконання такої роботи, для якої даний верстат не призначений.

## 5.2 Кінці шпинделів токарних верстатів

При проектуванні патронів, оправок та інших пристроїв, що обертаються, необхідно мати точні відомості про конструкцію і розміри переднього кінця шпинделя верстата. У більшості верстатів токарної групи шпинделі виконано за державними стандартами і мають кінець з centruючим пояском і нарізкою (рисунок 5.1. а). Центрування пристроїв на таких шпинделях виконується по посадках  $H7/j_5$  чи  $H7/h_6$ . На рисунку 5.1. б показано кінець шпинделя з конічною напрямною, яка забезпечує більш точне центрування. На деяких верстатах застосовуються кінці, що показано на рисунку 5.1. в; перехідний фланець 3 пристрою centruється конусом 1 зі шпонкою 2, а затягується гайкою 4.

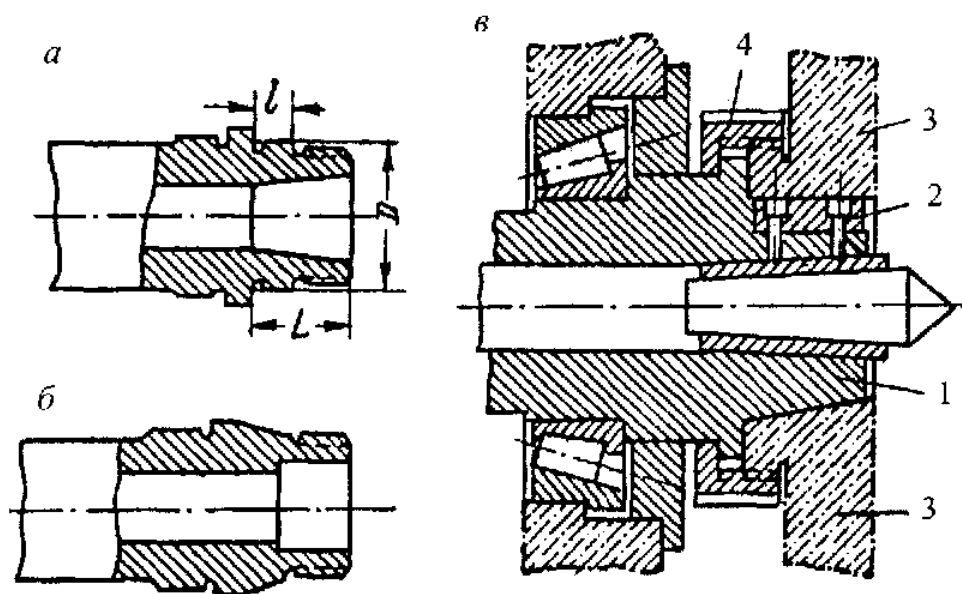


Рисунок 5.1. Різновиди кінців шпинделів токарних верстатів

В нових верстатах застосовуються фланцеві кінці шпинделів з centruючим конусом. Фланці нормального виконання А (рисунок 5.2) мають дев'ять розмірів з номінальним зовнішнім діаметром від 95 до 725 мм; фланці для швидкозмінних патронів (виконання Б) мають шість розмірів з діаметром від 100 до 285 мм.

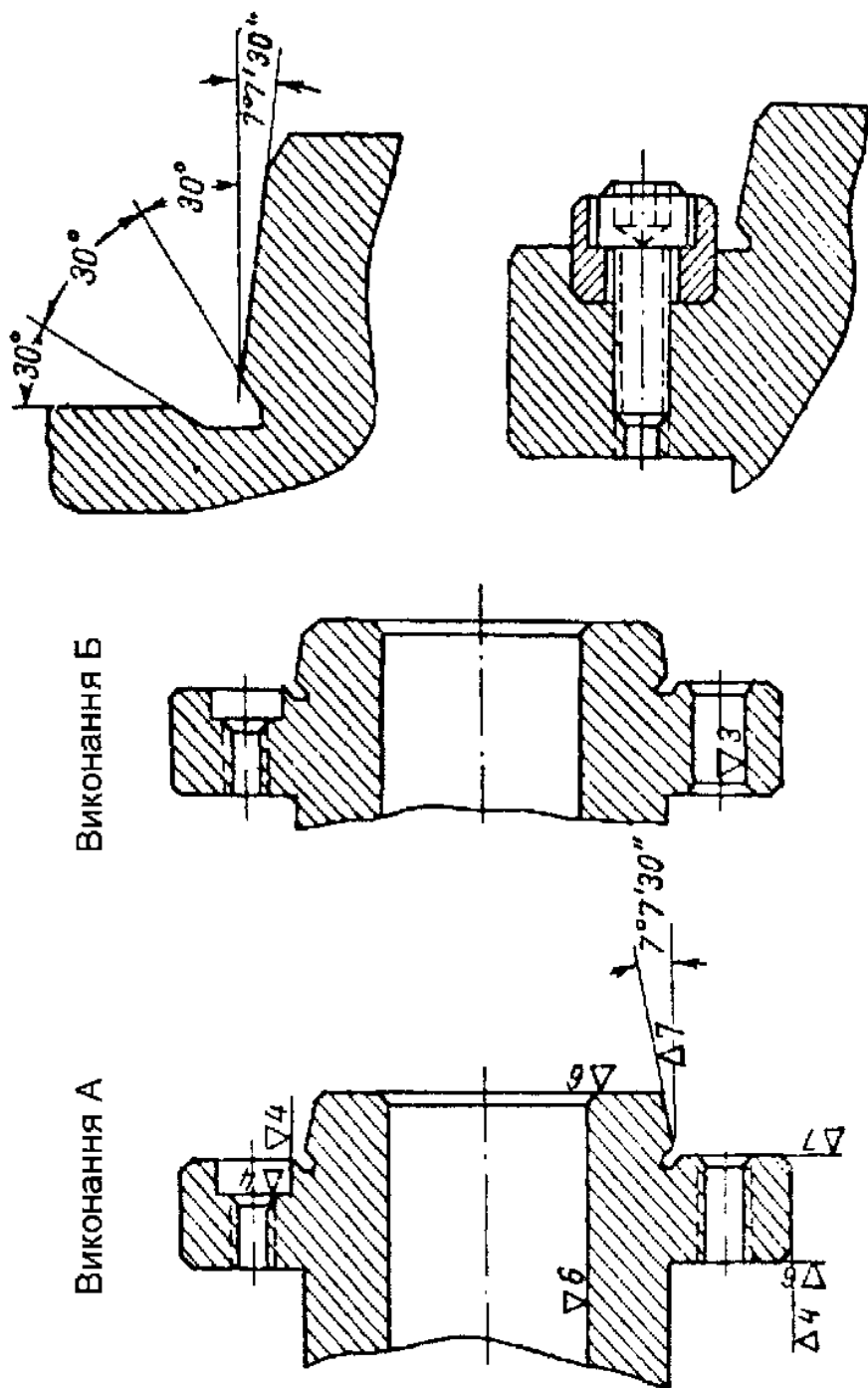


Рисунок 5.2. Фланцеві кінці шпindelів з центруючим конусом

Кулачкові патрони, планшайби та інші великі пристрої встановлюються на кінцях шпинделів за допомогою перехідних фланців; невеликі патрони і оправки закріплюються в конусному гнізді шпинделя.

Розміри перехідних фланців як для шпинделів з нарізкою, так і для фланцевих шпинделів регламентовано державними стандартами. Перехідні фланці мають центруючий буртик, сполучення корпусу пристрою з центруючим буртиком фланця виконується по посадках  $H7/j_6$  або  $H7/h6$ .

### 5.3. Пристрої першої групи

#### Центри

Конструктивні різновиди центрів показано на рисунку 2.15. Матеріал з якого вони виготовляються, вимоги по термічній обробці та особливості встановлення на них заготовок описано в (п. 2.5).

Відомо, що умови роботи переднього і заднього центрів різні. Передній сприймає навантаження, які викликають в його поперечних перерізах нормальні напруги згинання і стискання та дотичні напруги зрізу (від сили ваги оброблюваної заготовки, від сил різання та від відцентрових сил інерції). Напруги згинання і зрізу змінюються по симетричному знакозмінному циклу. А напруги стискання – по постійному циклу. В перерізах заднього центра, внаслідок його нерухомості, крім вказаних напруг, виникають дотичні напруги кручення від моменту тертя між центром і оброблюваною заготовкою, але змінюються всі ці напруги не по симетричному, а по пульсуючому знакозмінному циклу. Крім цього, задній центр (його робочий конус) піддається значному зношуванню під дією заготовки, що на ньому обертається. При цьому зношується і центровий отвір заготовки, що викликає певні похибки обробки поверхонь заготовок. При великих швидкостях обертання розігрівається задній центр і кінець заготовки, що на ньому розміщений, а це може призвести до прискорення зношування центра та ще більших похибок обробки.

Для зменшення цих похибок задні центри виготовляють з міцних високовуглецевих сталей і піддають загартуванню до високої твердості. Іноді застосовують середньовуглецеву сталь з наплавленням твердого сплаву чи хромуванням робочого конусу. Крім того, для зменшення похибок застосовують центри, що обертаються.

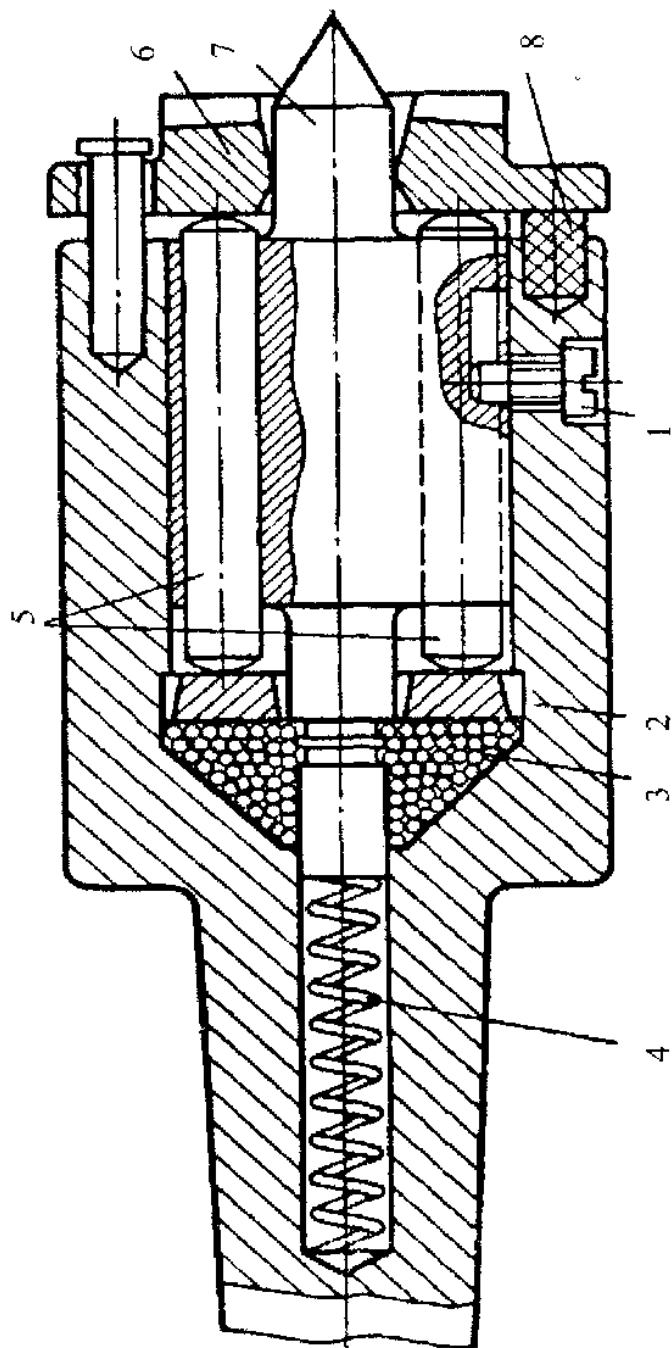


Рисунок 5.3. Конструкція плаваючого центра

Центри, що обертаються, повинні надійно сприймати осьові і радіальні сили і мати мінімальний виліт, можливість регулювання підшипників і шліфування конусу після складання, добре машення, достатню стійкість проти радіальних коливань, можливість компенсації подовження оброблюваної заготовки від нагрівання і, крім того, мають бути зручними при складанні.

Розглянемо деякі конструкції центрів, які більш-менш задовольняють вищезгаданим вимогам.

**Плаваючий передній центр** – показано на рисунку 5.3. Цей центр забезпечує не тільки правильне встановлення вала на центр і фіксацію в осьовому напрямку, але й виконує одночасно функції повідкового пристосування, який обертає вал в процесі обробки.

Пружина 4 висуває центр вправо до упора 1. Оброблювана заготовка при встановленні на центр переміщує його вліво коли заготовка дійде до повідкової шайби 6, остання стисне гумові пробки 8 і перемістить плунжери 5, які діють на кільце 2, за яким розміщено кульки 3. Якщо установчий торець оброблюваної заготовки недостатньо суворо перпендикулярний до осі заготовки, повідкова шайба 6 змінює положення, повертаючись майже без тертя на центрі і без зсуву у поперечному напрямку. Плунжери 5 при цьому за допомогою кульок 3 самоустановлюються, утримуючи повідкову шайбу в необхідному положенні, не порушуючи встановлення оброблюваної заготовки на центрі 7.

**Кульковий обертаючий задній центр** (рисунок 5.4) – складається з корпусу 1 з конусом Морзе, яким він закріплюється в пінолі задньої бабки токарного верстата; накидної гайки 3; контргайки і чотирьох кульок 4.

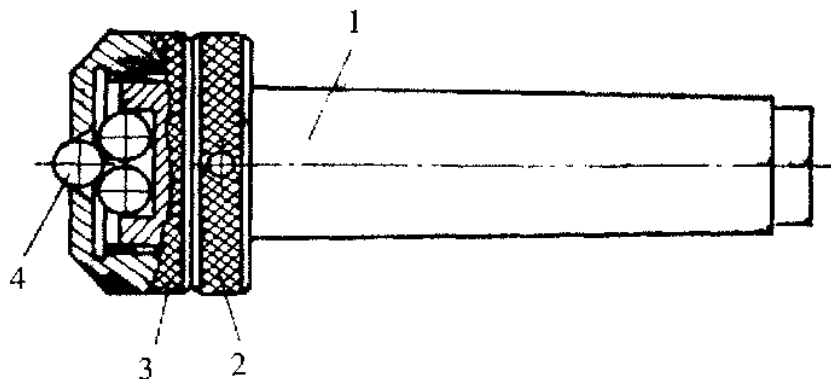


Рисунок 5.4. Кульковий обертаючий центр

В корпусі центра є циліндричний глухий отвір, в якому розмішуються три кульки, які є опорою для четвертої базової кульки. Щоб кульки не випадали, отвір закрито накидною гайкою, яка має центральний отвір трохи менший за діаметр кульки. Контргайка служить для фіксації накидної гайки.

Центр встановлюється в піноль задньої бабки і підводиться до оброблюваної заготовки. Після цього провадиться зміщення задньої бабки. Заготовка фіксується по центру осі обертання не конусом, як звичайно, а за допомогою кульки, що виходить з накидної гайки. Така фіксація забезпечує високу точність обробки заготовки і не псує центровий отвір, оскільки кулька обертається разом з заготовкою. Наявність базової кульки дозволяє зміщувати вісь обертання оброблюваної заготовки без порушення якості обробки при проточуванні невеликих конусів.

**Підпружинений задній центр** (рисунок 5.5) – застосовується з пристосуванням для дроблення стружки, закріплюється на шпинделі токарного верстата і надає заготовці коливальний рух. У якості пружної ланки в центрі застосовано пакет стандартних тарілчастих пружин 9 динамічної дії, встановлений між внутрішніми торцями бронзового стакану 11 і корпуса 10. В стакані на кінцевому підшипнику 6, кульковому упорному підшипнику 8 і в бронзовій втулці 12 змонтовано обертаючий стержень 1 з центровим конусом. Зазори в підшипниках вибрано за допомогою компенсаційного кільця 7 і гайки 5, загвинченої в стакан. З переду центру закрито кришкою 3, яка закріплена гвинтами 2, і ущільнена повстяним сальником 4, ззаду – гайкою 13. Ця гайка охороняє торець хвостовика від пошкодження при вибиванні патрона з пінолі задньої бабки.

### Технічна характеристика

Сила попереднього стискання пакету тарілчастих пружин, Н	196
Сила стискання пакету тарілчастих пружин при затисканні заготовки, Н	200–392
Гранична сила стискання пакету тарілчастих пружин, Н	3000
Хід стакану в корпусі, мм	5
Габаритні розміри, мм:	
діаметр	112
довжина	260
Маса, кг	1,2



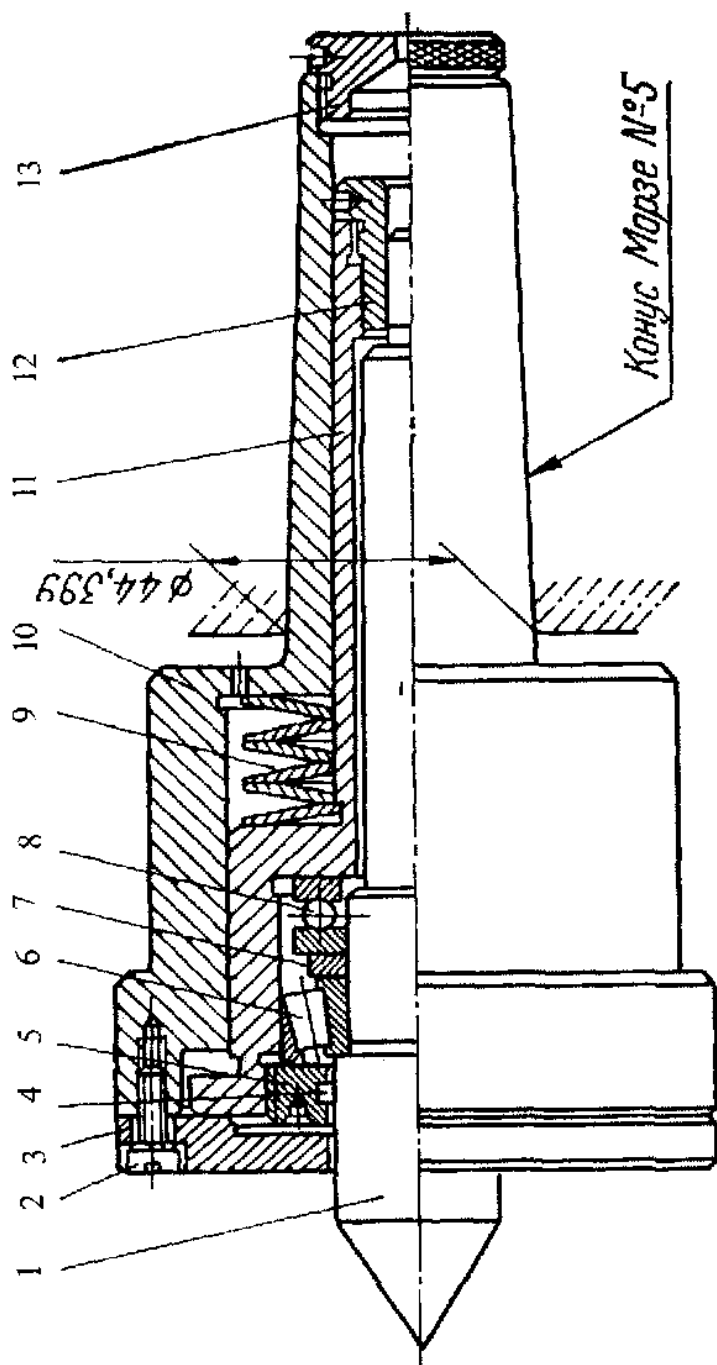
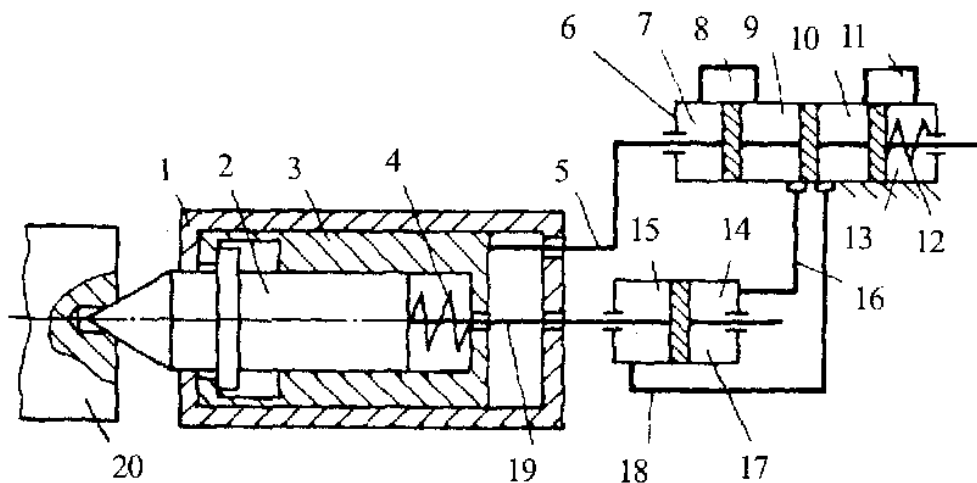


Рисунок 5.5. Підпружинений задній центр

Описаний центр застосовано на токарних верстатах з ЧПК при обробці довгих валів. Застосування такого центра підвищує продуктивності праці і безпеку, а також забезпечує умови для утилізації і транспортування стружки.

**Центри з постійною силою затиску заготовки.** На токарних верстатах при обробці деталей в центрах заготовку звичайно притискують заднім центром вручну, користуючись рухомою пінолю задньої бабки. Сила затиску в цьому випадку не контролюється і може мати різні значення, що знижує точність обробки.



**Рисунок 5.6.** Схема центра оснащеного гідравлічною системою стабілізації сили затиску

На рисунку 5.6 показано схему центра, оснащеного гідравлічною системою стабілізації сили затиску. Стержень з центровим конусом 2 (власно центром) знаходиться в обоймі 3, розміщеній в корпусі 1, підтиснуто пружиною 4 до лівого торця і жорстко зв'язаний зі штоком 19 гідроциліндра 17. Обойма 3 в свою чергу з'єднана зі штоком 5 золотникового розподільника 6, між стінкою якого і поршнем в порожнині 13 знаходиться пружина 12. Порожнини 15 і 14 гідроциліндра з'єднуються з порожнинами 9 і 10 золотникового розподільника за допомогою двох трубопроводів 16 і 18.

При підтисканні заготовки 20 стержень 2 переміститься вправо, а разом з ним переміститься і поршень в гідроциліндрі 17. При цьому рідина з порожнини 14 по трубопроводу 16 перейде в порожнину 9 і далі по трубопроводу 8 в порожнину 7.

Рідина ж, що не витиснена з порожнини 13, по трубопроводу 11 через порожнину 10 і трубопровід 18 перейде в порожнину 15. Оскільки діаметри гідроциліндра і розподільника однакові, то витиснений з порожнини 14 в порожнину 7 об'єм рідини викличе переміщення штока 5 і зв'язаної з ним обойми, за величиною що дорівнює переміщенню стержня і в той же самий бік. Таким чином, відносного переміщення стержня і обойми фактично не відбудеться, а отже, не зміниться зусилля затиску заготовки. Яке за значенням буде дорівнювати зусиллю стискання пружини 4.

При відведенні центра від заготовки під дією пружини 12 система повернеться у початкове положення.

### Повідкові пристосування

**Найпростіші повідкові пристосування** – це хомутики і скоби. Хомутики є найбільш простим повідковим пристосуванням. До недоліків хомутиків слід віднести нерівномірне відтискання оброблюваної заготовки в різні боки. Наприклад, при зовнішньому обточуванні валика в центрах сила  $Q$  відтискання валика є паралельною вертикальній складовій  $P_z$  силі різання і змінюється за законом

$$Q = P_z \pm R \cos \alpha, \quad (5.1)$$

де  $R$  – сила, що діє на хомутик з боку повідкового пальця планшайби шпинделя;  $\alpha$  – кут повороту хомутика від горизонтального (чи вертикального) положення.

Сила  $R$  визначається за величиною діючого на осі шпинделя верстата крутного моменту  $M_k$  по формулі:

$$R = \frac{M_k}{L} = P_z \frac{D}{2L}, \quad (5.2)$$

де  $L$  – плече сили  $R$ ;  $D$  – діаметр обточування.

Отже:

$$Q = P_z \left( 1 \pm 0,5 \frac{D}{L} \cos \alpha \right). \quad (5.3)$$

Максимальне значення ця сила має при  $\alpha = 0$ . Тоді  $Q = P_z (1 + 0,5D/L)$ . Мінімальне значення – при  $\alpha = 180^\circ$ , тоді  $Q = P_z (1 - 0,5D/L)$ . Крім сили  $Q$  виникає друга відтискаюча сила

$Q'$  по лінії дії горизонтальної складової сили різання  $P_y$ , яка змінюється за наступним законом.

$$Q' = P_y \pm R \sin \alpha. \quad (5.4)$$

Максимальне значення ця сила набуває при  $\alpha = 270^\circ$ , тоді  $Q' = P_y + R$ . Мінімальне значення – при  $\alpha = 90^\circ$ , тоді:

$$Q' = P_y - R. \quad (5.5)$$

Сили  $Q$  і  $Q'$  підвищують зношування центрових отворів валів, центрів і підшипників шпинделя, і пінолі верстата і призводять до скривдження циліндричної поверхні вала.

Робота з хомутиками непродуктивна і стомлююча, тому їх постійно удосконалюють.

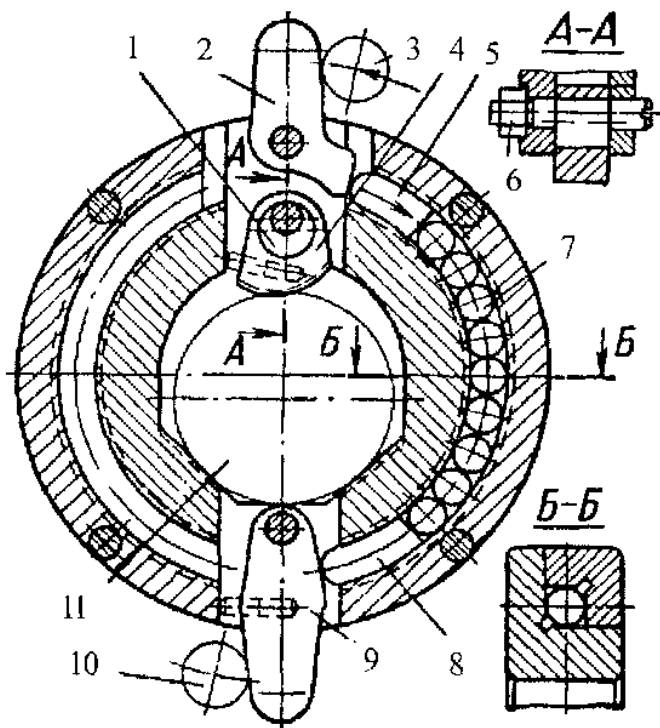


Рисунок 5.7. Удосконалений хомутик

На рисунку 5.7 показано будову більш досконалого хомутика. На оброблювану заготовку при використанні цього хомутика діють

тільки складові сили різання  $P_z$  і  $P_y$ , оскільки момент сили  $R$ , діючий з боку повідкового пальця, замінено моментом пари сил  $R'$ , прикладених до двох, симетрично розташованих відносно оброблюваного вала 11, повідковим пальцям 3 і 10, тому не викликаючи додаткових навантажень на центри верстата. Сила, що відтискує вал, при цьому напрямлена постійно в один бік і її можна визначити з виразу:

$$Q_1 = \sqrt{P_z^2 + P_y^2} . \quad (5.6)$$

Активна і одночасна робота двох повідкових пальців 3 і 10 досягається за допомогою важелів 2 і 9 плунжерів 5 і 8 і кульок 7, оскільки сила  $R'$  на пальці 3 через важіль 2, плунжер 5, кульки 7, плунжер 8 і важіль 9 викликає відповідну силу  $R'$  на пальці 10 (і навпаки).

Оброблюваний вал самозатискується за допомогою криволінійного кулачка 4, кутове положення якого відносно його осі регулюється залежно від діаметра вала поворотом ексцентрикової осі 1, яка в потрібному положенні фіксується гайкою 6.

Повідкові скоби подібно хомутику, показаному на рисунку 5.7, також не викликають додаткових сил відтискання оброблюваної заготовки, крім складових  $P_z$  і  $P_y$  сили різання. Такі пристосування дозволяють швидко без застосування ключа змінити оправку з оброблюваною заготовкою, другою оправкою з установленою заздалегідь черговою заготовкою, в результаті цього вони одержали широке застосування на заводах.

**Самозатискний повідковий патрон** – знайшов поширене застосування замість хомутиків, тому що він нерухомо закріплюється на шпинделі і не знімається з верстата кожен раз разом з оброблюваною заготовкою, як це робиться при використанні хомутиків.

Обертання деталі, що встановлюється на центрах, здійснюється в цих пристосуваннях двома-трьома ексцентриковими кулачками під дією сил різання автоматично, тому ці пристосування називаються самозатискними.

Для зручності встановлення деталі на центри верстата і зняття після обробки кулачки повинні автоматично розкриватись, що дозволяє провадити ці маніпуляції без зупинки шпинделя. Для забезпечення одночасної роботи всіх кулачків без однобічного відтискання

заготовки в конструкції повинно бути передбачено плаваюче блокуюче пристосування кулачків і переднього центру.

Переваги таких патронів перед хомутиками полягають у швидкості і легкості обслуговування і в значно більш надійному закріпленні заготовки, тому найбільш широко вони застосовуються на багаторізцевих верстатах.

Трикулачковий патрон, що застосовується для чорнового обточування валів діаметром 15–90 мм за допомогою п'яти комплектів змінних кулачків показано на рисунку 5.8.

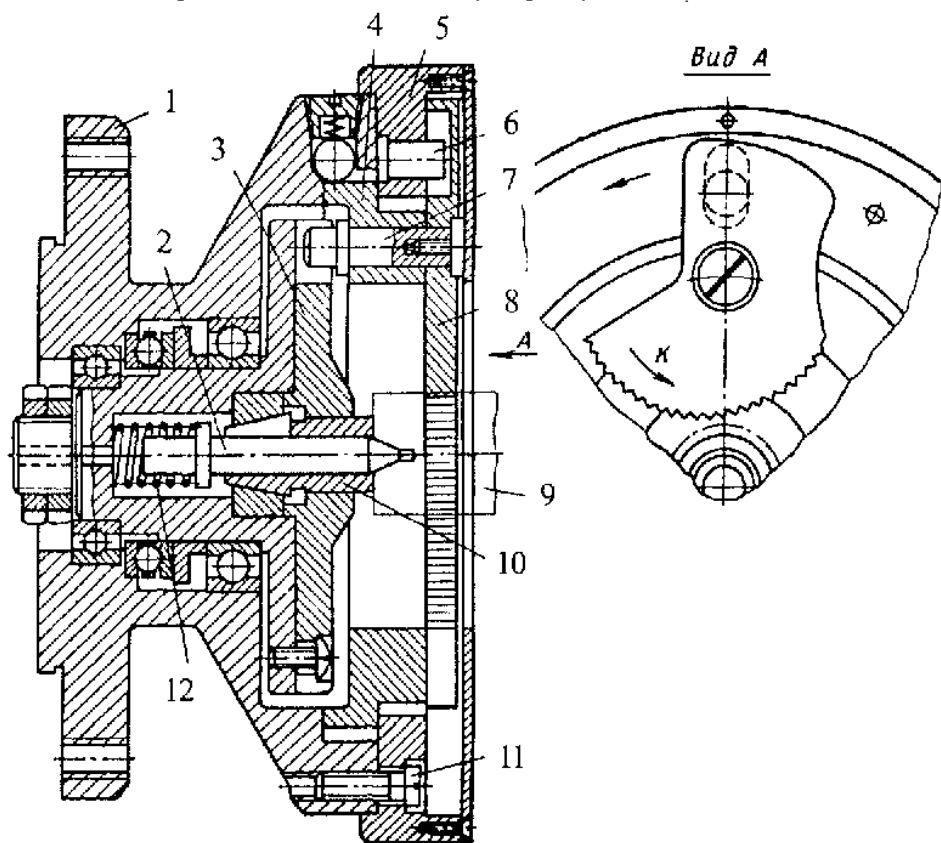


Рисунок 5.8. Самозатискний повідковий патрон

Оброблювана заготовка 9, встановлена на центри, за допомогою пінолі задньої бабки переміщує передній центр 2, долаючи опір пружини 12. В кінці цього переміщення цага 10 надійно затискує центр. При пуску верстата кільце 5, що закріплено гвин-

тами 11 до корпусу 1, починає обертатись разом з корпусом патрона і шпинделем верстата, повертає пальцями 6 кулачки 8 навколо осей 7 до зіткнення їх криволінійних робочих рифлених поверхонь з оброблюваним валом. Потім під дією вертикальної складової сили різання, що виникає при включенні різця, кулачки надійно затискають вал силою, яка збільшується із зростанням сили різання. Однобічне відтискання вала при цьому виключається внаслідок того, що осі кулачків укріплено в плаваючому кільці 4, яке забезпечує самоустановлення кулачків на поверхні вала навіть у випадках „биття” цієї поверхні. При вимкненні верстата по закінченні обробки патрон разом зі шпинделем верстата зупиняється, а оброблюваний вал під дією сил інерції деякий час продовжує обертання разом з цангою, центром і диском 3. Останній повертає плаваюче кільце 4, діючі на осі 7 кулачків, внаслідок чого кулачки повертаються навколо пальців 6, що зупинилися, і звільняють оброблюваний вал.

Розрахунок описаного патрона розглянуто вище – дивися п. 3.8.

### **Оправки для обробки заготовок із центральним отвором**

Консольні та центрові оправки застосовують для встановлення з центральним базовим отвором втулок, кілець, шестерень, що оброблюються на багаторізцевих, шліфувальних та інших верстатах.

При обробці партії заготовок потрібно одержати високу концентричність зовнішніх та внутрішніх поверхонь і задану перпендикулярність торців до осі заготовки.

Залежно від способу встановлення і центрування оброблюваних заготовок консольні та центрові оправки поділяють на такі види:

– жорсткі (гладкі) для встановлення заготовок із зазором або натягом;

- розтискні цангові;
- клинові (плунжерні, кулькові);
- із тарілчастими пружинами;
- самозатискні (кулачкові, роликові);
- із центруючою пружною втулкою.

Різновиди жорстких та розтискних оправок показано на рисунку 2.12 і 2.13, межі їх застосування, точність центрування та основні технічні вимоги описано в п.2.4. Самоцентруючі оправки

(плунжерні мембранні, з гідропластом) показано на рисунках 3.49, 3.55, а, 3.57, 3.59, а описано і надано методику розрахунку в 3.7.

### Гладкі оправки

Конструкцію гладкої оправки 2, на циліндричній частині якої встановлена оброблювана заготовка 3, показано на рисунку 5.9, а. Тяга 6, закріплена на штоці пневмоциліндра, при переміщенні поршня зі штоком вліво головкою 5 натискує на швидкозмінну шайбу 4 і затискує заготовку 3 на гладкій оправці 2. Оправку кінцевою частиною вставляють у корпус шпинделя верстата. При затиску оброблюваної заготовки на оправці осьова сила  $Q$  на штоці механізованого привода спричинює між торцями шайби 4, уступом оправки та оброблюваною заготовкою 3 момент від сили тертя, що перевищує момент різання  $M_{\text{рв}}$  від сили різання  $P_z$ ; залежність між моментами

$$\frac{Qf(D_1 + d)}{4} = KP_z \frac{D}{2} = KP_z R,$$

звідки сила на штоці механізованого привода

$$Q = \frac{2KP_z D}{(D_1 + d)f}.$$

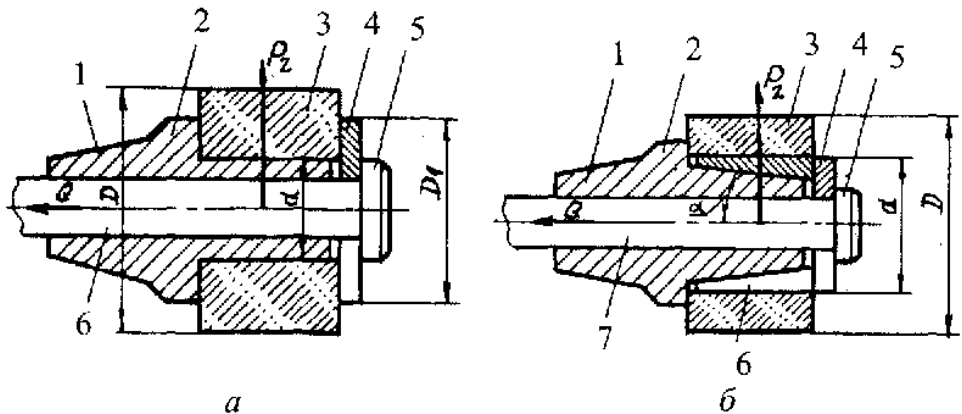


Рисунок 5.9. Конструкції оправок: а – гладкої; б – з розрізною втулкою

За уточненою формулою [3]



$$Q \approx \frac{2KP_z D}{\frac{2}{3} f \left( \frac{D_1^3 - d^3}{D_1^2 - d^2} \right)}, \quad (5.7)$$

де  $K = 1,5 \dots 2,0$  – коефіцієнт запасу;  $P_z$  – вертикальна складова сили різання, Н (кгс);  $D$ ,  $D_1$  – зовнішній діаметр відповідно поверхні оброблюваної заготовки та швидкозмінної шайби, мм;  $d$  – діаметр циліндричної установчої частини оправки, мм;  $f = 0,1 \dots 0,15$  – коефіцієнт тертя зчеплення.

При конструюванні гладкої оправки із запресуванням оброблюваної заготовки визначають діаметр її робочої шийки.

Початкові дані для розрахунку:  $d$  – номінальний діаметр;  $\ell$  – довжина бази (отвору);  $d_1$  – зовнішній діаметр заготовки;  $E_1$ ,  $E_2$  – модулі пружності;  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  – коефіцієнт Пуассона матеріалів відповідно оправки та заготовки;  $M$ ,  $P$  – момент та осьова сила, які виникають при обробці і прагнуть повернути або зсунути заготовку на оправці;  $f = 0,08 \dots 0,12$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і оправкою.

Вважаючи коефіцієнт запасу  $K = 1,5 \dots 2,0$ , визначимо момент тертя  $M_{\text{тер}}$  та осьову силу  $P_{\text{тер}}$ , які утримують заготовку на оправці [8]:

$$M_{\text{тер}} = KM = f p \frac{\pi d^2 \ell}{2}; \quad (5.8)$$

$$P_{\text{тер}} = KP = f p \pi d \ell, \quad (5.9)$$

де  $p$  – тиск на поверхнях з'єднання, МПа, [8];

$$p = \frac{\delta \cdot 10^{-3}}{\left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right) d}; \quad (5.10)$$

$\delta$  – натяг, мкм.

Для суцільної оправки

$$C_1 = 1 - \mu_1; \quad C_2 = \frac{d_1^2 + d^2}{d_1^2 - d^2} + \mu_2.$$

Для визначення мінімального діаметра оправки знаходимо натяг із формули (5.10), попередньо визначивши  $p$  із формул (5.8) і (5.9)

$$\delta = \frac{2M_{\text{тер}} \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}{10^{-3} \pi d l f}; \quad \delta = \frac{P_{\text{тер}} \left( \frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}{10^{-3} \pi l f}. \quad (5.11)$$

Зусилля преса вибирають за максимальним натягом, який визначають за формулою (дивися рисунок 2.12, д) [8]

$$\delta_{\text{max}} = T_a + \delta + \beta + \gamma, \quad (5.12)$$

де  $T_a$  – допуск базового отвору, мкм;  $\delta$  – натяг, визначений за формулами (5.11);  $\beta$  – допуск на виготовлення оправки (для оправок діаметром до 80 мм можна брати  $\beta = 0,01$  мм);  $\gamma$  – допуск на спрацювання оправки (для оправок діаметром до 80 мм можна брати  $\gamma = 0,010 \dots 0,015$  мм).

Конструкцію оправки 2 із розрізною втулкою 6, на якій встановлюють і затискують оброблювану заготовку 3, показано на рисунку 5.9, б. Конічною частиною I оправку 2 вставляють у корпус шпинделя верстака. Заготовку на оправці затискують і розтискують механізованим приводом.

При подачі стиснутого повітря в праву порожнину пневмоциліндра поршень, шток і тяга 7 рухаються вліво і головка 5 тяги з шайбою 4 переміщує розрізну втулку 6 по корпусу оправки доти, поки вона не затисне заготовку на оправці. При подачі стиснутого повітря в ліву порожнину пневмоциліндра поршень, шток і тяга переміщуються вправо, головка 5 із шайбою 4 відходить від втулки 6, і заготовка розтискується.

Крутний момент від вертикальної сили різання  $P_z$  має бути меншим, ніж момент від сил тертя на циліндричній поверхні розрізної втулки в оправці. Осьова сила на штоці механізованого привода (рисунок 5.9, б) [3]

$$Q = \frac{KP_z D}{df} [\text{tg}(\alpha + \varphi) + f], \quad (5.13)$$

де  $\alpha$  – половина кута конуса оправки,  $\alpha = 15^\circ$ ;  $\varphi$  – кут тертя на поверхні контакту оправки з розрізною втулкою,  $\varphi \approx 6^\circ$ ;  $f = 0,15 \dots 0,2$  – коефіцієнт тертя.

## Оправки циліндричні зі шліцами

У оправок з прямокутними шліцами останні відіграють тільки роль повідка і тому звужуються по ширині. При обробці деталі з прямокутними шліцами до термообробки центрування провадиться по зовнішньому діаметру шліців оправки, незалежно від способу центрування шліцьового з'єднання. Після термообробки посадка деталі провадиться залежно від способу центрування шліцьового з'єднання.

У оправок з трикутними і евольвентними шліцами забезпечується гарантований боковий зазор, який компенсує похибки виготовлення кроку, профілю тощо.

Порядок розрахунку оправки з трикутними шліцами наведено в таблиці 5.1.

**Таблиця 5.1 – порядок розрахунку циліндричної оправки з трикутними шліцами**

*Вихідні дані:*

$D_{\text{сер}}$  – діаметр ділильного кола;

$z$  – число шліців;

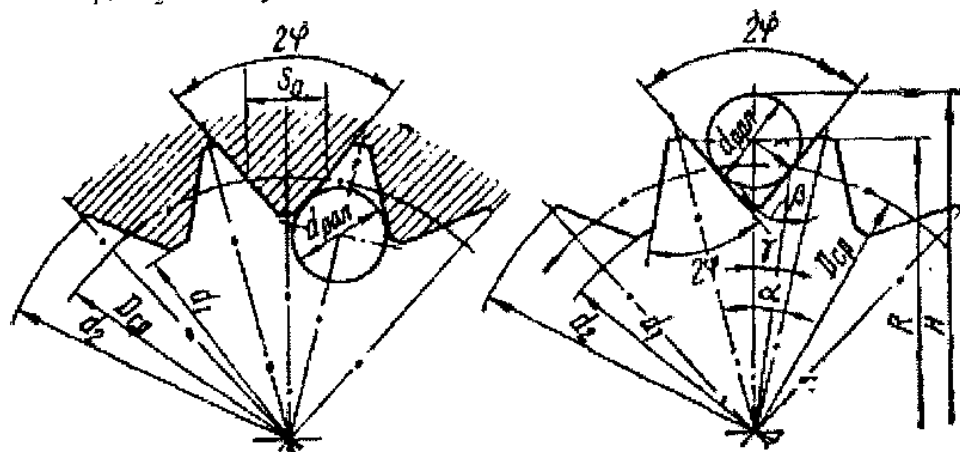
$d_1, d_2$  – діаметр западин і діаметр виступів шліців;

$2\psi$  – кут профілю шліців;

$S_0$  – теоретична товщина шліця по хорді ділильного кола;

$S_2 = S_0 - \Delta_1 - \Delta_2$  – фактична товщина шліця по хорді ділильного кола;

$\Delta_1, \Delta_2$  – допуск на виготовлення шліця.



Таблиця 5.1

Найменування величин	Позначення	Розрахункова формула
1	2	3
Половина центрального кута, що приходить на 1 зуб	$\alpha$	$\frac{360^\circ}{z}$
Половина кута профілю зуба деталі	$\varphi$	$\psi + \alpha$
Половина центрального кута товщини зуба	$\gamma'$	$\sin \gamma' = \frac{S_2}{D_{\text{ср}}}$
Товщина шліца по дузі ділильного кола	$S_1$	$\frac{\pi D_{\text{ср}}}{360^\circ} 2\gamma'$
Половина центрального кута западини шліців	$\gamma$	$\frac{360^\circ S}{\pi D_{\text{ср}} 2}$
Кут	$\beta$	$\varphi - \gamma$
Діаметр внутрішньої вершини профілю шліців оправки	$D_1$	$D_{\text{ср}} \frac{\sin \beta}{\sin \psi}$
Розрахункова ширина западини оправки по дузі ділильного кола	$S$	$S_{1\text{max}} + \delta$ де $\delta$ – гарантований зазор між профілями шліців оправки і деталі; $S_{1\text{max}}$ – максимальна ширина шліца по дузі ділильного кола з врахуванням допуску на виготовлення шліца, що зменшує його ширину $S_{1\text{max}} = S_1 - \Delta$
Діаметр зовнішньої вершини профілю шліців оправки	$D_2$	$D_1 \frac{\sin \varphi}{\sin \psi}$

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
Діаметр ролика (при відсутності заданого кресленням діаметра ролика)	$d_p$	$D_p \frac{\sin \gamma_p}{\cos \psi}$ де: $D_p$ – діаметр торкання ролика з профілем шліца; $\gamma_p = \varphi - \beta_p, \beta_p = \frac{D_1}{D_p} \sin \varphi$
Відстань від осі оправки до осі ролика	$X$	$\frac{1}{2} D_1 + \frac{d_p}{2 \sin \varphi}$
Розмір по роликах	$H$	$2 \left( X + \frac{1}{2} d_p \right)$ – для парної кількості шліців

**Конусні оправки** – застосовуються при базуванні як по гладкому, так і по шліцьовому отвору. При базуванні шліцьового отвору по зовнішньому діаметру внутрішній діаметр шліцьової оправки звичайно виготовляється на 1мм менше внутрішнього діаметра деталі, а ширина шліців оправки на 0,25–0,5мм менше ширини западини деталі.

Конусністю оправки називається величина

$$K = \frac{D_1 - D_2}{L} = 2 \operatorname{tg} \alpha,$$

де  $D_1, D_2$  – найбільший і найменший діаметр конусної частини;  
 $L$  – довжина конусної частини;  $\alpha$  – половина кута конусної частини.

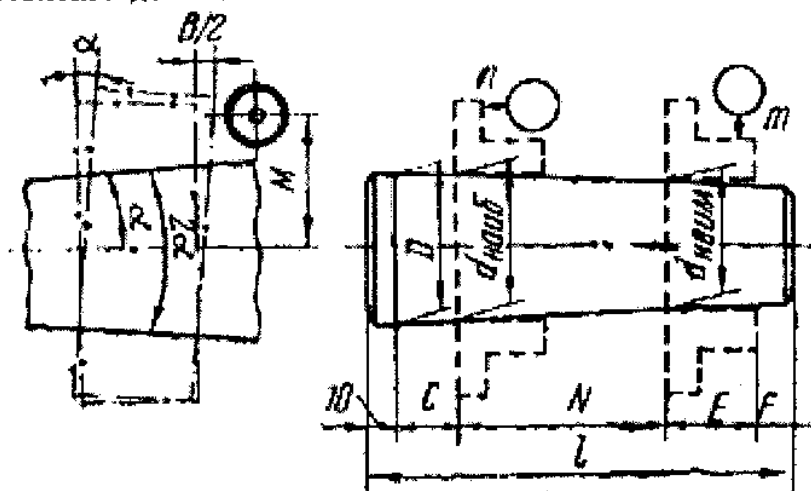
При встановленні деталі на конусній оправці положення заготовки по довжині оправки є невизначеним.

В таблиці 5.2 наведено порядок розрахунку конусної оправки. Якщо розрахункова довжина оправки перевищує вказану в таблиці 5.3, рекомендується або збільшити значення конусності, або проєктувати набір оправок з двох штук.

Оправки діаметром понад 45мм рекомендується виготовляти порожнистими.

Таблиця 5.2 – порядок розрахунку конусної оправки

Вихідні дані:

 $d_{\min}$  – найменший діаметр отвору деталі; $d_{\max}$  – найбільший діаметр отвору деталі; $T$  – допуск на виготовлення отвору деталі; $m, n$  – величина биття торцевої чи циліндричної поверхні деталі на плечі  $M$ , що допускається технічними умовами на виготовлення деталі.

Найменування величин	Позначення	Розрахункова формула
Похибка базування	$\varepsilon_\delta$	$0,25 m$
Конусність	$K$	При наявності декількох технічних вимог на величину биття різних поверхонь похибка базування $\varepsilon_\delta$ і конусність $K$ визначаються для всіх поверхонь, після чого приймається найменше значення конусності.
Довжина конуса, що необхідна для компенсації допуску на виготовлення отвору деталі	$N$	$\frac{d_{\max} - d_{\min}}{K} = \frac{T}{K}$

Продовження таблиці 5.2

Запас довжини конуса	$C$	$\frac{0,25T + \Delta}{K}$ де $\Delta$ – допуск на виготовлення циліндричного пояса оправки для $K = 1:2000$ , $\Delta = 0,010$ мм; для $K = 1:3000$ , $\Delta = 0,008$ мм; для $K = 1:3500$ , $\Delta = 0,005$ мм.
Діаметр циліндричного пояса оправки	$D$	$d_{\text{пнкх}} + 0,25T$
Довжина конічної частини оправки	$\ell$	$N + C + E + F$ , де: $E$ – довжина базового отвору; $F$ – довжина конусної частини з боку меншого діаметра; $F = 10$ мм для $K = 1:2000$ $F = 15$ мм для $K = 1:3000$ $F = 20$ мм для $K = 1:3500$
Допустиме биття конусної оправки	$a$	$0,1t$ , але не менше $0,003$ мм

Таблиця 5.3 – залежність довжини оправки від її діаметра

Діаметр оправки, мм	до 10	10 – 15	15 – 20	20 – 25	25 – 35
Поздовжня довжина оправки, мм	80	100	150	200	250
Діаметр оправки, мм	35 – 45	45 – 55	55 – 65	65 – 80	понад 80
Поздовжня довжина оправки, мм	350	410	480	530	580

**Самозатискні оправки.** В цих оправках зусилля затиску автоматично збільшується пропорційно крутному моменту на різання, що робить їх надто цінними при обточуванні з великими перерізами стружки, зокрема, на багаторізцевих верстатах.

На рисунку 5.10 показано однороликову оправку, в якій ролик 1 встановлено в обоймі 2, яка запобігає його перекошуванню та випадінню. При складанні ролик цапфами вставляється у внутрішні глухі пази обойми, після чого вона одягається на установчі штифти 4 і гвинтами 3 закріплюються до корпусу оправки.

Щоб поверхня ролика в його вихідному положенні лежала на колі оправки, опорну площину обойми, що прилягає до вертикальної стінки паза, чи ролик шліфують до тих пір, поки розмір  $D$  складеної оправки не стане рівним діаметру її циліндричної частини. Діаметр ролика слід брати можливо більшим з тим, однак, щоб виїмка під ролик (обойму) не послаблявала надмірно оправку.

На рисунку 5.11 показано трироликову оправку з затискним профілем у виді трьох площин, розташованих під кутом  $120^\circ$ .

На корпус 1 оправки встановлено сепаратор 2 з вікнами під загартовані і шліфовані ролики 3. Перед встановленням заготовки сепаратор повертають так, щоб ролики зайняли нижнє положення. Після встановлення заготовки під дією пружини 7 сепаратор повертається у зворотний бік і відбувається попереднє заклинювання роликів. Для того, щоб заготовка щільно притискувалась своїм лівим торцем до осевого упору, передбачено підтискання її кульками 4, які насуваються на конус шайби 5 обертанням гайки 6.

З початком різання ролики заклинюються остаточно і забезпечують можливість обробки з великими перерізами стружки.

Момент, що потрібний для закріплення заготовки, при заданій силі  $P_z$

$$M = P_z D_1 / 2. \quad (5.14)$$

Сила затиску, що надається одним роликом в момент закріплення:

$$W = 2 \frac{M}{D \operatorname{tg}(\alpha / 2)}. \quad (5.15)$$

Отже, при кількох затискуючих роликах:

$$W = P_z \frac{D_1}{D \operatorname{tg}(\alpha / 2)n}, \quad (5.16)$$

де  $n$  – кількість роликів.





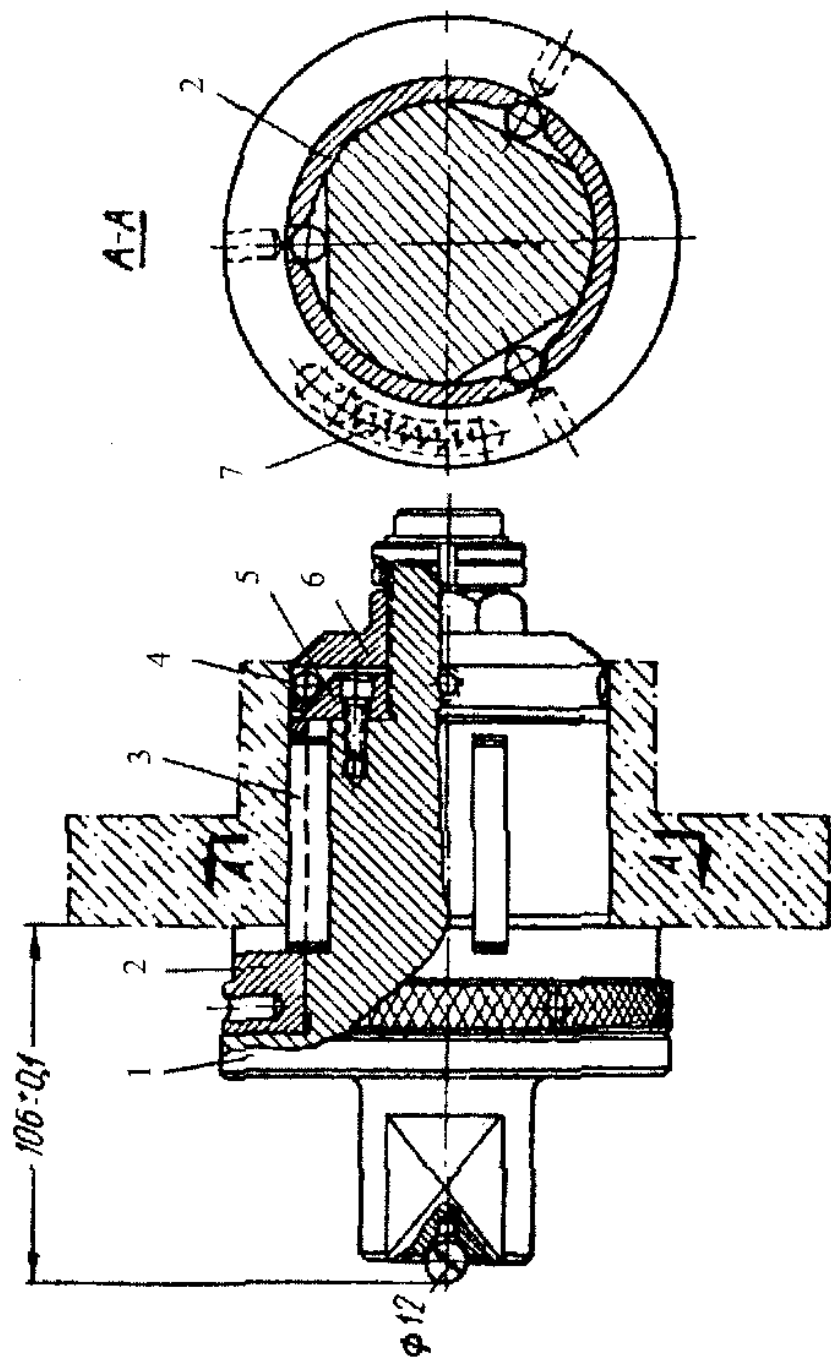


Рисунок 5.11. Трироликівка самозатискна оправка

При заклинюванні створюються дві сили тертя:  $F$  – в місці торкання ролика і заготовки і  $F_1$  – в місці стикання ролика з площиною оправки (рисунок 5.12). Отже, умові заклинювання повинна відповідати рівність, при якій кут заклинювання

$$\alpha < \varphi + \varphi_1,$$

де  $\varphi$  – кут тертя між роликом і заготовкою;  $\varphi_1$  – кут тертя між роликом і оправкою.

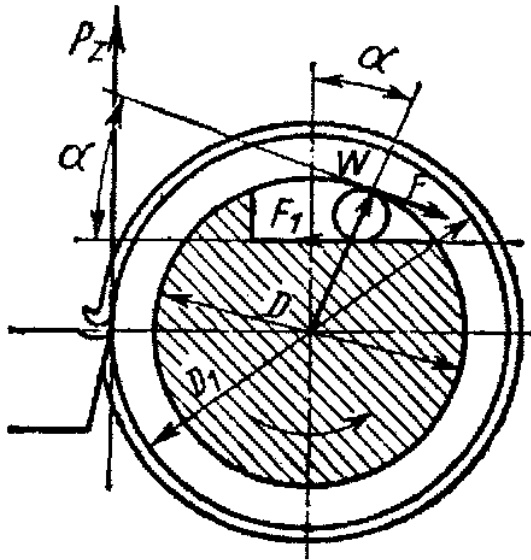


Рисунок 5.12. Оправки з заклинюючим роликом

Практично можна приймати  $\varphi = \varphi_1$ ; значення  $\alpha$  вибирають в межах  $5 - 7^\circ$ ;  $D$  – діаметр оправки;  $D_1$  – діаметр заготовки.

## Люнети

Люнети застосовують, головним чином, при обробці довгих заготовок для запобігання прогину їх під дією сил різання і одночасно для часткового розвантаження центрів. Люнети встановлюють на каретці верстата і переміщують разом з нею уздовж станини, безперервно підтримуючи оброблювану заготовку на постійній відстані від інструменту чи нерухомо закріплюють безпосередньо на станині верстата.

Люнети поділяють на універсальні і спеціальні. Універсальними називаються люнети з розсувними опорними кулачками, які допускають використання люнету при обробці заготовок різних діаметрів. Спеціальні люнети застосовують при обробці однієї певної заготовки чи для підтримання пристрою, встановленого на шпинделі верстата і який має великий виліт.

При проектуванні люнетів будь-якого призначення слід забезпечити стикання їх з оброблюваною заготовкою не по суцільній циліндричній поверхні, а за допомогою окремих кулачків 3 і 6 (рисунк 5.13). Цим полегшується настроювання люнету при початковому його встановленні на верстаті, а також при зношуванні його поверхонь, що труться. Кулачки повинні стикатися з оброблюваною заготовкою 1 чи 4 змінними сухарями 2 (рисунк 5.13, а) чи, що більш бажане, роликami 5 (рисунк 5.12, б).

При швидкісній обробці валів на токарних верстатах виникає вібрація, погіршуються умови роботи інструмента і це негативно впливає на якість оброблюваної поверхні. Щоб запобігти вібрації, іноді застосовують люнети – віброгасники, які рухаються разом з різцем.

При точінні довгих валів ( $l/d = 50 \div 100$ ) такі люнети доцільно застосовувати разом з нерухомим люнетом. Віброгасники підвищують якість поверхні, продуктивність і точність обробки.

## 5.4. Пристрої другої групи

### Токарні кулачкові патрони

За кількістю кулачків патрони поділяють на дво- три- і чотири- кулачкові. Дво- і трикулачкові патрони – самоцентруючі; чотири- кулачкові патрони звичайно виконують з незалежним переміщенням кулачків і рідше – самоцентруючими.

В кожній з цих груп є патрони як з ручним, так і з механізованим приводом; основні типи патронів стандартизовано. Трикулачкові самоцентруючі патрони розглянуто в п 3.7.

**Двокулачкові патрони** з ручним приводом виконуються з центральним чи боковим силовим гвинтом і використовуються для закріплення несиметричних чи фасонних заготовок (арматури, наприклад).

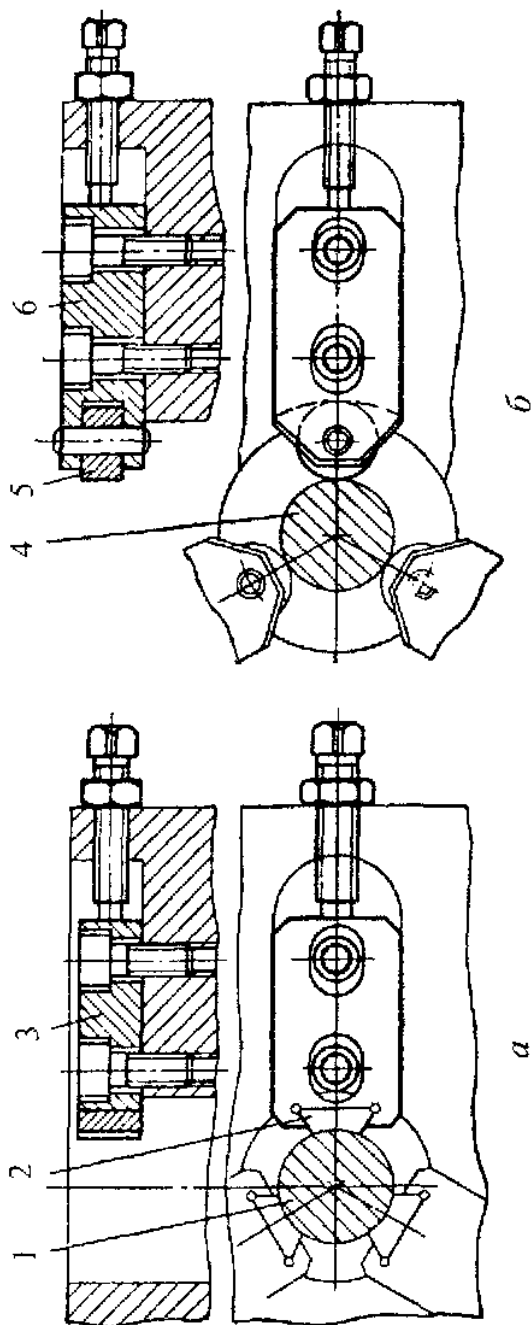


Рисунок 5.13. Типи кулачків до люнети

В патроні, показаному на рисунку 5.14, силовий гвинт 2 розташований збоку кулачків 3, що дозволяє пропускати через центральний отвір корпуса патрона прутки чи хвостову частину індивідуальних заготовок. Проте ці патрони поступаються патронам з центральним гвинтом в точності центрування, оскільки гвинт, діючи на кулачки збоку, викликає їх перекошення в межах зазору. З цієї причини нарізка на цих патронах зношується швидше, ніж у попередніх. Гвинт 2 встановлено в підшипнику 1, який регулюється гвинтом 4.

Нормалізовані патрони виготовляються діаметром 150, 200, 250, 300, 375 мм.

На рисунку 5.15 показано двокулачковий патрон, який приводиться в дію тягою від циліндра, розташованого на задньому кінці шпинделя верстата.

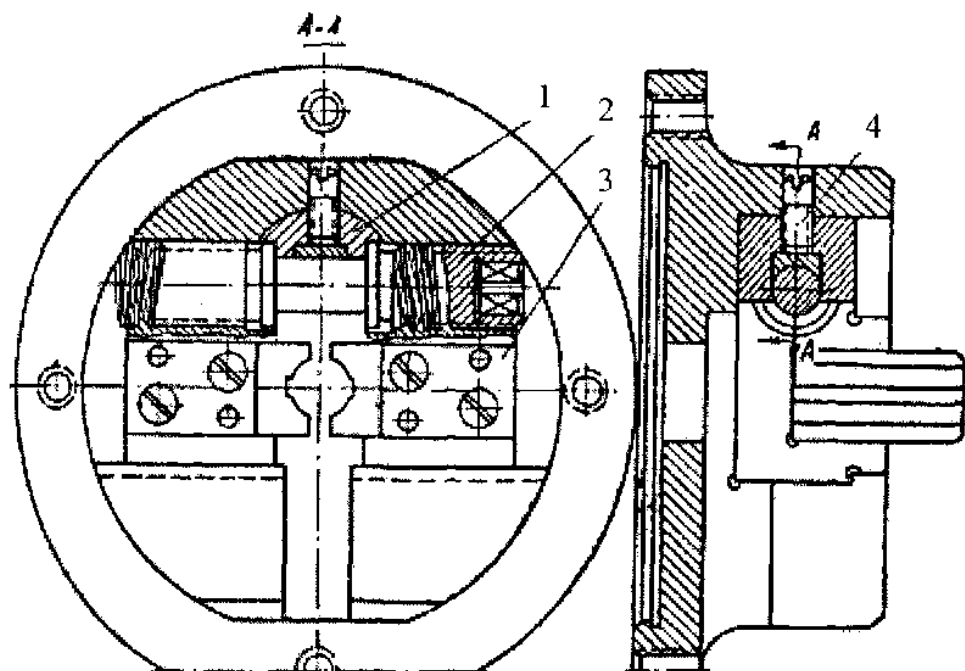


Рисунок 5.14. Двокулачковий патрон з боковим гвинтом

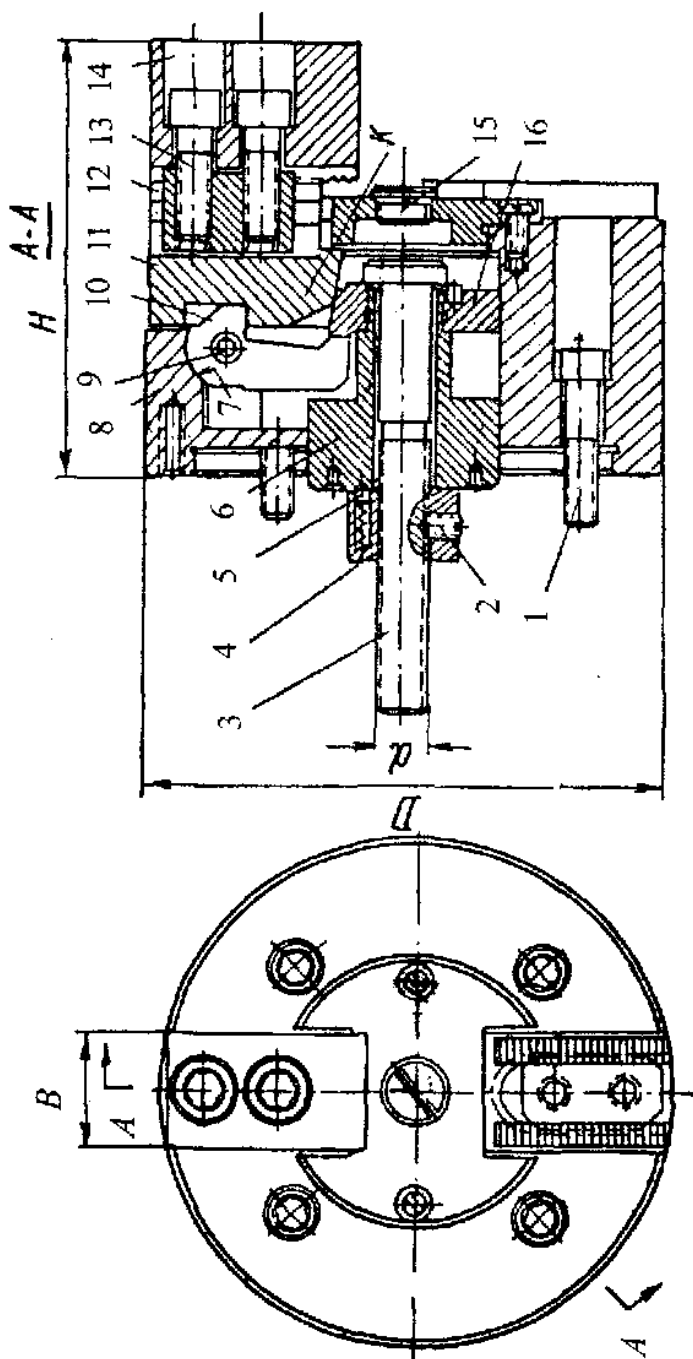


Рисунок 5.15. Двокулачковий клинвоажельний патрон з пневмоприводом

Патрон закріплюється гвинтами 1 до перехідного фланця, який встановлено на шпинделі верстата. Гвинтом 3, що зв'язує патрон з тягою штока пневматичного циліндра, регулюється положення кулачків 11 відносно поршня пневматичного циліндра. Від самозгвинчування в процесі роботи патрона гвинт утримується пружинним стопором 5, розміщеним в гайці 4; остання закріплена на гвинті 3 стопором 2. Доступ до гвинта можливий при вигвинченій пробці 15.

Кулачки 11 переміщуються під дією важелів 10, що спираються на циліндричні гнізда 7 в корпусі 8 патрона. Штифти 9, що розміщені в отворах важелів, охороняють їх від довільного зміщення. Тиск від поршня пневматичного циліндра передається на важелі через гвинт 3 і гайку 16, яка розміщена на муфті 6. На гайці є дві похилі площини *K*, під дією яких при зворотному ході поршня (зліва направо) кулачки розходяться, звільнюючи оброблювану заготовку.

Кулачки 11 мають Т-подібні пази, в яких сухарями 12 і гвинтами 13 закріплено змінні губки 14.

Патрони виготовляють наступних розмірів:  $D=160, 250, 320, 400$  мм;  $B=35 \div 75$  мм;  $H=130 \div 245$  мм;  $d=M16 \div M27$  і забезпечують хід кулачків від 5 до 10 мм.

На рисунку 5.16 показано приклади налагоджень двокулачкових патронів. В налагодках *a*, *б*, *в*, *г* накладні кулачки 1 закріплюються жорстко, а накладні кулачки 2 (верхні) своїм циліндричним виступом *K* входять в циліндричні гнізда основних кулачків і мають можливість хитатись на осях (показано стрілками). Це забезпечує рівномірний затиск заготовок в чотирьох точках.

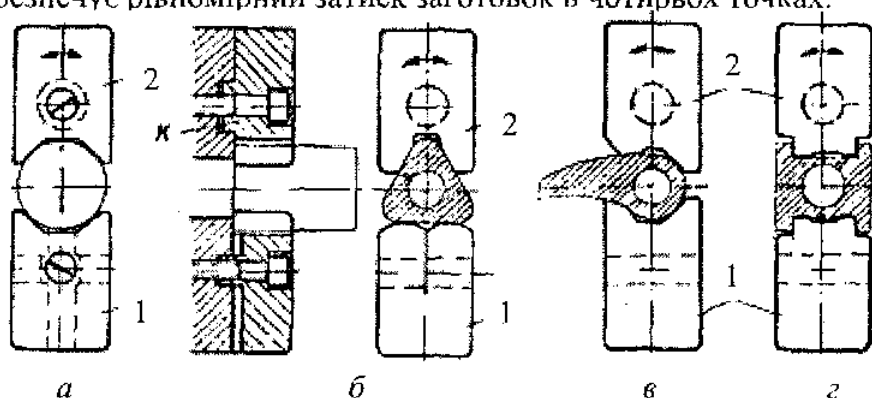


Рисунок 5.16. Приклади налагоджень двокулачкових патронів



Пристрої для обробки деталей класу стояки, кронштейни, підшипники

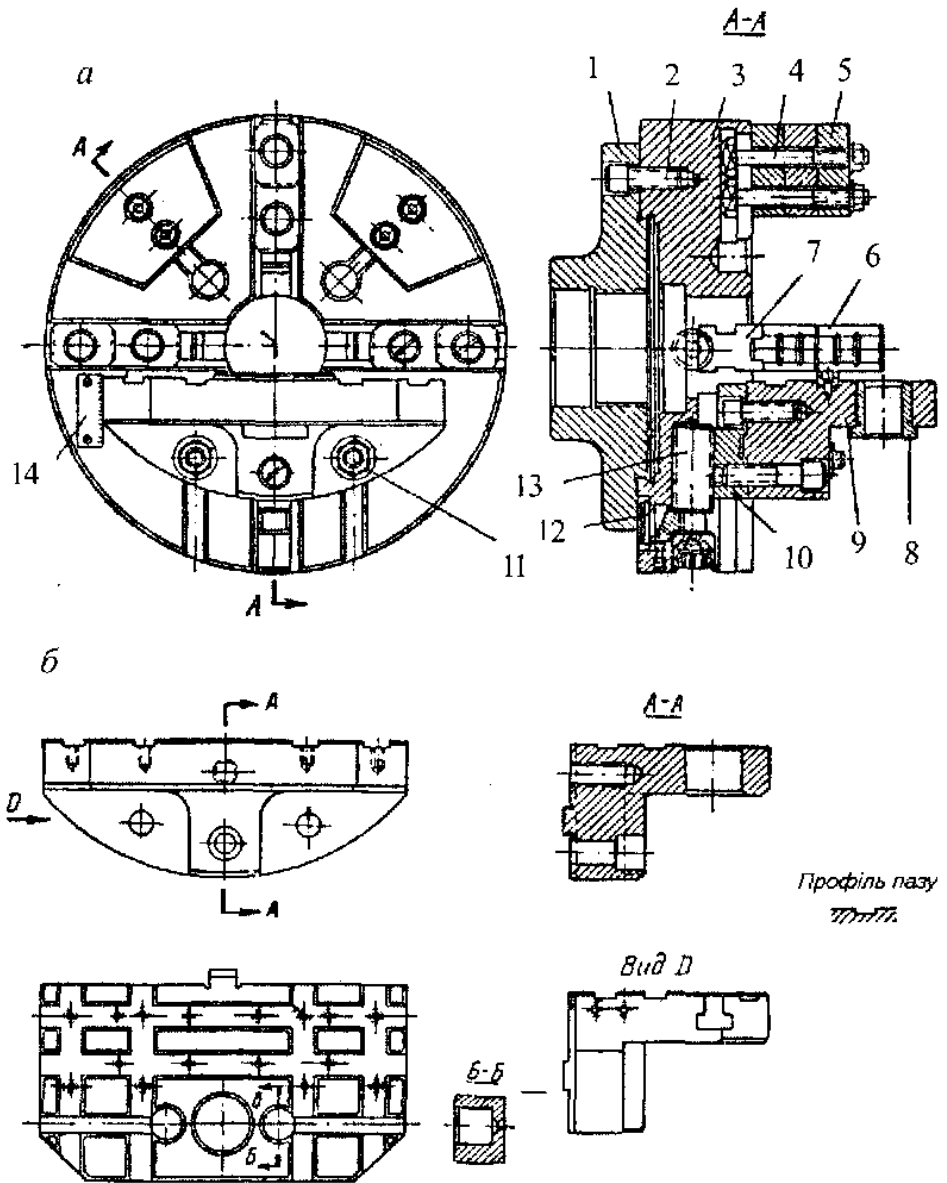


Рисунок 5.17. Універсальна планшайба (а) з кулачками і переставним косищем (б)

Для встановлення і закріплення цих деталей застосовуються універсальні і спеціальні планшайби з косинцями, на яких монтуються установчі і затискні елементи.

На рисунку 5.17, *а* показано конструкцію універсальної планшайби з косинцем.

На планшайбі 1, яка встановлюється на шпindelь верстата, зцентрований і закріплений гвинтами 2 корпус 3 пристрою, який має чотири радіальних паза. Три з них служать для напрямлення основних кулачків 7, на яких закріплюються змінні затискні кулачки 6; в четвертому пазу розміщено сухар 10 з установленим на ньому косинцем 9.

Кулачки і косинець переміщуються індивідуальними гвинтами 13 з внутрішнім чотиригранним отвором під ключ; від осьового переміщення гвинти утримуються вилками 12. При налагодженні пристрою величина радіального переміщення косинця визначається по шкалі 14, після чого косинець закріплюється двома болтами з гайками 11.

Для закріплення установчих елементів чи безпосередньо оброблюваних заготовок на верхній площині косинця є взаємоперпендикулярні калібровані пази з нарізними отворами і Т-подібні пази (рисунк 5.17, *б*). Крім того, передбачено отвір під центруючу втулку 8, вісь якої повинна перетинатись з віссю шпинделя. Втулка 8 служить для встановлення змінних центруючих пальців, що встановлюються у випадках базування оброблюваних заготовок по отвору.

Для усунення дисбалансу служать вантажі 5, які закріплено гвинтами 4.

При відповідних налагодженнях на подібних косинцях можна встановлювати і обробляти різні заготовки, для яких звичайно доводиться проектувати спеціальні пристрої.

На рисунку 5.18 надано креслення переналагоджуваного патрона з косинцем і одним затискним кулачком, який діє від пневмопривода. Змінні налагодження для різних заготовок встановлюються на площині косинця 5 по двох пальцях 7 і 8 (циліндричному і зрізаному). На кулачку 2 також монтується налагодження 4 згідно з конфігурацією заготовки і закріплюється гвинтом 3. При налагодженні пристрою косинець переміщують гвинтом 6, фіксуючи положення по шкалі з ноніусом; після переміщення косинець закріплюють гвинтами. Кулачок регулюють гвинтом 1. Врівноважуючи вантажі закріплюють в пазах на корпусі.



## Патрон для обробки ексцентричних поверхонь

Основною деталлю патрона (рисунок 5.19) є оправка 9, яка має три частини: конусний хвостик з конусом морзе №5, циліндричний поясок діаметром  $D_1 = 70$  мм і фланець. На циліндричний поясок одягнуто планшайбу 4, яка посаджена на шпонку 8 і закріплена до фланця трьома гвинтами 12. На торці планшайби виконана кільцева „вибірка” з віссю II, яка зміщена від осі I на величину 5мм, вісь I є спільною для хвостовика і циліндричної поверхні оправки. В цю „вибірку” встановлені скріплені між собою гвинтами 2 і 13, кільце 5, перехідник 3 і стандартний трикулачковий патрон 1 діаметром 130 мм.

Причому патрон посаджено на поясок перехідника діаметром  $D_3$ , вісь III якого зміщена на 5мм від осі II. Таким чином, вісь патрона, в якому встановлюється заготовка в наведеному на кресленні положенні, ексцентрична по відношенню до осі обертання шпинделя на максимальну величину – 10мм.

У „вибірці” весь блок можна повернути на будь-яке кутове положення і закріпити за допомогою трьох Т-подібних болтів 6 і гайок 7. Болти своїми головками заведено в Т-подібний круговий паз 5 і пропущено в отвори планшайби.

На передньому торці планшайби нанесено поділki 11. Кожна поділka відповідає такому кутовому положенню блока, при якому вісь III зміщується в бік осі I на  $1/10$  від максимального ексцентриситету 10 мм, тобто на 1 мм. Для встановлення блока у потрібне положення на перехіднику 3 є кутовий штрих (канавка) 10.

Щоб налагодити патрон 1 на потрібний ексцентриситет обробки, необхідно послабити гайки 7, повернути блок, розташувавши штрих 10 проти потрібної поділki на планшайбі, і затиснути гайки 7.

Точність встановлення величини ексцентриситету залежить від точності виготовлення деталей пристрою і практично не буде перевищувати суми похибок ексцентриситетів поверхонь  $D_2$  і  $D_3$ .

Так, при похибці останніх  $\pm 0,05$  мм, що технологічно можна легко досягти, точність налагодження не буде перевищувати  $\pm 0,1$  мм.

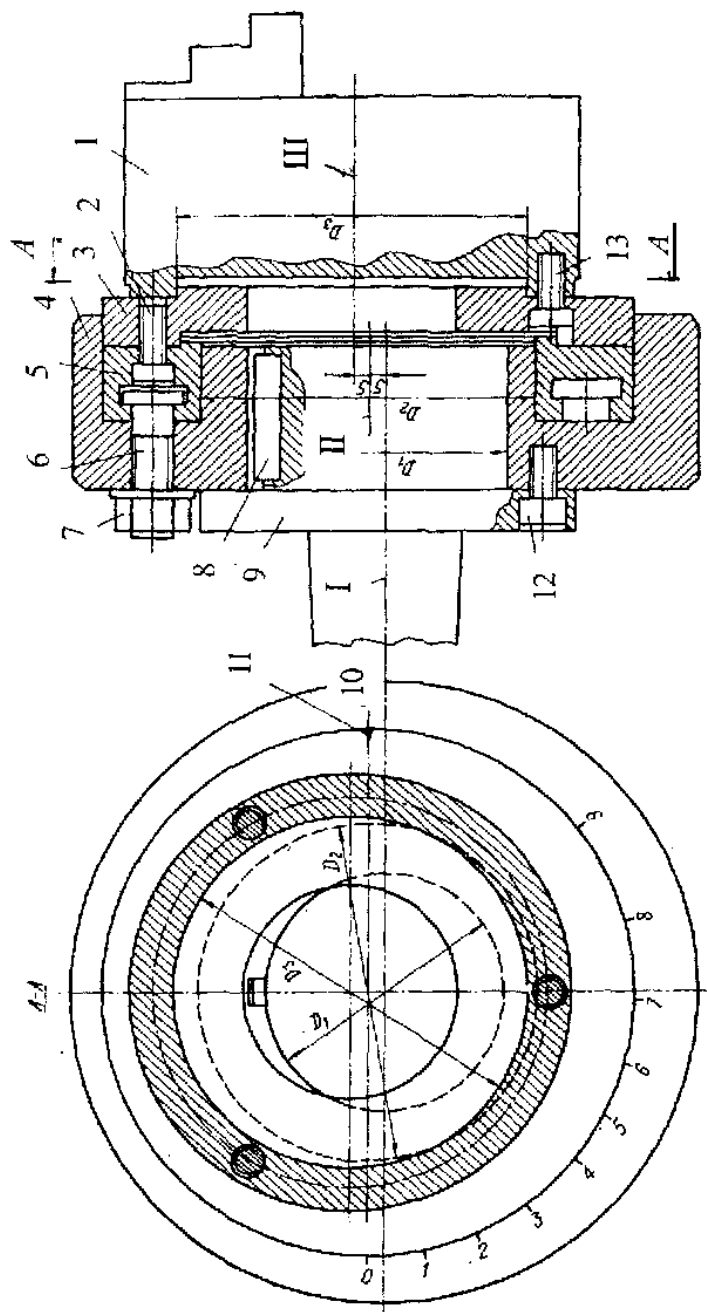


Рисунок 5.19. Патрон для обробки ексцентричних поверхонь

Даний пристрій дозволяє настроювати ексцентриситет з більш високою точністю. Щоб її добитися, необхідно користуватись індикатором і провести піднастроювання безпосередньо на верстаті.

Габаритні розміри патрона: діаметр -- 260 мм, довжина – 170 мм. Маса – 15 кг.

### **Патрони для центрування по складним поверхням**

В практиці широко застосовують патрони, що центрують заготовки по складним криволінійним поверхням, наприклад по зубчастим.

Найбільше поширення такі патрони одержали при шліфуванні центрального отвору у термічно оброблених зубчастих колесах. Як правило, в таких патронах застосовують три кулачка для центрування зубчастого колеса, оскільки така кількість рівномірно розташованих по колу кулачків цілком забезпечує надійне центрування.

Для шліфування отворів в циліндричних зубчастих колесах часто застосовують патрон (рисунок 5.20), який закріплюють на шпинделі верстата за допомогою перехідної планшайби без циліндричного виступу. Для центрування на корпусі 5 передбачають чисто оброблену кільцеву поверхню *П*, по якій за допомогою індикатора перевіряють биття патрону. Це дозволяє точно зцентрувати патрон по осі шпинделя верстата. При виявленні ексцентричності патрон легко відрегулювати, якщо кріпильні гвинти 1 затягнуті не повністю. Незначна швидкість обертання і невеликі сили при обробці не можуть змінити положення відрегульованого і закріпленого патрона. Центруючий механізм патрона для оброблюваної заготовки 7 складається з клиновидних кулачків 10, зв'язаних з хрестовиною 2 плоскими пружинами 11 або шарнірними важелями.

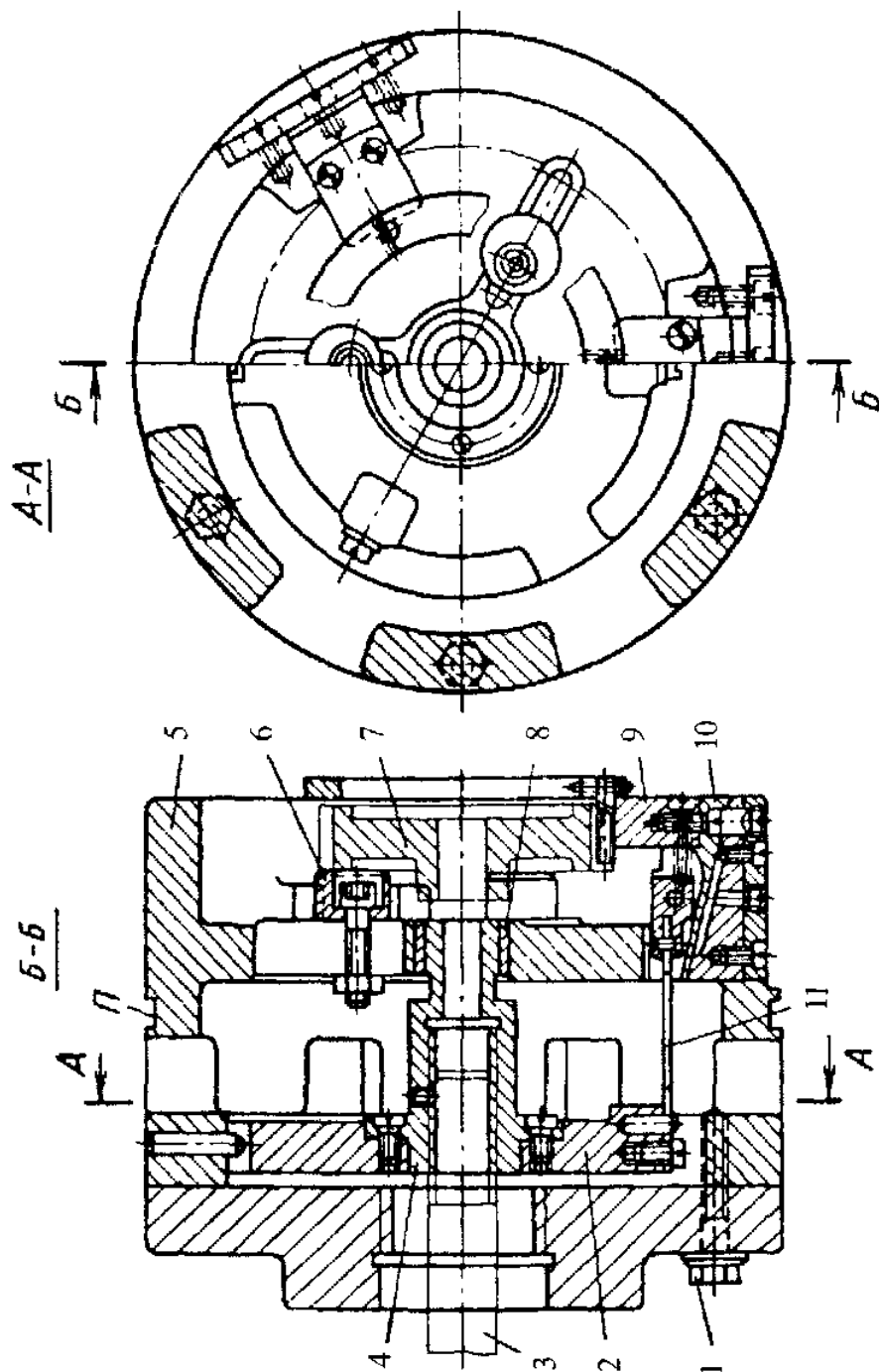


Рисунок 5.20. Патрон для закріплення зубчастих коліс при шліфуванні отворів

Одночасна робота всіх кулачків досягається точним напрямленням хрестовини втулками 4 і 8 при її поступальному переміщенні уздовж патрона. Внаслідок скошених поверхонь кулачків оброблюване зубчасте колесо одночасно центрується і притискується своїм торцем до упорів 6. Кулачки мають обмежений повздовжній хід, тому для зубчастих коліс різних діаметрів доводиться змінювати губки 9.

Затягування хрестовини провадиться тягою 3 вручну через систему важелів і пружин, або від пневматичного привода. І цей і інший механізм керування звичайно розташовується позаду шпинделя верстата і діє на патрон через порожнину шпинделя. Губки виготовляють з високовуглецевої сталі та загартовують до максимальної твердості.

Встановлення прямозубих зубчастих коліс по криволінійним поверхням зубів досягається застосуванням роликів, які розташовуються у западинах зубчастого колеса напроти кулачків патрона. Щоб внаслідок надмірного занурення роликів у западини зубчасте колесо не центрувалося по зовнішній циліндричній поверхні, необхідно розрахувати діаметр роликів.

Для зубчастих коліс з модулем від 2 до 5мм прийнято вибрати діаметр ролика з розрахунку, щоб торкання його з зубами відбувалося на глибині 1–2 мм від зовнішньої циліндричної поверхні колеса, причому глибина торкання 2мм рекомендується для зубів з модулем не менше 4мм. При менших модулях ролики, що торкаються початкового кола, виявляються настільки малими, що утруднюється їх закріплення в обоймі. Ролики вільно прикріплюються до кулачків патрона або закріплюються в спеціальній кільцевій обоймі. В останньому випадку обойму з роликами одягають на оброблюване зубчасте колесо поза верстатом, а потім вже разом з ним ставлять в патрон. Обойму з роликами можна використовувати тільки для зубчастого колеса одного розміру. Підвішені ролики можна застосовувати для різних зубчастих коліс після перевірки роликів розрахунковим шляхом. При обробці циліндричних коліс з косими зубами замість роликів застосовують кульки, які складають в обойму.

У виробництві застосовують нормалізовані патрони із зовнішнім діаметром 250, 320 і 345 мм для обробки зубчастих коліс діаметром відповідно 70–130; 130–180 і 180–280 мм.



Діаметр шліфування робочих поверхонь кулачків необхідно точно розраховувати (до п'ятого десяткового знака), а потім представити одержаний результат на загальному виді креслення патрона. Розрахунок провадиться в два етапи: розрахунок діаметра ролика чи кульки і розрахунок діаметра кола, що огинає ролики чи кульки.

Діаметр роликів визначається залежно від параметрів оброблюваного зубчастого колеса, для того щоб забезпечити зіткнення роликів з зубами на деякій відстані від кола виступів. Рекомендується цю відстань приймати рівною  $0,5m$  для коліс з модулем менше  $3\text{ мм}$  і  $0,3m$  при модулі більше  $3\text{ мм}$ .

З рисунку 5.21 виходить, що діаметр ролика можна визначити з виразу:

$$d = 2(OK - MR) \quad \text{або} \\ d = 2[r_0 \operatorname{tg}(\gamma + \alpha_1) - R \sin \alpha_1], \quad (5.17)$$

де  $r_0$  – радіус основного кола колеса;  $R$  – радіус кола, на якому знаходяться точки торкання ролика з зубами.

Кут  $\alpha_1$  визначиться із співвідношення  $r_0 / R = \cos \alpha_1$ , звідки  $\alpha_1 = \arccos r_0 / R$ .

Кут  $\gamma$  знаходиться за формулою

$$\gamma = 0,5\varphi - \theta + \theta_1, \quad (5.18)$$

де  $\varphi = \frac{\pi}{z}$  – кут, що відповідає половині кроку зубів, виміряного по дузі початкового кола;  $z$  – число зубів колеса;  $\theta$  і  $\theta_1$  – кути, що характеризують інволютні функції кута зчеплення  $\alpha$  і кута  $\alpha_1$ .

Ці функції знаходяться по таблицях подібним тригонометричним функціям і можуть бути обчислені за формулою:

$$\theta = \operatorname{tg} \alpha - \alpha \quad (5.19)$$

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1. \quad (5.20)$$

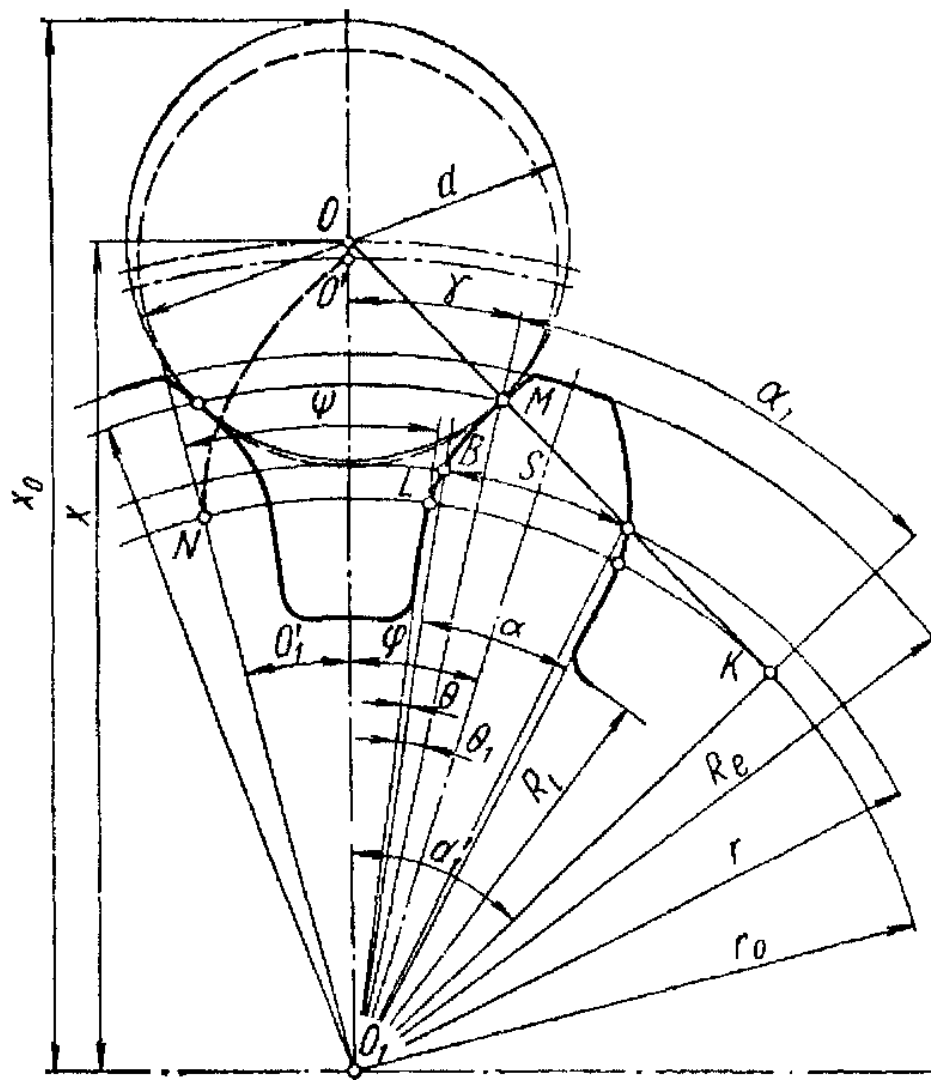


Рисунок 5.21. Схема для розрахунку діаметра роликів до патрона

### Приклад

Дано:  $r = 40$  мм,  $m = 4$  мм,  $\alpha = 20^\circ$ ,  $z = 20$

За таких умов:

$$R = R_e - 0,5m = r + 4 - 4 \cdot 0,5 = 40 + (4 - 2) = 42 \text{ мм};$$

$$r_0 = r \cos \alpha = 40 \cdot 0,93969 = 37,5876 \text{ мм};$$

$$\varphi = \frac{\pi}{z} = \frac{\pi}{20}; \quad \alpha_1 = \arccos \frac{r_0}{R} = \arccos \frac{37,5876}{42} = 25^\circ 4' 35'';$$

$$\theta = \operatorname{tg} \alpha - \alpha = \operatorname{tg} 20^\circ - \frac{\pi}{9} = 0,01490;$$

$$\theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1 = \operatorname{tg} 25^\circ 4' 35'' - \frac{\pi}{7,2} = 0,03022;$$

$$\gamma = 0,5\varphi - \theta + \theta_1 = \frac{\pi}{20} - 0,09340 + 0,03022 = 0,09382 \text{ рад}$$

$$\text{або } \gamma = 5^\circ 24'.$$

За формулою (5.17) визначимо

$$d = 2 \left[ 37,5876 \operatorname{tg} (5^\circ 24' + 25^\circ 4' 35'') - 42 \sin 25^\circ 4' 35'' \right] = 9,02 \text{ мм.}$$

Якщо одержаний діаметр ролика виявиться дробним, як у даному прикладі, його слід округлити до найближчого меншого цілого числа і при вибраному діаметрі перевірити величину  $x_0$ , яка є радіусом поверхні, якою кулачки патрона стикаються з роликами в момент закріплення оброблюваного колеса. Цю поверхню необхідно дуже точно обробляти.

Для перевірки через центр  $O'$  нового ролика необхідно провести евольвенту до точки  $N$  на основному колі і визначити кут  $\theta'_1$ , по цьому куту знайти з таблиць інволютних функцій  $\alpha'_1 = \arcsin v\theta'_1$  і визначити  $x_0$ :

$$x_0 = x + \frac{d}{2} = \frac{r_0}{\cos \alpha_1} + \frac{d}{2}. \quad (5.21)$$

Потім для перевірки розрахунків знайти нове значення  $R$ :

$$R = \sqrt{\left[ \left( x_0 - \frac{d}{2} \right) \sin \alpha'_1 - \frac{d}{2} \right]^2 + r_0^2}. \quad (5.22)$$

Якщо вийде, що одержане значення  $R > R_e$  (коло виступів колеса), то в розрахунках допущена помилка.

З рисунка 5.21 видно, що

$$\theta'_1 = \psi + \theta - \frac{\varphi}{2}, \quad \text{де } \psi = \frac{NL}{r_0} = 0,5 \frac{d}{r_0}.$$

(за властивістю евольвенти довжина дуги  $NL = 0,5d$ )

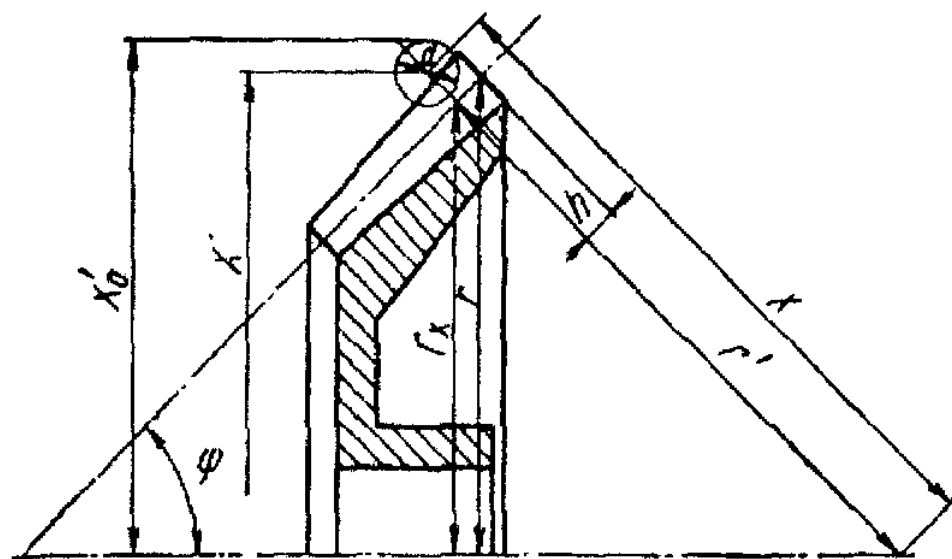


Рисунок 5.22. Схема для розрахунку діаметра кульок

У розглядуваному прикладі

$$\theta'_1 = 0,5 \frac{d}{r_0} + 0,01490 - \frac{\pi}{40} = 0,05546.$$

За таблицям інволютичних функцій знаходимо  $\alpha'_1 = 30^\circ 20'$

За формулою (5.21) дістанемо:

$$x_0 = \frac{r_0}{\cos 30^\circ 20'} + 4,5 = 48 \text{ мм.}$$

За формулою (5.22) дістанемо:

$$R = \sqrt{(43,5 \sin 30^\circ 20' - 4,5)^2 + 37,5876^2} = 41,7 \text{ мм.}$$

Оскільки  $R = 41,7$  мм,  $R_e = 43$  мм, то, виходить, що розрахунок виконано вірно.

В патронах для центрування косозубих коліс замість роликів застосовують кульки, діаметр яких визначається так же само, як і діаметр роликів для прямозубих коліс, з тим же самим числом зубів. В цих випадках для визначення дійсного значення  $x$  знайдену розрахунком величину необхідно тільки поділити на  $\cos \beta$  ( $\beta$  – кут нахилу зубів колеса).

## Приклад

Дано:  $m = 3$  мм;  $z = 20$ ;  $\alpha = 20^\circ$  (кут зчеплення);  $\beta = 15^\circ$ .

Тоді для прямозубого колеса одержимо:

$$R = \frac{mz}{2} + m - 0,5m = 31,5 \text{ мм}; \quad r = \frac{mz}{2} = 30 \text{ мм};$$

$$S = \frac{\pi m}{2} + 4,712389 \text{ мм};$$

$$r_0 = r \cos \alpha = 28,1907 \text{ мм};$$

$$\varphi = \frac{\pi}{z} = 0,1570796 \text{ рад};$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{r_0}{R} = \frac{28,1907}{31,5} = 0,88059;$$

$$\alpha_1 = 28^\circ 15'; \quad \theta_1 = \operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1 = 0,044264;$$

$$\theta = \operatorname{tg} \alpha - \alpha = 0,014904;$$

$$\frac{S}{2r} + \theta = \frac{4,712389}{2 \cdot 30} + 0,014904 = 0,0934438;$$

$$\gamma = \varphi - \frac{S}{2r} + \theta + \theta_1 = 0,1570796 - 0,0934438 + 0,044264 = 0,1078998;$$

$$\gamma = 6^\circ 11';$$

$$x_0 - \frac{d}{2} = \frac{r_0}{\cos(\eta + \alpha_1)} = \frac{28,1907}{\cos(6^\circ 11' + 28^\circ 15')} = 34,1796;$$

$$\frac{d}{2} = r_0 \operatorname{tg}(\gamma + \alpha_1) - R \sin \alpha_1 = 4,180458,$$

звідки  $d = 2 \cdot 4,180458 = 8,36$  мм.

Округливши діаметр кульки до 8 мм, проведемо перерахунок величин  $x$  і  $R_1$ :

$$\gamma_1 = \frac{S}{2r} + \theta + \frac{d}{2r_0} = 0,235346;$$

$$\theta'_1 = \gamma_1 - \frac{\pi}{z} = 0,078255 \text{ рад і } \alpha_1 = 33^\circ 38';$$

(дивися таблиці інволютних функцій значень полярних кутів евольвенти);

$$x_0 - \frac{d}{2} = \frac{r \cos \alpha}{\cos \alpha'_1} = \frac{30 \cdot \cos 20^\circ}{\cos 33^\circ 38'} = 33,8586 \text{ мм.}$$

Звідки  $x_0 = 33,8586 + 4 = 37,8586$  мм.

Для косозубого колеса

$$x_{\text{дійсне}} = \frac{x}{\cos \beta} = \frac{33,8586}{\cos 15^\circ} = 39,2 \text{ мм;}$$

$$R = \sqrt{\left[ \left( x_0 - \frac{d}{2} \right) \sin (\gamma + \alpha_1) - \frac{d}{2} \right]^2 + r_0^2} = 31,82 \text{ мм.}$$

Розмір  $2x_{\text{дійсне}}$  треба проставити на кресленні патрона у якості контрольного при шліфуванні кулачків в складеному виді.

Патрони з кульками забезпечують значно більшу точність центрування заготовки, ніж кулачкові і цангові, і радіальне биття у них складає 0,01–0,02 мм.

Діаметр кульок патронів для конічних коліс визначається так же само, як і діаметр роликів для циліндричних коліс, відповідно основних параметрів коліс.

Крім діаметра кульок, визначається відстань  $X'$  (рисунок 5.22) від центра кульки до осі колеса при певній відстані  $h$  від твірної зовнішнього додаткового конуса колеса до центра кульки.

Розмір  $X'$  є радіусом кола, на якому повинні розташовуватись кульки в патроні. Відшукується цей розмір залежно від розміру  $X$ , який в свою чергу, визначається залежно від радіуса  $r$  початкового кола, числа зубів  $z$  колеса, кута  $\varphi$  при вершині початкового конуса і від модуля  $m$ .

### Приклад

Дано:  $r = 80$  мм,  $z = 40$ ,  $\varphi = 45^\circ$ ,  $m = 4$  мм.

З рисунка 5.22 визначимо:

$$r_x = r + h \cos \varphi, \text{ звичайно } h = (1,0 - 1,5)m.$$

Приймаючи  $h = 1,5m = 6$  мм, одержимо:

$$r_x = 80 + 6 \cdot 0,7071 = 75,76 \text{ мм і}$$

$$r' = \frac{r_x}{\cos \varphi} = 107 \text{ мм.}$$

Приймаючи, як звичайно, відстань від твірної зовнішнього конуса колеса до точок контакту кульок з зубами  $O$ ,  $3m$ , знайдемо радіус кола торкання кульок для циліндричного колеса:

$$R = r' + m' - 0,3m',$$

де  $m'$  – модуль в перерізі на відстані  $h$  від твірної додаткового конуса (рисунок 5.21).

Оскільки

$$m' = m - \frac{r'm}{r} = \frac{(r - h \sin \varphi)m}{r} = m \left( 1 - \frac{h \sin \varphi}{r} \right) = 4 \left( 1 - \frac{6 \sin 45^\circ}{80} \right) = 3,788 \text{ мм},$$

$$\text{то } R = 107 + 3,788 - 0,3 \cdot 3,788 = 109,8 \text{ мм}.$$

Радіус основного кола циліндричного колеса при куті зчеплення  $\alpha = 20^\circ$  визначимо з рівняння

$$r'_0 = r' \cos \alpha = 107 \cdot 0,94 = 100,6 \text{ мм},$$

а число зубів цього колеса за формулою:

$$z' = \frac{z}{\cos \varphi} = \frac{40}{0,7071} = 56,57.$$

При цьому крок зчеплення по початковому колу

$$S' = \frac{2\pi r}{z'} = 11,893 \text{ мм}$$

і товщина зуба

$$S_1 = \frac{S'}{2} = 5,9465 \text{ мм}.$$

Подальший розрахунок величин  $\frac{\pi}{z}$ ,  $d$ , дійсних величин  $X'_0$  і

$R$  після округлення розміру  $d$  (у випадку, коли цей розмір виявиться дробним) провадиться аналогічно розрахунку роликів для циліндричних прямозубих чи кульок для циліндричних косозубих (дивися рисунок 5.21).

В розглядуваному прикладі:

$$\frac{\pi}{z'} = \frac{3,14}{56,57} = 0,055 \text{ рад};$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{r'_0}{R} = \frac{100,58}{109,8} = 0,916; \quad \alpha_1 = 23^\circ 32';$$

$$\theta_1 = 0,0247 \text{ (з таблиць інволютичних функцій при } \alpha_1 = 23^\circ 32')$$

$$\theta = 0,0149 \text{ (теж саме, при } \alpha = 20^\circ)$$

$$\frac{S_1}{2r'} + \theta = \frac{5,66}{2 \cdot 107} + 0,0149 = 0,0431;$$

$$\gamma = \frac{\pi}{z'} - 0,0431 + 0,0247 = 0,036; \quad \gamma^\circ = \frac{0,036 \cdot 180}{\pi} = 2^\circ 4';$$

$$x = \frac{100,58}{\cos(23^\circ 32') + 2^\circ 4'} = 111,5 \text{ мм};$$

$$\frac{d}{2} = 100,58 \operatorname{tg} 25^\circ 32' - 109,8 \sin 23^\circ 32' = 4,24 \text{ мм};$$

$$d = 2 \cdot 4,24 = 8,48 \approx 9 \text{ мм}.$$

Для округлення розміру діаметра кульки визначасмо

$$\gamma = \frac{d}{2r'_0} = \frac{9}{2 \cdot 100,58} = 0,0443 \text{ рад}; \quad \gamma = 2^\circ 32';$$

$$\theta_1 = \frac{S_1}{2r'} + \theta + \gamma - \frac{\pi}{z'} = 0,032;$$

$$\alpha'_1 = \alpha_1 + \gamma = 26^\circ 9';$$

$$X = \frac{107 \cdot 0,93969}{0,90233} = 112,003 \text{ мм};$$

$$R = \sqrt{\left[112,003 \sin 26^\circ 9' - \frac{d}{2}\right]^2 + 100,6^2} = 110,6 \text{ мм};$$

$$x'_1 = x \cos \varphi = 112,003 \cdot 0,70711 = 79,186 \text{ мм};$$

$$2x'_1 = D_1 = 158,37 \text{ мм}.$$

Кульки розміщують по колу діаметром 158,37 мм.

З метою скорочення часу при проектуванні пристроїв на практиці слід користуватись готовими таблицями, які легко скласти на основі наведеної методики розрахунків.



## 5.5. Пристрої третьої групи

### Копіювальні механізми

За допомогою копіювальних механізмів провадять обробку конусних і циліндричних поверхонь і в комбінації з конусними при наявності декількох плавних переходів від одного профілю до другого – сферичних поверхонь і поверхонь спеціального профілю.

Для обробки пологих конусів з кутом ухилу до  $10^\circ$  включно на токарних верстатах часто передбачається пристосування, яке називається синусною лінійкою, яка розташована з задньої сторони станини. При користуванні такою лінійкою з нею зв'язують поперечні рухи супорта, попередньо звільненого від поперечного ходового гвинта. Для обробки різних конусів на револьверних верстатах передбачаються особливі пристосування, які встановлюються на револьверній головці.

При виборі копіювальних пристосувань для обробки конусів слід використовувати конструкції, які не потребують ручної подачі (рисунок 5.23). При обертанні патрона 2 з оброблюваною заготовкою 3 і поступальному русі револьверної головки 5 у напрямку стрілки А різцеутримувач 4 під дією копіра 1 автоматично переміщується в напрямку стрілки Б.

Пристрій для обробки напівсфер показана на рисунку 5.24. Пристрій складається з двох частин: зварного кронштейна 1, закріпленого на корпусі 3 супорта, і планки 5, яка розташована в різцеутримувачу 6. Обидві частини зв'язані шарнірно тягою 10. Перед встановленням пристрою на верстат ходовий гвинт каретки 7 знімається, що забезпечує вільне її переміщення в поперечних напрямках повздовжньої каретки верстата.

У різцеутримувач встановлюють різець 9 і настроюють його на необхідний радіус обробки  $R$ , який дорівнює відстані від вершини різця до осі 11 поворота тяги 10. Крім того, різець за допомогою шаблона суміщують з віссю шпинделя, як показано на рисунку. Після цього супорт підводять до установленної в патроні заготовки 12 і обертаючи рукоятку 8, переміщують поперечні ползки 2. При цьому вісь 4 буде переміщуватись по дузі кола радіусом рівним довжині тяги 10, а різець – по дузі радіусом  $R$ . Так, за декілька проходів одержують повний профіль напівсфери.

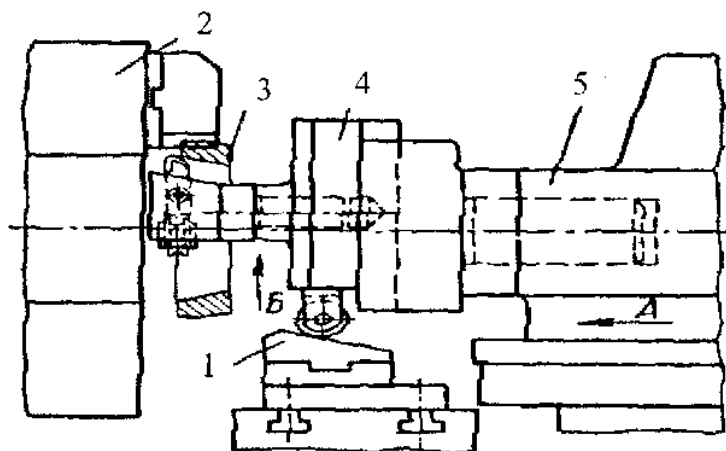


Рисунок 5.23. Схема копіювального пристрою до револьверного верстата

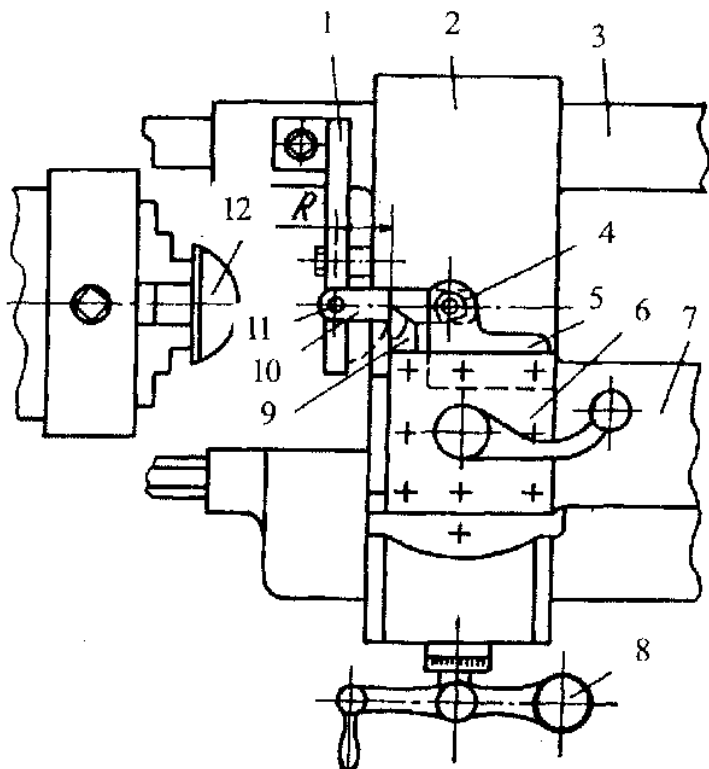


Рисунок 5.24. Пристрій для обробки напівсфер

Пристрій для ексцентричної обробки показано на рис. 5.25. Оброблювана заготовка 13 (поршень) встановлена на палець 9, прикріплений до корпусу 7, на якому за допомогою шпонки 8 утримується копір 5. Корпус закріплений на шпинделі верстата. Оброблювана заготовка притискується до установчого пальця пневмоприводом задньої бабки верстата за допомогою обертового упора 14 (профіль копіра показано в перерізі АА). Державка 3 ролика 4 і державка 15 різця 10 упираються в нерівноплечий важіль 1, який коливається. Тому при обертанні копіра профіль його зовнішньої поверхні передається на заготовку. Нерівноплечий важіль застосовується з метою зменшення навантаження на ролик копіра, але при цьому всі розміри копіра мають бути більшими відповідних розмірів деталі в  $L/l$  разів. Корпус 2 державок закріплюється на супорті верстата. Пружина 17 підтримує постійний контакт ролика з копіром. Від провертання поршень утримується вилкою 11 і зйомним пальцем 12. Вилка зв'язана з корпусом 7 за допомогою шпонки 16. Пружина 6 дозволяє автоматично зняти заготовку з установчого пальця 9. Цим способом можна обробити також профіль, який є непостійним по довжині або повернутий по гвинтовій лінії.

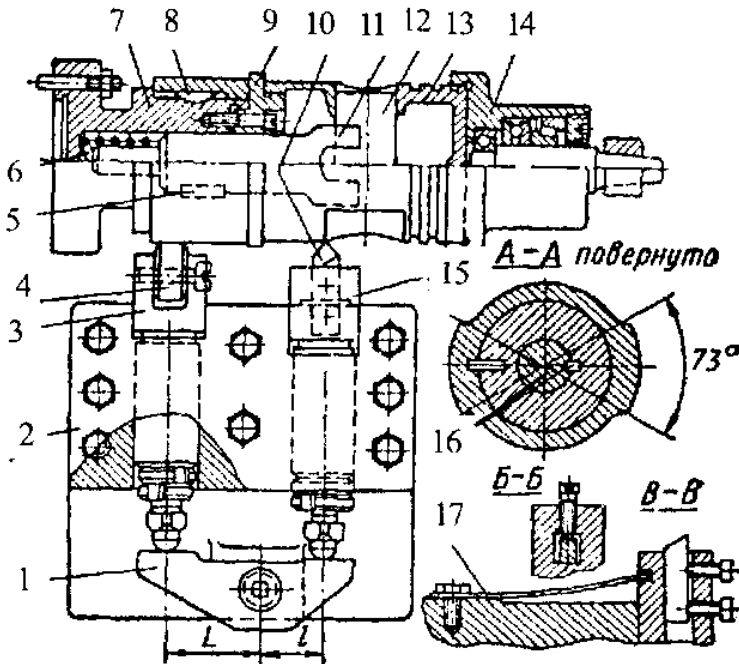
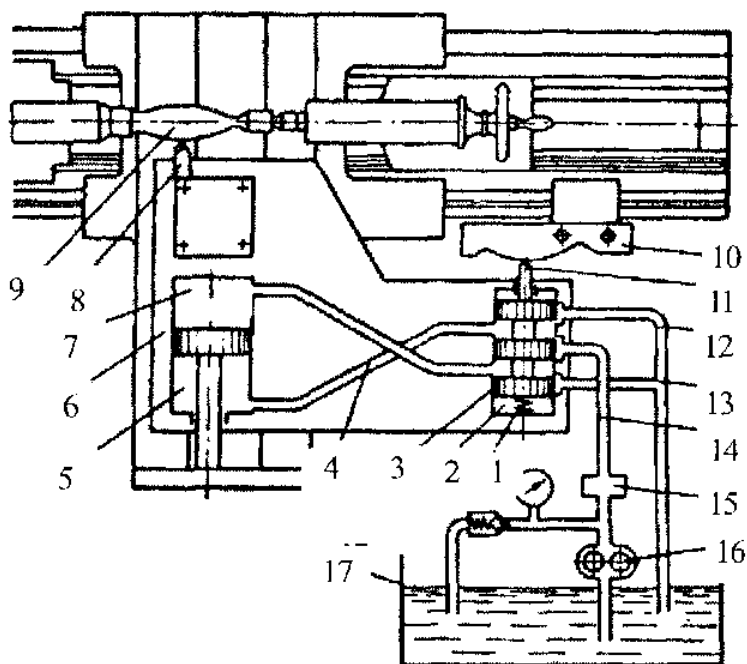


Рисунок 5.25. Пристрій для ексцентричної обробки

Для здійснення такого об'ємного обточування іноді використовують обертаючий кулачок відповідного профілю, розташований паралельно осі деталі, який при своєму обертанні, синхронному зі шпинделем верстата, переміщує різець в бік осі заготовки. Цей метод може бути здійснений на звичайному токарному верстаті при використанні додаткової передачі до копіру.

Однокоординатна гідравлічна слідкуюча система, яка автоматизує поперечну подачу інструмента при копіювальному точінні показана на рисунку 5.26.



**Рисунок 5.26.** Схема гідравлічного копіювального слідкуючого пристосування

Насос 16 через фільтр 15 і трубопровід 14 подає мастило у втулку 2 реверсивного дросельного золотника 3, який керує робочим циліндром 5. Від втулки 2 мастило по трубопроводах 4 і 7 надходить в циліндр 5, а по трубопроводах 12 і 13 стікає в резервуар. Постійна повздовжня подача супорта здійснюється механізмом подачі верстата за допомогою його ходового гвинта.

Напрявлення мастила в ту чи іншу порожнину робочого циліндра залежить від ступіня відхилення копіювального пальця 11 від його нейтрального положення. Якщо крива копіра 10, по якій ковзас палець 11, йде на підйом, золотник 3 переміщується вниз від нейтрального положення і спрямовує мастило в нижню порожнину циліндра 5. В результаті цього корпус циліндра переміщує поперечний супорт 6 з різцем 8 в напрямку збільшення діаметра обточування. Проте внаслідок жорсткого зв'язку втулки 2 з супортом 6 перша, відсуваючись від копіра, дозволяє пружині 1 наблизити золотник до копіру, що миттєво змінює напрямок руху рідини до циліндра 5.

Таким чином, процес стеження складається з миттєвих осьових переміщень золотника і різця, які складаються з безперервним повздовжнім рухом супорта. Коли підйом кривої копіра припиняється, палець 11 повертається в нейтральне положення і в обох порожнинах циліндра встановлюється однаковий тиск, супорт в поперечному напрямку не переміщується і різець обробляє циліндричну поверхню. При подальшому зниженні по кривій копіра палець 11 під дією пружини 1 переміщується вгору, мастило спрямовується у верхню порожнину циліндра і вимушує різець наблизитися до осі деталі 9.

Таке пристосування дає можливість автоматизувати обробку складних фасонних поверхонь. Швидкість автоматичної подачі при цьому досягає 200 мм/хв і точність копіювання в межах  $\pm 0,02$  мм. Величина похибки копіювання при такій системі визначається величиною зміщень золотника з нейтрального положення, яка потрібна для створення необхідної різниці тиску в порожнинах циліндра, оскільки на таку ж саму величину зміниться відносно положення копіювального пальця і різального інструменту в процесі обробки. Суттєвим недоліком такої системи (з однією автоматичною подачею) є змінний характер результуючої подачі залежно від кривизни профіля копіра, що не дає можливості обробляти криві з кутом підйому  $\alpha \pm 90^\circ$  (зокрема, ступінчасті валики).

Цей недолік усувається при використанні супорта, розташованого під деяким кутом до осі оброблюваної заготовки. Такий супорт дозволяє оброблювати криві з кутом підйому  $\alpha \geq 90^\circ$ .

## 5.6. Інші пристрої (допоміжний інструмент)

Для скорочення тривалості обробки на токарних верстатах застосовують спеціальні поворотні різцетримачі, які несуть кілька інструментів. За допомогою цих різцетримачів можна одночасно обробляти кілька поверхонь (рисунок 5.27), використовуючи поздовжню або поперечну подачу супорта. Попередньо налагодивши верстат для роботи за упорами, забезпечують автоматичне одержання розмірів. В умовах серійного виробництва доцільно мати кілька змінних різцетримачів залежно від кількості деталей, оброблюваних на верстаті. Пристосування для закріплення різального інструменту на токарно-револьверному верстаті (різцетримачі, державки для закріплення самовстановлюваних розверток, розточні скалки, плашкоутримувачі, супорти для проточування кільцевих канавок в отворах) значною мірою нормалізовані. Конструкції та основні розміри цих пристроїв наведено у відомчих нормалях.

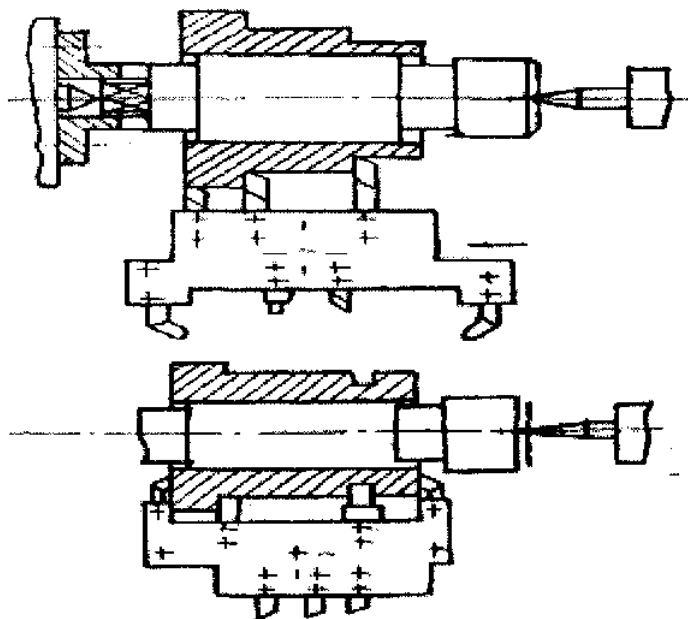


Рисунок 5.27. Схеми спеціальних поворотних різцетримувачів для токарних верстатів

## Запитання для самоконтролю

1. На які групи поділяються пристрої, що застосовуються на токарних та шліфувальних центрових верстатах?

2. Яку конструкцію мають кінці шпинделей токарних верстатів, та якими способами центруються і закріплюються на них пристрої?

3. Надайте загальну характеристику пристроям першої групи та наведіть приклади.

4. Наведіть класифікацію центрів токарних, розкрийте особливості навантаження переднього і заднього центрів та яким чином це відбивається на їх конструкції?

5. Що являє собою плаваючий передній центр? Ділянка його застосування, переваги, недоліки.

6. Що являє собою кульковий обертаючий задній центр? Які його можливості, переваги та недоліки?

7. Що являє собою підпружинений задній центр? В чому полягають особливості його застосування? Переваги та недоліки.

8. Накресліть принципову схему заднього центра, який забезпечує постійну силу затиску. В чому полягають переваги та недоліки такої схеми?

9. Які пристосування відносять до найпростіших повідкових? В чому полягає основний недолік таких пристосувань і якими шляхами цей недолік можна усунути?

10. Що являє собою самозатискний трикулачковий повідковий патрон? Особливості його конструкції, умови самонагальмування, ділянка застосування, переваги, недоліки.

11. Які види оправок застосовуються для обробки заготовок з центральним отвором? Надайте їх коротку характеристику.

12. Що являють собою гладка оправка та оправка з розрізним кільцем. Як розраховується сила на штоці механізованого привода, що потрібна для затиску заготовки на цих оправках?

13. В чому полягають особливості конструкції шліцьових оправок? Які вихідні дані потрібні для їх розрахунку, та які параметри розраховуються?

14. Те ж саме конусні оправки.

15. Що являє собою самозатискна оправка? Як розраховується сила затиску заготовки при використанні такої оправки? Які умови самогальмування цих оправок?

16. Люнети. Призначення, різновиди, будова. Особливості застосування.

17. Надайте загальну характеристику другої групи та наведіть приклади.

18. Перелічіть види кулачкових патронів. В чому полягають особливості їх застосування?

19. Що являє собою двокулачковий самоцентруючий патрон з ручним приводом? Особливості його конструкції, ділянка застосування, переваги, недоліки.

20. Те ж саме. Патрон з механізованим приводом.

21. Наведіть приклади налагодження двокулачкових самоцентруючих патронів на обробку різних заготовок.

22. Наведіть конструктивну схему пристроїв для обробки деталей класу стояки, кронштейни, підшипники. Які технічні вимоги ставляться до цих пристроїв? Їх переваги і недоліки.

23. Наведіть конструктивну схему патрона для обробки ексцентричних поверхонь. Які технічні вимоги до нього ставляться? Переваги і недоліки.

24. Наведіть конструктивну схему патрону для центрування заготовок по складних поверхнях (западинам зубчастих коліс). Які технічні вимоги ставляться до таких патронів?

25. Які потрібні вихідні дані для розрахунку патронів для шліфування центрального отвору зубчастих коліс і які параметри при цьому треба розраховувати і з якою точністю?

26. Надайте загальну характеристику пристроям третьої групи та наведіть приклади.

27. Наведіть принципову схему обробки конусних поверхонь за допомогою пристрою.

28. Те ж саме напівсфер.

29. Те ж саме ексцентричних поверхонь.

30. Надайте загальну характеристику допоміжного інструменту, що застосовується при обробці точінням та шліфуванням. Наведіть приклади.



# ТЕМА

# 6

## Пристрої для свердлильних верстатів

### 6.1. Характерні конструктивні особливості та види пристроїв для свердлильних верстатів

Верстати свердлильної групи призначені для різної обробки наскрізних і ненаскрізних отворів інструментами що обертаються (свердлами, зенкерами, розвертками тощо). Для забезпечення певного положення осей оброблюваних отворів відносно тих чи інших поверхонь деталі необхідне точне напрямлення інструменту в процесі обробки. Це напрямлення забезпечується кондукторними втулками, які було описано в п. 4.1.

Як було відмічено вище, кондукторні втулки можуть розміщуватись як безпосередньо у виливаному чи зварному корпусі пристрою, так і в кондукторних плитах. Останній варіант більш поширений, тому що він спрощує та здешевлює процес виготовлення пристрою, оскільки плиту можна виготовляти окремо від корпусу і прикріплювати її до корпусу гвинтами. Щоб в цьому випадку забезпечити точне і незмінне положення плити на корпусі, в додаток до гвинтів застосовують установчі контрольні штифти. Такі плити називаються постійними.

Постійні плити іноді створюють незручності при встановленні і знятті оброблюваних заготовок. Тому часто замість постійних плит застосовують шарнірні (відкидні) плити. На одному кінці такої плити свердлять отвори для осі, відносно якої плита може бути повернута в положення, яке забезпечує доступ до оброблюваної заготовки. Ця вісь служить також опорою для кондукторної плити. На другому кінці плити роблять прорізь для відкидного гвинта, яким плита притискується до установчих елементів, які закріплено на корпусі поблизу відкидного гвинта. Точність обробки заготовок в пристроях з відкидними плитами нижче точності обробки з постійними плитами, а затрати на їх виготовлення вище.

Крім відкидних плит у виробництві застосовують зйомні плити, які не мають постійного зв'язку з корпусом пристрою, координуються з ним за допомогою точно розташованих на корпусі пальців і закріплюються швидкодіючими затискачами. Такі плити забезпечують більш високу точність обробки у порівнянні з відкидними плитами і більш вільний доступ до оброблюваної заготовки, але зняття і встановлення їх займає багато часу. Щоб усунути ці недоліки, у великосерійному і масовому виробництві такі плити підвішують до шпинделя верстата подібно плитам багатошпиндельних головок (див. рисунок 3.39) і називають їх тому підвісними.

У масовому і великосерійному виробництві широко застосовують пристрої з підйомними кондукторними плитами, які аналогічні підвісним і відрізняються від них тільки тим, що вони постійно не зв'язані зі шпинделем верстата і, навпаки, постійно зв'язані з корпусом пристрою. Таким чином, пристрій з підйомною плитою може бути використаний на будь-якому верстаті як для одношпиндельного, так і для багатошпиндельного свердління. Звичайно підйомні плити характерні для швидкодіючих скальчастих кондукторів.

Оскільки в кондукторних плитах встановлюють втулки, які служать для напрямлення інструмента під час його роботи, а від точності цього напрямлення залежить точність обробки, то при конструюванні плит необхідно передбачити достатню їх жорсткість. Товщина плити визначається висотою кондукторної втулки і знаходиться в межах 15–30 мм. Для високих втулок на плиті передбачають місцеві потовщення. Жорсткість плит досягається за допомогою ребер, які відливають за одне ціле з плитою або приварюють до неї.

Для обробки отворів на свердлильних верстатах проектується і виготовляється різна оснастка: скальчасті та інші типи кондукторів, поворотні столи і стояки (в тому числі ділильні), багатошпиндельні і револьверні головки, всілякий допоміжний інструмент тощо. В останній час знайшла широке застосування переналагоджувана механізована і частково автоматизована свердлильна оснастка з пневматичним або гідравлічним приводом.

## 6.2. Скальчасті кондуктори

З нормалізованих і переналагоджуваних пристроїв для свердильних верстатів найбільш широко застосовуються скальчасті кондуктори консольного і порталного типів з ручним чи пневматичним затисканням. В конструкцію будь-якого скальчастого кондуктора входять постійні і змінні вузли (налагодження). **Постійна частина** кондуктора нормалізується і складається з корпусу, двох або трьох розташованих на ньому скалок, які несуть кондукторну плиту, механізму для переміщення скалок і затиску оброблюваних заготовок.

**Змінні налагодження** проектуються відповідно до конфігурації оброблюваних заготовок і складаються з установчо-затискних вузлів і змінної кондукторної плити з комплектом кондукторних втулок. Для базування і фіксації змінних налагоджень в корпусі і кондукторній плиті передбачаються установчі поверхні (центруючі отвори, установчі пальці, Т-подібні пази тощо).

Існуючі різновиди скальчастих кондукторів дозволяють оброблювати різні за формою і розміром заготовки, починаючи з валиків і закінчуючи плоскими заготовками довжиною до одного метра і більше.

За конструкцією механізму підйому і опускання скалок, який одночасно є і силовим механізмом, що затискує оброблювані заготовки кондукторною плитою, скальчасті кондуктори поділяють на такі основні типи:

- 1) з рейковим механізмом і приставним роликівим або ексцентриковим замком;
- 2) з рейковим механізмом і торсіонно-роликівим замком;
- 3) з рейко-конусним механізмом;
- 4) з рейко-пружинним механізмом;
- 5) з пружинно-кривошипним або пружинно-кулачковим механізмом;
- 6) кондуктори з пневматичним приводом.

Найбільше поширення мають рейково-конусні та пневматичні механізми. На рисунку 6.1 і 6.2 показано консольний і порталний скальчасті кондуктори з рейково-конусним механізмом.

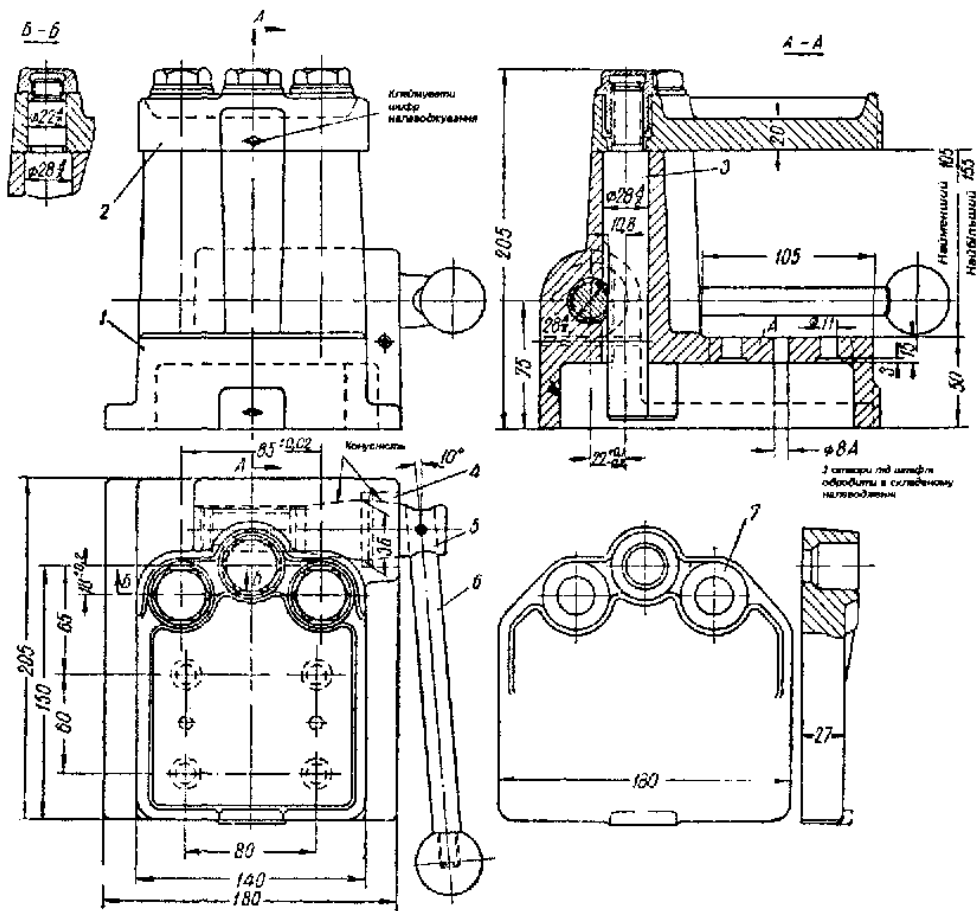


Рисунок 6.1. Консольний скальчастий кондуктор з рейково-конусним механізмом

В отворах корпуса 1 кондуктора (рисунок 6.1) ковзають три скалки, на яких гайками закріплена кондукторна плита 2. Середня скалка-рейка 3 з косими зубцями зв'язана з зубчастим валиком 5, який має гвинтові зубці; кут нахилу зубців  $45^\circ$ . Правий кінець зубчастого валика оснащений двома конусними ділянками. Обидва конуси притерті в кінцевих отворах корпуса 1 і кришки 4. Опускання плити провадиться рукояткою 6.

В момент, коли кондукторна плита торкнеться заготовки, скалка-рейка зупиняється. При подальшому натисканні на рукоятку горизон-

тальна складова реакції збоку скалки-рейки на зубчастий валик змістить його вліво, затягне конус і застопорить механізм. Кут конуса менше кута тертя ( $\alpha = 5 - 6^\circ$ ), що забезпечує самогальмування.

Для звільнення заготовки і підйому плити рукоятку обертають у зворотній бік. В момент натискання на рукоятку горизонтальна складова реакції зубця скалки на зубець 5 змінить свій напрямок, виштовхне конус з його гнізда і надасть можливість підняти плиту. У верхньому піднятому положенні кондукторна плита утримується другим конусом валика 5, який заклинюється в конусному отворі кришки 4.

На площині А корпусу закріплюється змінна підставка з установчими елементами для оброблюваної заготовки, а на змінній кондукторній плиті 2 чи 7 монтуються кондукторні втулки.

### Розрахунок затискного зусилля з застосуванням конусного замка (стосовно до скальчастого кондуктора)

Потрібне затискне зусилля [7]

$$W = Q \left( 1 - 3 \frac{\ell}{\ell_1} f \right),$$

де  $\ell$  – відстань від осі колонки до затискача;  $\ell_1$  – довжина прямої частини колонки;  $f = 0,1$  – коефіцієнт тертя;  $Q$  – фактичне осьове зусилля на колонці кондуктора; [7]

$$Q = 2 \frac{M_{кр}}{d_t} - F,$$

де  $M_{кр}$  – крутний момент, прикладений до рукоятки;  $d_t$  – діаметр початкового кола зубчастої частини конуса;  $F$  – сила тертя, що протидіє опусканню колонки; [7]

$$F = 2 \frac{M_{кр}}{d_t} \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sin(\alpha + \varphi)} f,$$

де  $\alpha = 45^\circ$  – кут нахилу зубців колонки;  $a_1$  – половина кута конуса;  $\varphi$  – кут тертя на конусі.

Портальний скальчастий кондуктор (рисунок 6.2) також складається з двох основних частин: корпуса 1 і кондукторної плити 2. На корпусі встановлюється підставка для оброблюваної заготовки, а на плиті – кондукторні втулки і фіксуючі елементи.

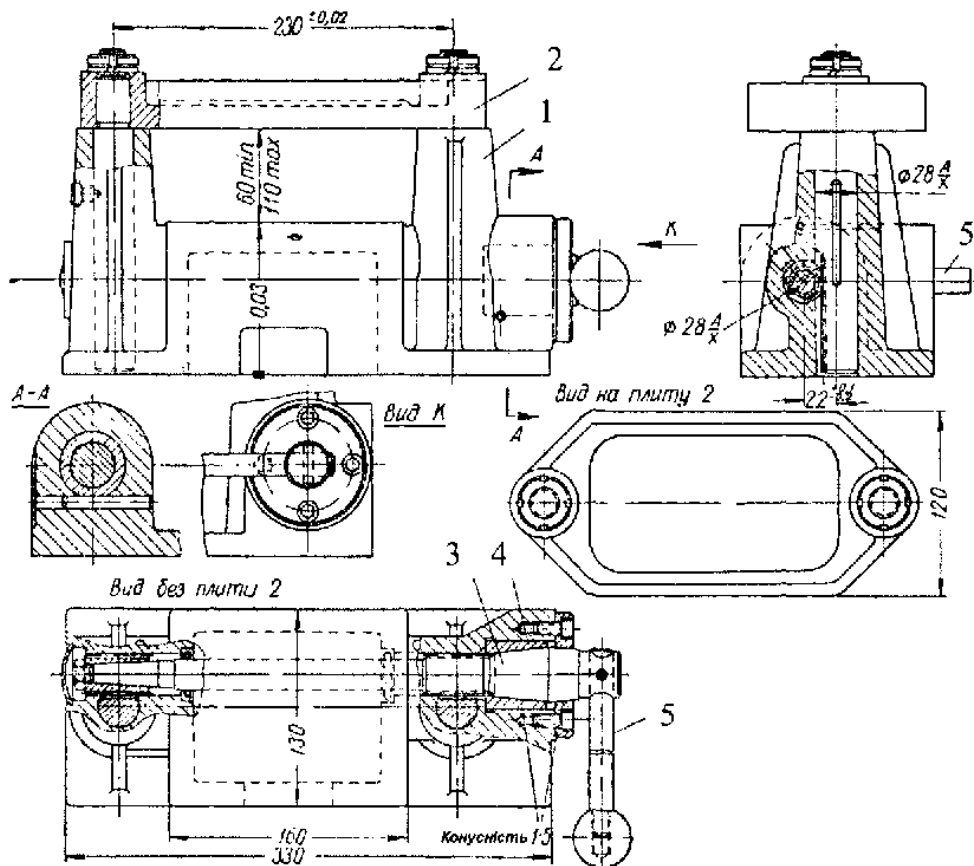


Рисунок 6.2. Портальний скальчастий кондуктор з рейково-конусним механізмом

Встановлення і затиск заготовки здійснюється поворотом рукоятки 5, яка закріплена у валику 3. При повороті валика плита опускається до упора в заготовку, після чого, за рахунок косоного розташування зубців, відбувається осьове зміщення валика і затягування конусної частини у втулку 4. Самогальмування клинової пари перешкоджає відтисканню плити.

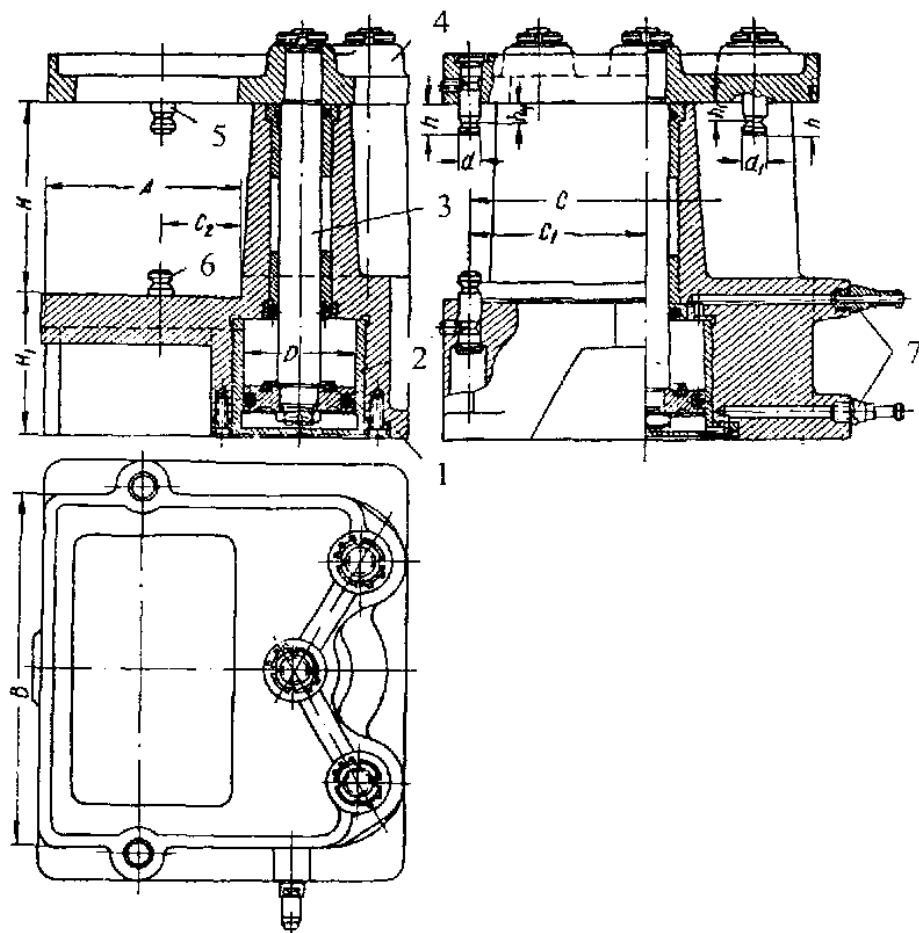


Рисунок 6.3. Скальчастий кондуктор консольного типу з пневматичним приводом

На рисунку 6.3 показано скальчастий кондуктор консольного типу з пневматичним приводом. В корпус 1 кондуктора вмонтовано циліндр 2, в якому переміщується поршень зі штоком 3, який замінює собою одну з трьох скалок. На скалках установлена плита 4, в якій безпосередньо чи в змінній плиті, що до неї закріплюється, монтується кондукторні втулки. Змінна підставка для встановлення оброблюваних заготовок базується на площині корпуса і двох установчих штифтах 6; змінна кондукторна плита базується по нижній площині плити 4 і двох установчих штифтах 5. Стиснуте повітря надходить в циліндр через штуцери 7.

Приклад базування і закріплення змінних елементів для свердління чотирьох отворів в заготовці з циліндричним хвостовиком і прямокутним фланцем наведено на рисунку 6.4. На площині корпусу і установчих пальцях 1 змонтована підставка 2, а на нижній площині плити 4 з прямокутним вікном і на пальцях 3 змонтована змінна кондукторна плита 5, до якої гвинтами закріплено призми 6, які служать для орієнтації і затиску оброблюваних заготовок.

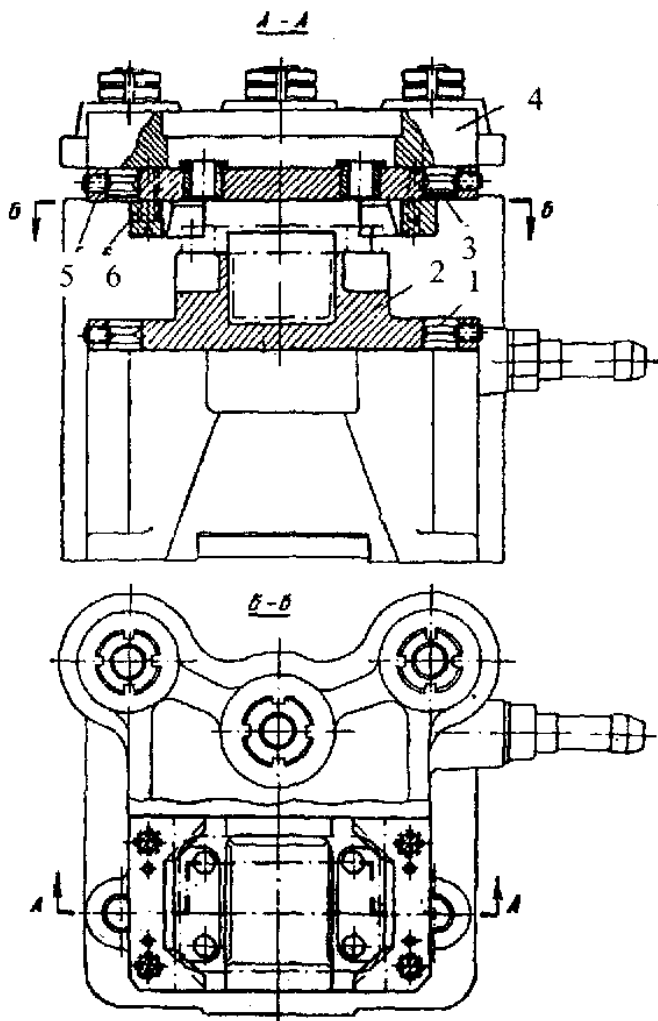


Рисунок 6.4. Приклад базування і закріплення змінного налагодження на корпусі кондуктора



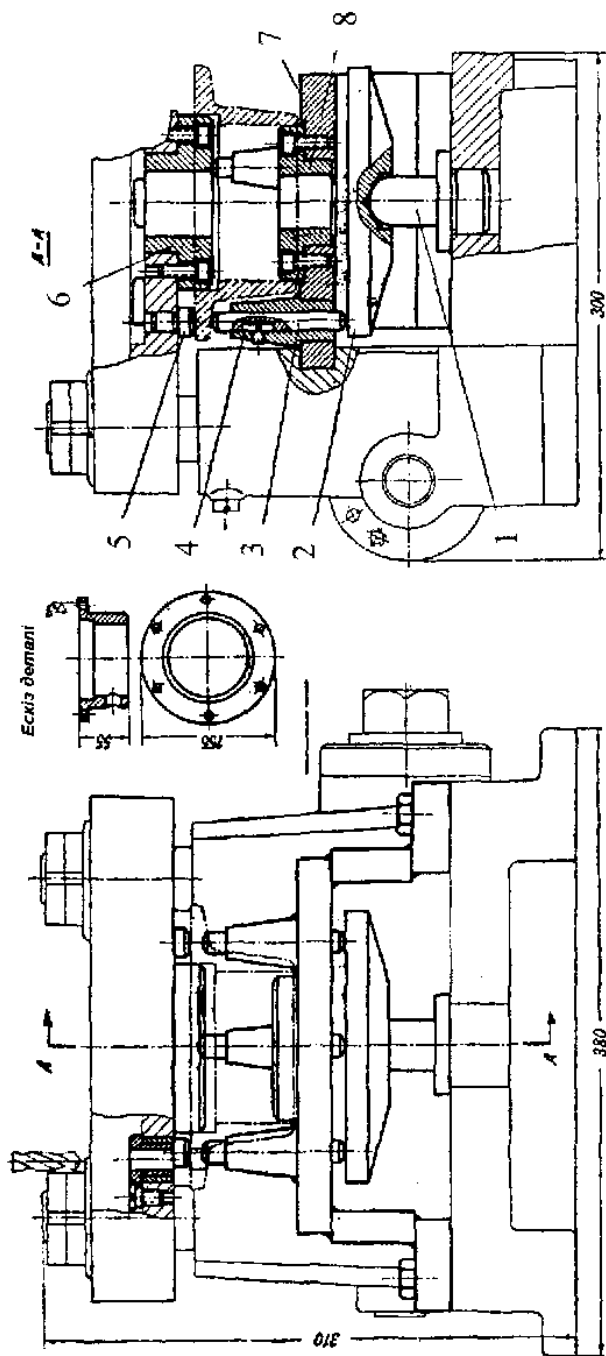


Рисунок 6.5. Налаштування для свердління отворів на фланці втулки

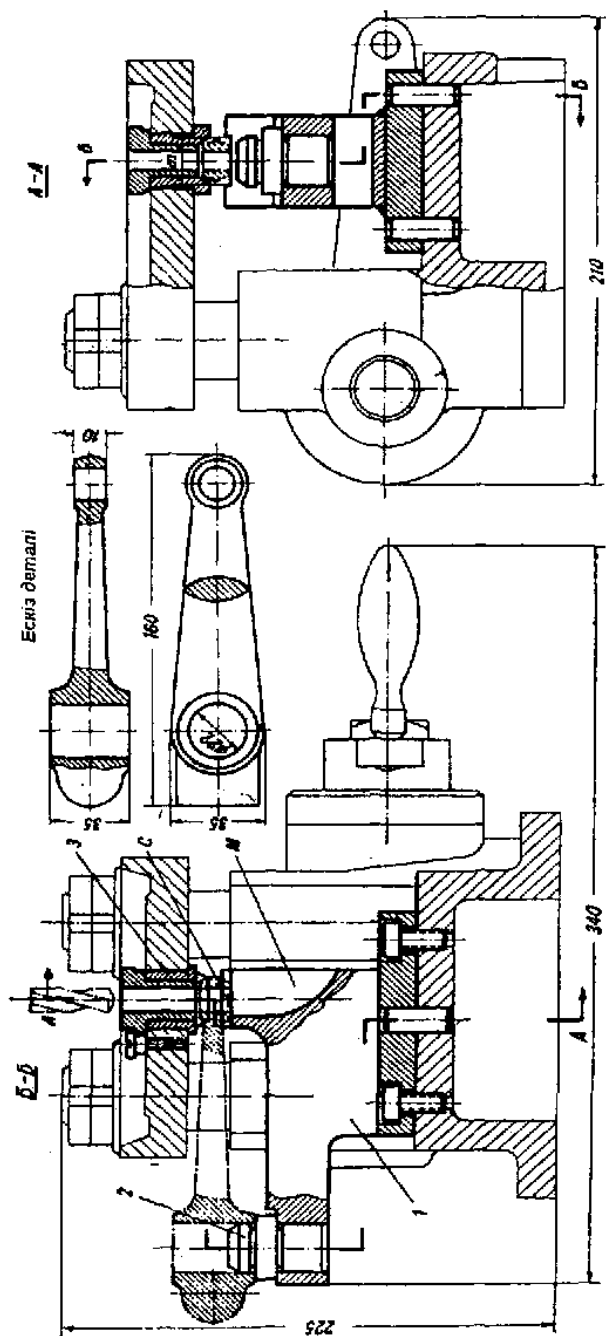


Рисунок 6.6 – Налаштування для свердління і розвертання отворів у малій головці важеля

## Приклади налагоджень скальчастих кондукторів

На рисунку 6.5 показано налагодження скальчастого кондуктора для свердління отворів на фланці втулки.

Заготовка попередньо центрується на пальці 8, а при опусканні кондукторної плити вирівнюється по трьох опорних штирях 5 і остаточно центрується пальцем 6. Отвори свердляться з боку площини, що прийнята за установчу базу. Для рівномірного прилягання до трьох опор використано плаваючий плунжерний механізм, який складається з пальця 1 зі сферичною головкою, диска 2, що хитається, і трьох плунжерів 3, що напрямляються втулками 4.

Необхідно щоб при затиску оброблювана втулка не спиралась на деталь 7, а підтримувалася б тільки плунжерами 3.

На рисунку 6.6 показано налагодження для свердління й розвертання отворів в малій головці важеля.

Важіль отвором великої головки центрується на пальці 2, а малою головкою попередньо орієнтується у виїмці підставки 1, яка закріплена до опорної площини кондуктора. Ширина виїмки  $m$  на 1–2мм більше зовнішнього діаметра малої головки. При опусканні кондукторної плити втулка 3, нижній торець якої виконано у виді призми, остаточно центрує важіль у повздовжній площини симетрії і затискує його. Для виходу стружки в корпусі підставки 1 передбачено виїмку  $M$ .

При жорсткому пальці 2 центрувати малу головку конусною „триточковою” втулкою не можна через похибки в розмірах між осями бобишок.

### 6.3. Стаціонарні пристрої

Стаціонарними називають пристрої, в яких оброблювана заготовка протягом всієї обробки на даному верстаті залишається нерухомою. Застосовують такі пристрої, головним чином, на радіально-свердильних, розточувальних і багатошпindelних верстатах. На вертикальних одношпindelних верстатах такі пристрої застосовують в тому випадку, коли в заготовці оброблюється один отвір або отвори, що розташовані на одній осі, і тому пристрій може бути нерухомо закріплений на певному місці столу. Місце

закріплення визначається за допомогою інструмента (або оправки), яка вводиться в кондукторну втулку подачею шпинделя до моменту закріплення пристрою або відшукується вивіркою положення пристрою за допомогою індикатора.

На вертикально-свердильних верстатах стаціонарні пристрої застосовують також при обробці групи отворів за допомогою багатшпиндельної головки. Такі пристрої широко використовуються при обробці на радіально-свердильних і агрегатних верстатах. Плита в таких пристроях частіше всього нерухома.

Суттєва перевага стаціонарних пристроїв полягає в тому, що в результаті постійного і точного розташування на верстаті вони забезпечують менше зношування кондукторної втулки і інструмента. Тому часто стаціонарними роблять пристрої з підвісною підйомною, зйомною і шарнірною кондукторною плитою.

Майже всі стаціонарні пристрої мають полицки для закріплення до столу верстата. Іноді в цих полицках передбачають відкриті пази для кріпильних болтів; внаслідок того, що при конструюванні пристроїв важко розмістити ці пази так, щоб вони збігались з пазами столу, то на кресленні пристроїв їх показувати не обов'язково. В цьому випадку пази виконують по місцю при налагодженні пристрою або закріплюють пристрій за полицку спеціальними прихватами.

Стаціонарний пристрій показано на рисунку 6.7. Цей пристрій призначено для свердління отвору в одній головці деталі типу шатуна двигуну. Оброблювана заготовка 13 укладається в прямокутний паз опори 12 і одягається обробленим отвором у другій головці на палець 14. Пристрій приводиться в дію пневмоприводом, поршень 1 якого розміщено в циліндрі, що знаходиться безпосередньо в корпусі 7 пристрою. Необхідна сила затиску передається від поршня через клиновий шток 3 на ролик 4 стержня 5, який діючи на важіль 8, провертає його навколо осі 9. Важіль переміщує затискний кулачок 10.

Для виходу інструмента в опорі 12 передбачено отвір, а під опорою в корпусі – порожнину 11 для видалення стружки. Замість порожнини можна виконати наскрізний отвір для виходу інструмента, а для збирання стружки в корпусі передбачити спеціальну

вішу. Бокові стінки опори 12 мають бути по можливості низькими для зручності встановлення і зняття оброблених заготовок. При випуску повітря з циліндра поршень повертається у вихідне положення під дією двох пружин 2, а важіль 8 – під дією пружини 6.

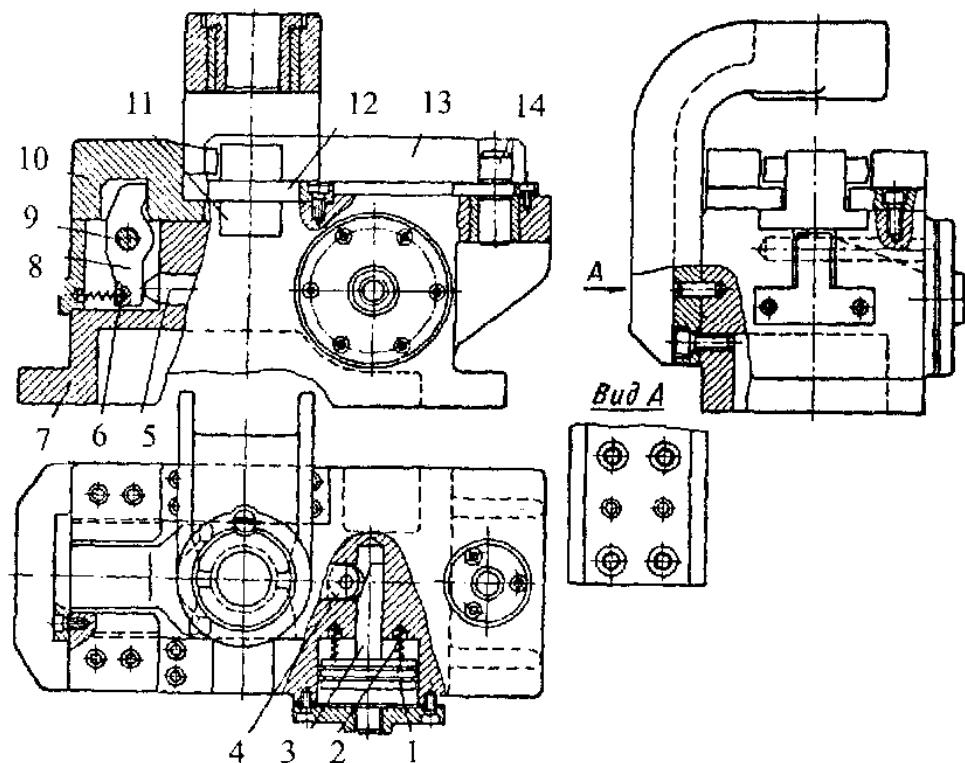


Рисунок 6.7. Стационарний пристрій з постійною кондукторною плитою і пневмоприводом

До переваг пристрою слід також віднести нерухомість кондукторної плити, оскільки рухомість плити неминуче в тій чи іншій мірі знижує точність обробки. Крім того, всі механізми пристрою захищені від попадання стружки. Проте в практиці бувають причини, які не допускають використання нерухої плити. До них відносяться незручності встановлення і очищення пристрою від стружки (наприклад, при обробці групи отворів в плоскій низькій деталі), чи при встановленні заготовки на високий палець. В останньому випадку близькість плити заважає встановленню і зняттю заготовки.

До стаціонарної групи можуть бути віднесені так звані само-затискні пристрої, які звичайно не мають кондукторної плити (рисунки 6.8). Основною особливістю цих пристроїв є використання сили різання для закріплення заготовки при обробці, що має особливе значення при обробці отворів значного діаметру (50–200мм), коли надійно закріпити заготовку вручну важко.

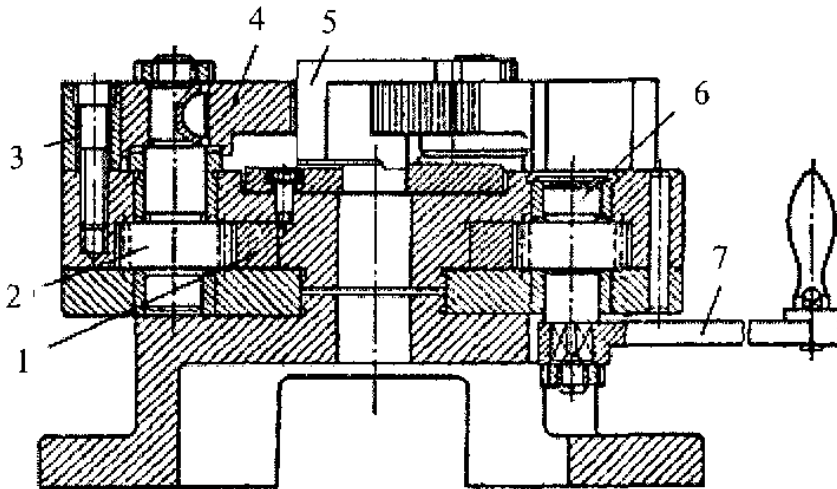


Рисунок 6.8. Стаціонарний пристрій без кондукторної плити

Пристрій має три ексцентрикових кулачки 4, які посаджено на зубчасті валики 2, що заблоковані одним спільним колесом 1. На окремому зубчастому валику 6, що знаходиться в зчепленні з колесом 1, розміщена рукоятка 7, поворотом якої здійснюється одночасний поворот всіх кулачків для попереднього закріплення чи звільнення оброблюваної заготовки 5. Коли під дією сили різання оброблювана заготовка намагається повернутись, кулачки підсилюють закріплення заготовки тим більше, чим більше сила різання.

В результаті того, що кулачки заблоковані, оброблювана заготовка автоматично центрується в пристрою. Встановлення пристрою на верстаті провадиться по отвору затиснутої заготовки за допомогою індикатора або ж безпосередньо інструментом. Перевага розглядуваної конструкції полягає в тому, що затискні кулачки

спираються на нерухомі планки 3, що надає жорсткість закріплення заготовки. В умовах серійного виробництва іноді застосовують змінні кулачки для обробки заготовок різних розмірів. В цих випадках для зменшення витрат їх виконують у виді циліндричних шайб з концентричними отворами з пазом під шпонку. Ексцентриситет же створюють внаслідок зміщення осі посадочної шийки зубчастих валиків.

Стационарні пристрої доволі часто мають підвісну кондукторну плиту, яка не тільки покращує умови завантаження заготовок, але й використовується як затискач. Особливо в компоновці з багатошпіндельною головою.

Пристрій з підвісною плитою-затискачем показано на рисунку 6.9. При свердлінні радіального отвору у втулці 2 оброблювані заготовки розташовуються у похилому жолобі 11, а крайня з них утримується підпружиненим упором 1. Підвісна плита 3 опускаючись своїми плунжерами 5 опускає упор 1, стискаючи пружину 12. Крайня заготовка при цьому скочується в ящик 13, а наступна утримується затискною призмою 6 плити. При подальшому опусканні плити сила затиску заготовки зростає під дією пружини 10, а свердло 8, будучи напрямлено втулкою 7, що зупинилась, починає обробку. Після закінчення свердління пружини 10 продовжують утримувати заготовку до тих пір, поки свердло не вийде з оброблюваного отвору.

Плита 3 підвішена до корпусу 9 за допомогою двох стержнів 4, які ковзають в корпусі. Корпус закріплено тангенціальним нарізним затискачем до гільзи (пінолі) шпинделя верстата, який має тільки поступальний рух. При свердлінні малих отворів ( $d < 6$  мм) збільшення опору пружини 10 не дозволяє робітнику при робочій подачі свердла відчувати опір різанню, що може призвести до поламки інструмента. В цих випадках доцільно забезпечити незалежну дію на руки робітника сил пружин і подачі.

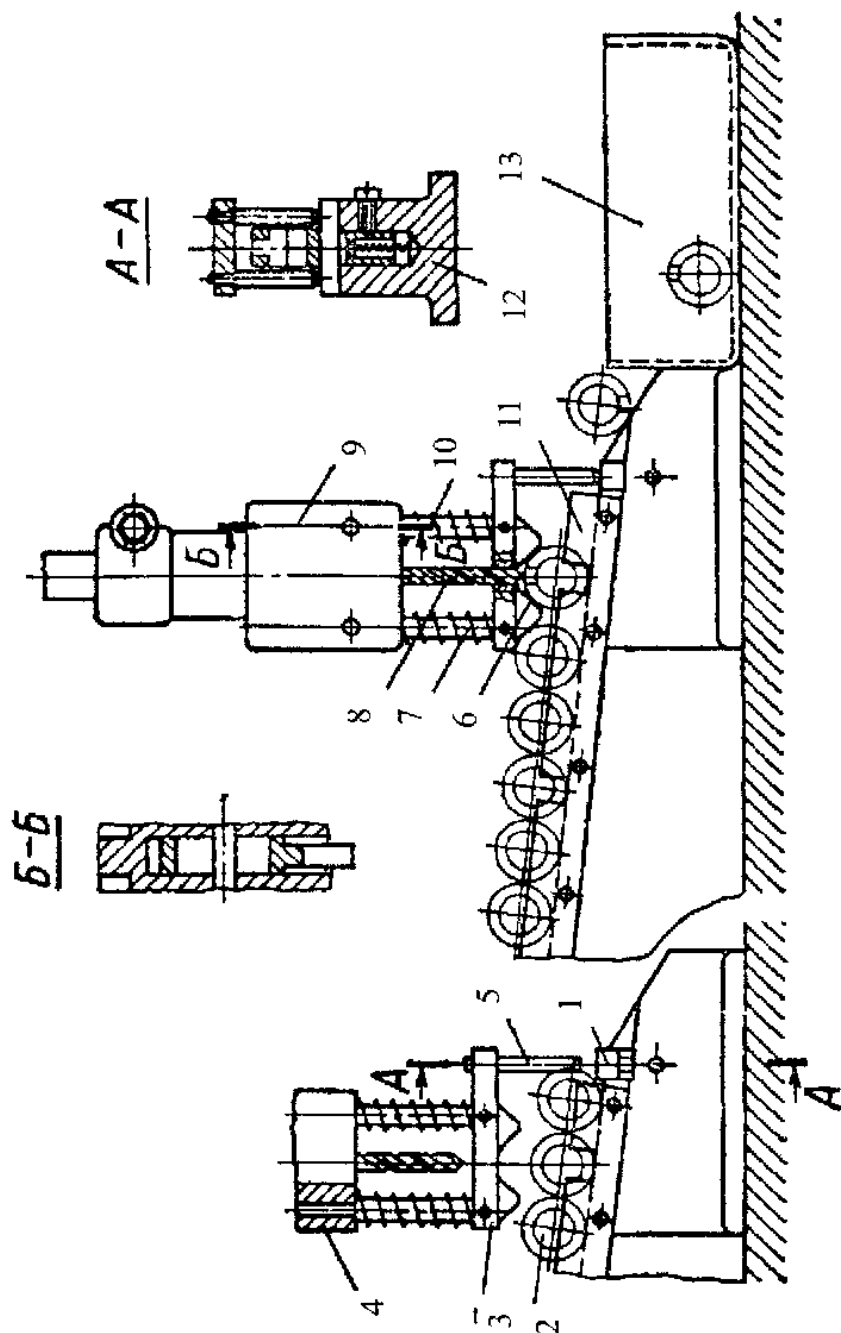


Рисунок 6.9 – Пристрій з підвісною плитю-затискачем



## 6.4. Рухомі пристрої

Ці пристрої застосовують на одношпindelних свердлильних верстатах при послідовній обробці групи паралельно розташованих отворів.

Коли осі отворів знаходяться в одній вертикальній площині, то з метою економії часу на „вловлювання” осі шпинделя і для сприйняття крутного моменту різання пристрій пересувають по площині столу верстата між двома закріпленими на ньому планками. У великосерійному виробництві нерідко в таких випадках застосовують спеціальні полозки, по яких пристрій переміщується рейковою зубчастою передачею. Це особливо необхідно, коли значна вага пристрою і заготовки утруднює їх пересування на столі верстата вручну.

Коли потрібно обробити тільки два отвори, що знаходяться в одній площині, на кінцях корпусу пристрою доцільно застосовувати регульовані упори для прискорення суміщення кондукторних втулок зі шпинделем верстата. Якщо ж пристрій призначена для обробки великої кількості отворів, необхідно передбачити спеціальний ділильний механізм.

## 6.5. Поворотні пристрої

Для свердління отворів, розташованих з різних боків деталі або по її колу, для свердління з боку площини, що прийнята у якості установчої бази, і, нарешті, для багатошпindelної обробки застосовують поворотні пристрої. Ці пристрої можна застосовувати на свердлильних верстатах будь-якого типу і вони можуть мати вертикальну, горизонтальну чи похилу вісь обертання. Найбільш широко розповсюджені пристрої з вертикальною та горизонтальною віссю обертання.

Поворотні і ділильні механізми пристроїв з вертикальною віссю обертання описано в темі 4.

Одноопорний поворотний пристрій консольного типу з горизонтальною віссю обертання показано на рисунку 6.10. Такі пристрої застосовуються у випадках, коли виліт осі свердління незначний. Цей пристрій призначено для обробки чотирьох отворів в лапах хрестовини 6. Хрестовина встановлена на пальці 7

і 8 диска 5, зв'язаного з поворотною плитою 4 горизонтальною цапфою 9, яка розміщена в отворі пальця 7. Плита 4 є частиною стояка 3. Закріплення хрестовини здійснюється нарізним затискачем з важільним підсилювачем. Гвинт 1 затискача загвинчується в тіло пальця 7.

Для кожного оброблюваного отвору передбачена своя кондукторна втулка 2. При несиметричному розташуванні отворів відносно осі обертання поворотної плити цю обробку можна здійснити тільки на радіально-свердлильному верстаті. При використанні в таких випадках вертикально-свердлильного верстата вага пристрою і габаритні розміри утруднюють його пересування по столу для суміщення осі інструмента з віссю кожної втулки. Тому такі пристрої на вертикально-свердлильних верстатах звичайно використовуються для обробки радіально розташованих отворів. В цьому випадку свердлити можна не тільки через окремі для кожного отвору втулки, але й через єдину втулку, яку нерухому розташовують над заготовкою. В цю конструкцію входить механізм, що блокує керування фіксатором з затягуванням плити 4.

Блокування механізмів керування пристроєм створює великі зручності в обслуговуванні і економію допоміжного часу на обробку заготовок. Це набуває особливого значення при свердлінні неглибоких отворів, коли машинний час відносно невеликий, а кількість отворів значна. Пристрій з плитою діаметром менше 500мм можна встановити на робочому столі свердлильного верстата. Пристрої великих розмірів встановлюють на нижню плиту верстата. В останньому випадку керувати такими пристроями рекомендується за допомогою педалі. Для запобігання громіздких корпусів вдаються до використання окремо виливаних чи зварених підставок, за допомогою яких пристрій розташовують на бажаній висоті над підлогою.

В пристроях, що спеціально призначені для роботи на радіально-свердлильних верстатах, часто подібні конструкції ставлять на тумбу верстата, внаслідок чого вдається застосовувати такі пристрої для обробки великих деталей не використовуючи громіздкі корпуси.

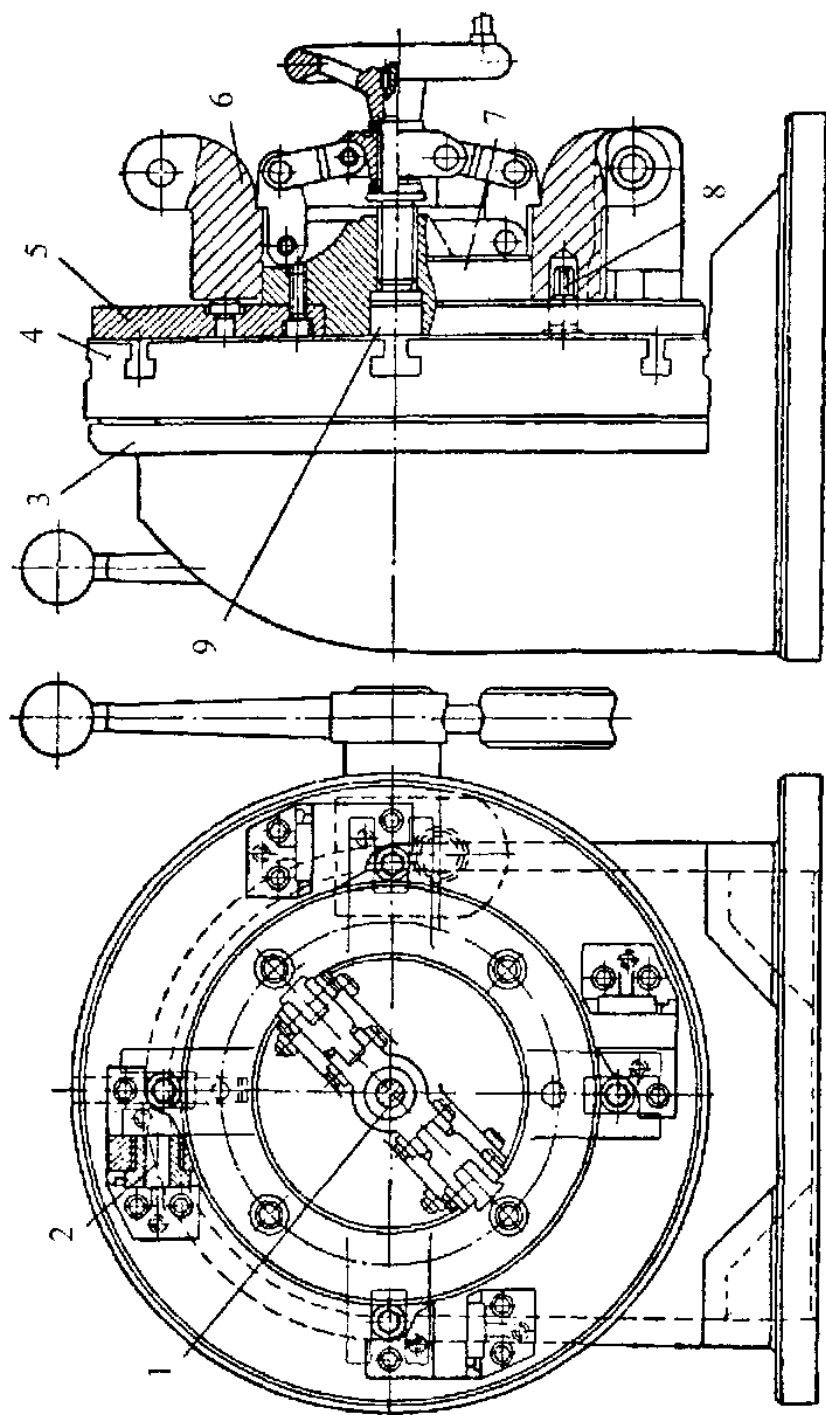


Рисунок 6.10. Поворотний пристрій консольного типу з горизонтальною віссю

Двоопорні пристрої забезпечують стійке положення робочого пристрою. Стояки з опорами для повороту таких пристроїв нормалізовані. Поворотна частина притягується до одного стояка центральним паризним затискачем. Штурвальна головка з рукоятками розташована збоку пристрою з метою забезпечення безпеки повороту. З цією ж метою керування педаллю фіксатора винесено в той же бік. При наявності кулькових опор для цапф ці заходи обережності необхідні навіть при достатньо добре збалансованому пристрої, оскільки будь-який довільний рух обертаючої маси по інерції є небезпечним для робітника.

При конструюванні великих пристроїв доцільно механізувати поворот. З цією метою на кінці цапфи 9 (рисунок 6.11), що служить віссю повороту шлиту, закріплюють черв'ячне колесо, а в стояку монтують у вертикальному положенні черв'як 1, на кінці якого закріплюється муфта 2, зв'язана з другого боку з валиком 3, на якому посаджено нижню частину храпової муфти 4. Верхня частина 5 цієї муфти через валик 6 може бути зв'язана зі шпинделем радіально-свердлильного верстата. Сила зчеплення муфти регулюється натягненням пружини 7 за допомогою гайки 8.

Наявність такого механізму усуває удар і поламку пристрою при попаданні фіксатора під дією пружини у відповідну втулку. Подібні пристрої додатково механізують, застосовуючи пневматичні затискачі для оброблюваної заготовки. Стиснуте повітря підводиться через ліву цапфу. Циліндри розташовують в обертаючому корпусі або у цапфі пристрою. Для механізації повороту важких пристроїв іноді застосовують окремі електродвигуни.

На рисунку 6.12, *a* наведено конструкцію поворотного пристрою для свердління радіальних отворів втулок, кілець, фланців тощо. Пристрій забезпечує автоматичний поворот оброблюваної заготовки 12 разом з установчою оправкою 13 і затискними деталями 9, 10 і 11. Досягається поворот за допомогою ділильного диска 14, закріпленого на оправці 13, і собачки 4, що вільно розміщена на осі 3 в штанзі 5.

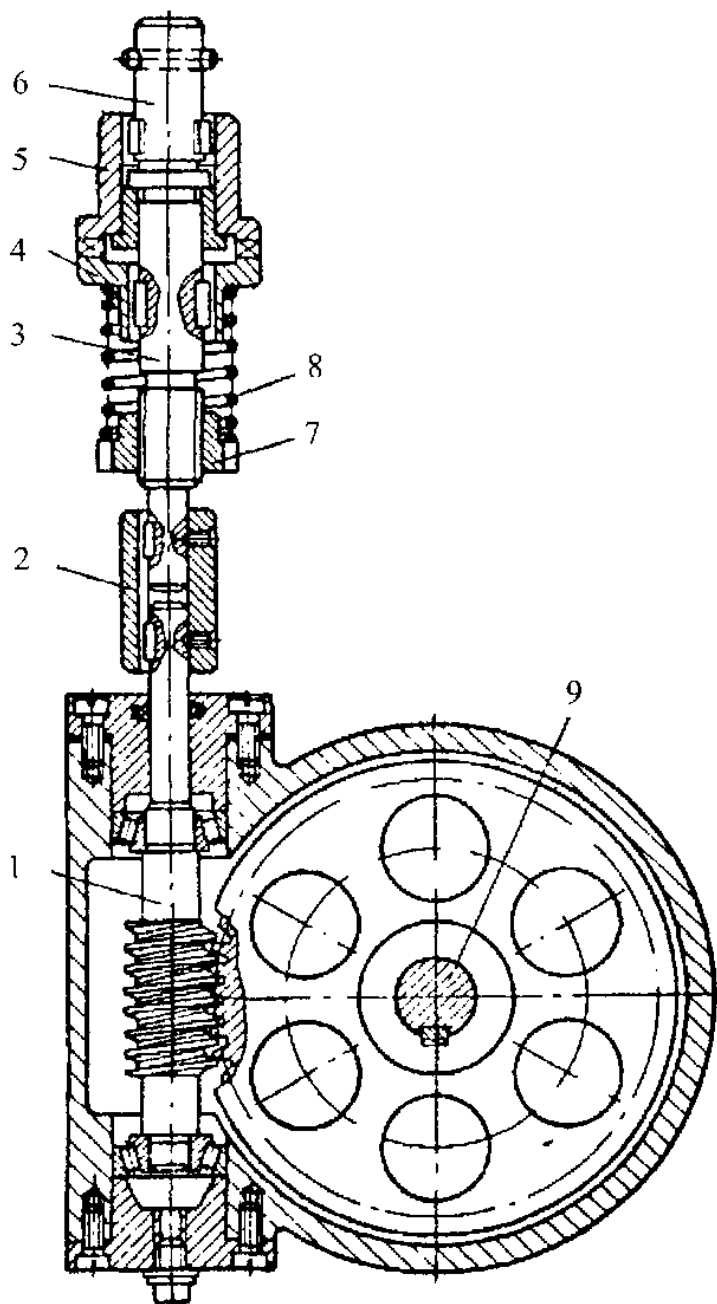


Рисунок 6.11. Черв'ячний привод для механізації повороту пристрою

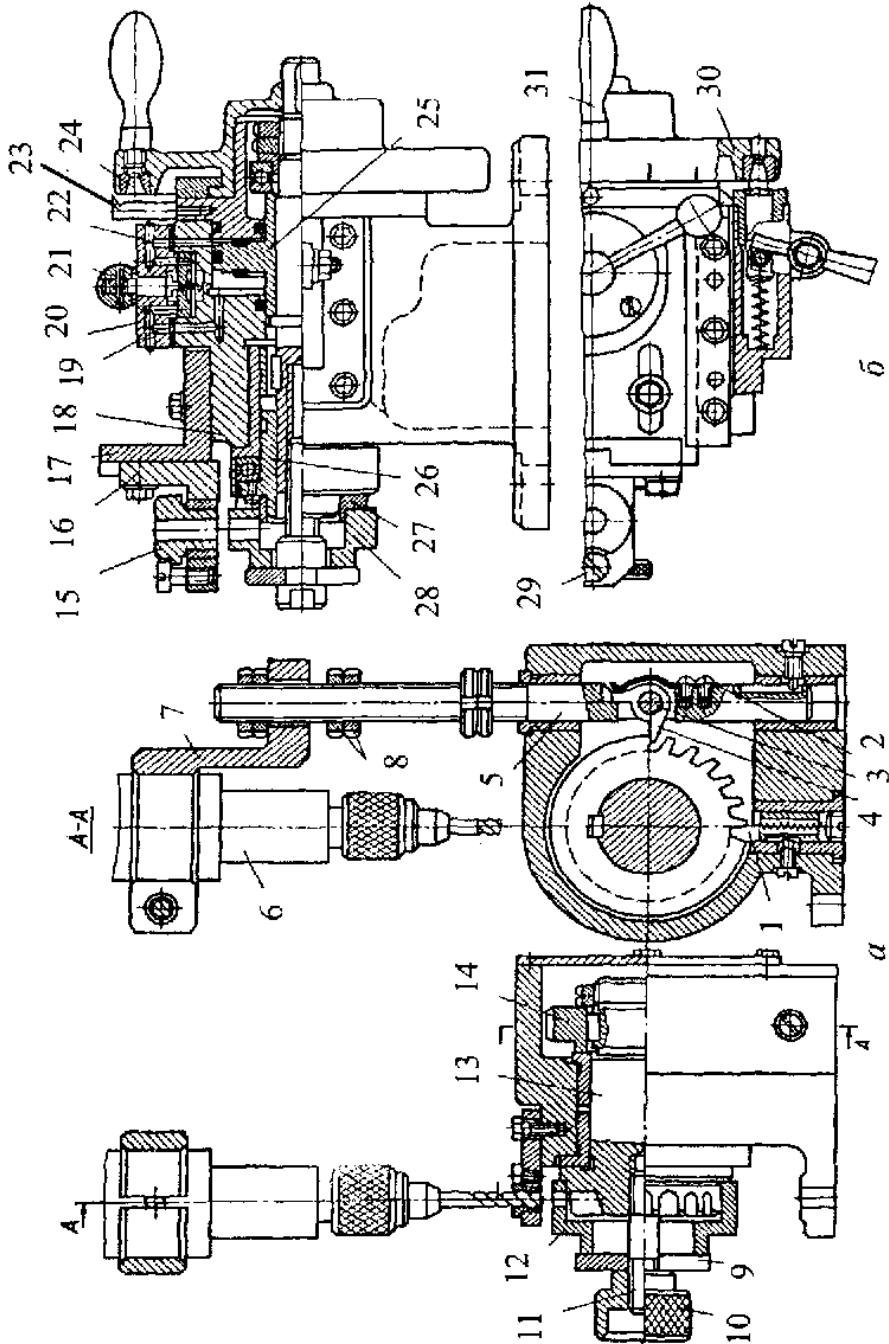


Рисунок 6.12 – Схема поворотного пристрою для дрібних деталей

Під час робочого ходу шпинделя 6 кронштейн 7 за допомогою гайок 8 опускає штангу 5 з собачкою 4, зустрічаючи виступ ділильного диска 14, повертається, долаючи опір пружини 2, і знову повертається у вихідне положення, як тільки вийде із зчеплення з диском 14. Останній при цьому утримується нерухомо фіксатором 1. По закінченні свердління при підйомі шпинделя 6 кронштейн 7 піднімає штангу 5, собачка входить в зчеплення з черговим виступом ділильного диска і повертає його разом з оброблюваною заготовкою. Фіксатор 1 при цьому потопає в корпус внаслідок контакту з диском зрізаною боковою поверхнею і знову заскочує в черговий паз диска під дією своєї пружини.

Конструкція переналагоджуваного поворотного пристрою показана на рисунку 6.12, б.

Поворот оброблюваної заготовки 28 разом з установчими і затискними елементами провадиться за допомогою ділильного диска 30 з рукояткою 31 вручну. Кут повороту контролюється показником і штрихами на поверхні ділильного диска. Диск утримується в потрібному положенні фіксатором, який входить почергово в отвори 24 диска 30, закріплюється оброблювана заготовка механічно, тобто за допомогою вмонтованого пневмоциліндра в корпусі 18. Циліндр – двобічної дії. Поворотом рукоятки 21 повітря з мережі подається за допомогою розподільного пристосування 20 по каналу 19 в порожнину з лівого боку поршня 25 або по каналу 22 в порожнину з правого боку поршня.

Можливість обробки різних типорозмірів заготовок забезпечується застосуванням змінних установчих втулок 25, головок 26 кріпильного гвинта 29 і кондукторної втулки 15, а також представленням кондукторної плити 16 в кронштейн 17 у вертикальній площині і переміщенням кронштейна 17 в горизонтальній площині по напрямним, що знаходяться на корпусі 18.

### **Точність поворотних пристроїв**

На точність поворотних пристроїв впливають зазори в напрямних фіксатора і цапфи. Наявність зазорів викликається необхідністю збереження вільної посадки в напрямних з перекриттям відхилень у відстанях між осями втулок, а також між віссю фіксатора і віссю цапфи. Одержання мінімальних величин цих відхилень досягається розточуванням отворів під всі втулки на

презійційних верстатах, які забезпечують точність лінійних розмірів до 0,005 мм. Для цього робочій частині фіксатора надають форму ромба з великою віссю, перпендикулярною радіусу плити. Посадочні зазори в окремих випадках мають бути мінімальними. Досягається це шляхом індивідуального припасування втулок по фіксатору. В таблиці 6.1 наведено норми точності кроку, заданими практики [4].

Таблиця 6.1 – норми точності кроку

Тип фіксаторів	Допустимі похибки однієї поділки, мм	Допустиме радіальне і осьове биття диска, мм
Циліндричні	$\pm 0,015$	0,010
Конусні і призматичні	$\pm 0,010$	0,010

Теоретична залежність допуску кроку  $T_{кр}$  між отворами обробленої заготовки від похибок пристрою може бути виражена формулою [4].

$$T_{кр} = \Delta_1 + \Delta_2 + T_1 + \varepsilon, \quad (6.1)$$

де  $\Delta_1$  і  $\Delta_2$  – діаметральні зазори посадки фіксатора в напрямних втулках нерухомої і поворотної частини пристрою;  $T_1$  – похибка розміру між осями двох сусідніх ділильних втулок;  $\varepsilon$  – ексцентриситет втулок.

Похибка відстані від фіксатора до центра обертання у формулу (6.1) не входить. Це пояснюється тим, що дана похибка перекривається двобічним зрізом робочого кінця фіксатора.

Існує ряд конструкцій фіксаторів, які підвищують точність ділильних пристосувань поворотних пристроїв в результаті усунення в тій чи іншій мірі впливу зношування втулки і фіксатора і посадочного зазору між цими деталями.

Одна з таких конструкцій наведена на рисунку 6.13, а. В цій конструкції застосовано циліндричний фіксатор 3 зі скошеним торцем, яким він при зануренні у втулку 1 під дією пружини 4 упирається в скошений виступ шайби 2 і притискується завжди до



одного боку втулки 1, вибираючи зазор у втулці. Клиновий фіксатор є надійною конструкцією, оскільки попадання бруду чи дрібної стружки на клинові поверхні контакту фіксатора не впливають на точність ділення чи повороту внаслідок того, що в будь-якому випадку частина циліндричної поверхні фіксатора западає у втулку.

Проте при використанні таких конструкцій зазор в напрямних фіксатора зберігається і викликає неминучі похибки в кроці повороту столу. Цього недоліку не мають рейкові циліндричні фіксатори 8 (рисунок 6.13, б) з клиновим пазом і проріззю, які забезпечують прилягання фіксатора до зубу поворотного диска 6 з одночасним розтисканням його у втулці 7.

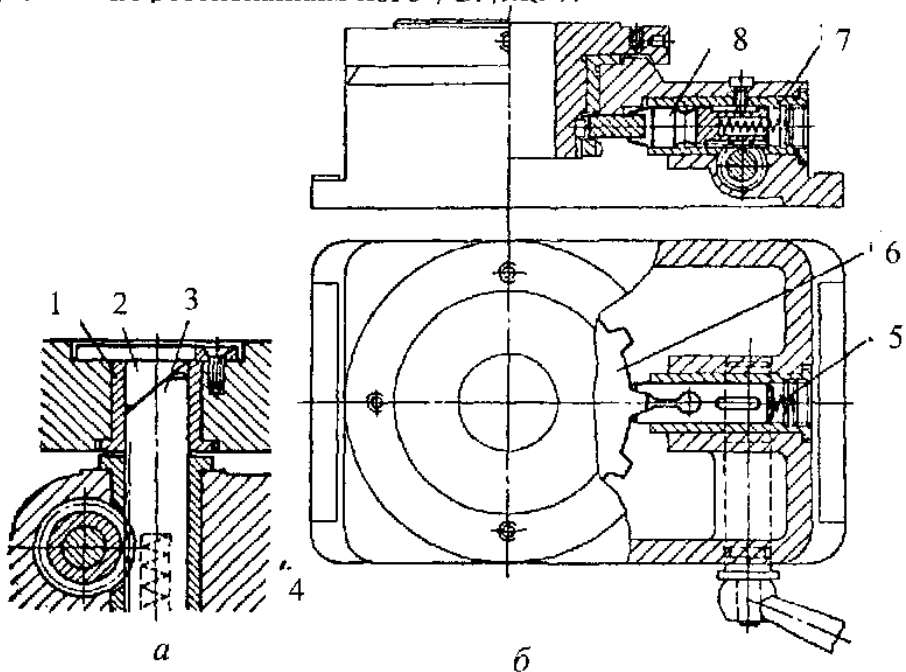


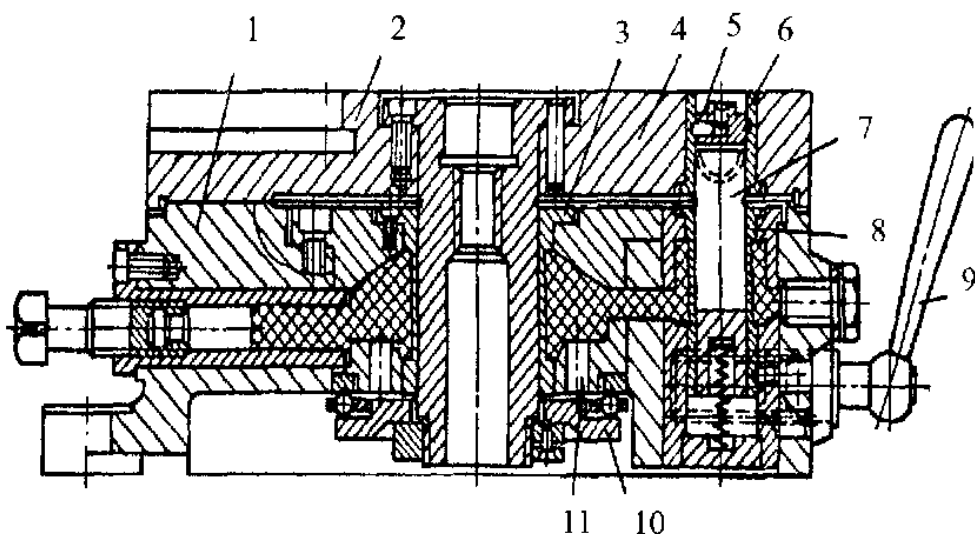
Рисунок 6.13. Типи фіксаторів з компенсаторами посадочних зазорів

В даній конструкції слід застосовувати більш жорстку пружину 5, ніж в інших конструкціях. Клинові виступи на диску 6 можуть бути окремими деталями. Кут клину цих виступів має складати  $10-12^\circ$ .

В багатьох випадках підвищити точність ділильного пристосування можна максимальним віддаленням осі фіксатора від осі повороту пристрою. Чим більше відстань між цими осями, тим менше кутова похибка повороту.

Фіксатор з гідропластмасою показано на рисунку 6.14.

Втулки 3 цапфи 2 і втулка 8 фіксатора 7 виконано тонкостінними для того, щоб при стисканні пластмаси можна було усувати зазори у вказаних з'єднаннях після кожного повороту столу. При цьому тиску гідропластмаси плунжери 11 і шайба 10 притискають поворотну планшайбу 4 до корпусу 1 столу.



**Рисунок 6.14. Фіксатор з гідропластмасою**

Вибирання зазору у ділильних втулках 6 провадиться клиновим упором 5. Вимикають фіксатор рукояткою через зубчасту передачу. Практична перевірка такого пристрою показала необхідність підбирати товщини стінок втулок 3 і 8 такими, щоб для їх деформації потребувався однаковий гідростатичний тиск. Недодержання цієї вимоги призводить до того, що стол стопориться надійно і швидко, а фіксатор при цьому може бути переміщено за допомогою рукоятки 9. Використання гідропластмаси дозволяє не тільки підвищити точність роботи поворотно-ділильних пристосувань, але й компенсувати зношення напрямних елементів.

## 6.6. Багатошпindelні та револьверні свердлильні головки

Найбільш продуктивним способом обробки на універсальних свердлильних верстатах є багатоінструментна обробка за допомогою багатошпindelних головок. Такі головки дозволяють вести обробку отворів одночасно декількома однойменними чи різноіменними інструментами (свердлами, розвертками, метчиками).

Багатошпindelні головки проєктуються для обробки отворів однієї заготовки або для позиційної обробки отворів в декількох заготовках одночасно. В останньому випадку заготовки встановлюються на круглому поворотному столі, за допомогою якого вони вручну чи автоматично переводяться з однієї робочої позиції в іншу. Так, наприклад, якщо необхідно провести свердління, підрізання і розвертання отвору, то можна використати тришпindelну головку разом з чотирипозиційним поворотним кондуктором і виконати одночасно обробку трьох заготовок.

Кількість робочих шпindelів головки та їх взаємне розташування залежить від кількості і розташування оброблюваних отворів у заготовці, а при позиційній обробці також від кількості і розташування самих заготовок на поворотному столі [1]

$$K = a(n - 1),$$

де  $K$  – загальна кількість робочих шпindelів головки;  $a$  – кількість отворів, що обробляються в одній деталі;  $n$  – число позицій обробки, включаючи і завантажувальну.

Звичайно на універсальних верстатах накладні багатошпindelні свердлильні головки виконуються з числом шпindelів не більше 10–12.

За ступенем універсальності головки поділяються на спеціальні, з незмінною відстанню між осями шпindelів, і універсальні, які допускають регулювання цієї відстані. За конструкцією привода, ті чи інші головки можуть бути з шестеренчастим або кривошипно-шатунним приводом.

Головки розрізняються також числом шпindelів, конструктивним оформленням вузлів та ін. Багатошпindelні головки з постійно розташованими шпindelями нормалізовані.

Для багатопереходної обробки отворів в серійному виробництві доцільно також застосовувати насадні револьверні головки, які мають від трьох до семи шпинделів. Шпинделі таких головок оснащуються різальними інструментами і вступають в роботу послідовно, згідно з наміченою чергою переходів (свердління, зенкерування, чорнове розвертання, чистове розвертання тощо).

### **Спеціальні головки з шестеренчастим приводом та їх елементи**

Головки з шестеренчастим приводом складаються з таких основних вузлів:

- складений корпус;
- центральний валик з ведучою шестернею, яка одержує обертання від шпинделя верстата;
- проміжні валики з паразитними шестернями;
- робочі шпинделі з веденими шестернями і державками або патронами для закріплення різальних інструментів.

При конструюванні багатшпиндельних головок потрібно:

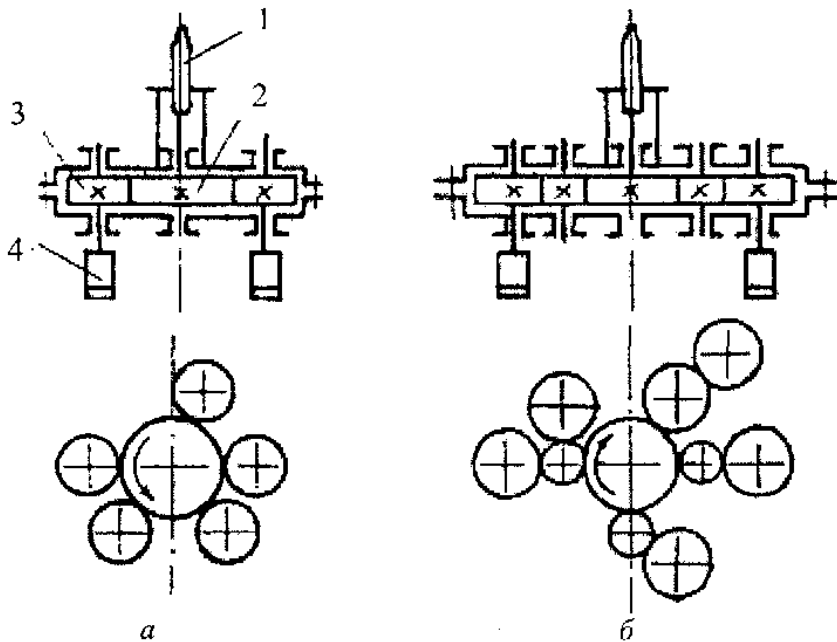
- визначити спосіб закріплення головок на шпинделі верстата;
- визначити конструкції вузлів головки і провести найбільш раціональне їх компонування;
- розв'язати питання про мащення й ущільнення в головці;
- визначити зв'язок головки з пристроєм, в якому встановлюється оброблювана заготовка.

Залежно від відстаней між осями оброблюваних отворів головки можуть бути з одноярусним або двоярусним розташуванням паразитних шестерень, які вводяться в конструкцію для передачі руху на ведені колеса робочих шпинделів і забезпечення правого їх обертання. При обробці отворів з близько розташованими осями застосовується компонування в два яруси, при якому паразитні шестерні встановлюються на робочих шпинделях вище або нижче їх ведених шестерень. В одноярусних конструкціях паразитні шестерні встановлюються на проміжних валиках (осях) і розташовуються в одній площині з веденими шестернями робочих шпинделів. Зубчасті колеса звичайно встановлюються між опорами

шпинделів, і лише у випадку, коли центральний валік має ведуче зубчасте колесо з внутрішнім зчепленням, вони розташовуються консольно. При консольному розташуванні найближчий до шестерні підшипник шпинделя більш навантажений, тому він швидше зношується. Поряд з цим недоліком головки з внутрішнім зчепленням мають дві суттєві переваги:

- 1) виключається застосування паразитних шестерень;
- 2) забезпечується компактність головки і створюється можливість обробки отворів, розташованих на близькій відстані один від одного.

Схему найпростішої головки з постійним розташуванням шпинделів показано на рисунку 6.15, *a*.



**Рисунок 6.15.** Схеми багатошпиндельних шестеренчастих свердильних головок із постійним розташуванням шпинделів

Обертання від шпинделя верстата через конус 1 і центральне зубчасте колесо 2 передається на зубчасті колеса 3 шпинделів 4 головки. Її корпус для зручності складання виконують із двох половин. Верхня половина має розтруб, яким вона закріплюється

на шпindelній трубі верстата. Для правого обертання робочих інструментів шпindel верстата має обертатися вліво. У ланцюг подачі включають передатне зубчасте колесо для того щоб при лівому обертанні шпинделя головка мала подачу вниз.

Схему головки, в якій зазначені недоліки усунуто введенням проміжних коліс, показано на рисунку 6.15, б.

### Спеціальні головки з шатунно-кривошипним приводом

При дуже малих відстанях між осями отворів, а також при розташуванні отворів не по колу, а по більш складному контуру доцільно застосовувати головки з шатунно-кривошипним приводом. Ці головки порівняно прості, працюють безшумно, і при задовільному балансуванні їх робочі шпindelі можуть мати високі числа обертів.

На рисунку 6.16, а показано кінематичну схему такої головки. Обертання від шпинделя верстата через конус 2 передається на кривошип 7, який входить у повідкову плиту (води́ло) 5, що підтримується другим кривошипом 6. Робочі шпindelі 8 мають кривошип такого самого радіуса: вони приводяться в обертання від повідкової плити 5, яка може обертати будь-яку кількість шпindelів, розташованих повільно в межах її габаритів. Під час руху плити всі її точки описують кола одного радіуса, що дорівнює радіусу  $r$  кривошипа. При такій конструкції привода кутові швидкості всіх шпindelів однакові.

На рисунку 6.16, б показано конструктивну схему такої головки. Головка розрізною муфтою 1 одягається на гільзу шпинделя верстата і закріплюється гвинтом 9. Від шпинделя верстата обертання передається через конусний хвостовик 2 кривошипу 7, який в свою чергу, надає плоский рух повідковій плиті (води́лу) 5. В нижній частині повідкової плити розточено отвори, в які входять кривошипи 6 робочих шпindelів 8. Ексцентриситет шпindelів дорівнює ексцентриситету кривошипа 7. Під час роботи всі шпindelі головки обертаються з числом обертів, що дорівнює числу обертів шпинделю верстата. Диск 3 з вантажем 4 врівноважує повідкову плиту 5, які ексцентрично розташовані відносно осі шпинделя верстата і забезпечують спокійну, без вібрацій, роботу головки.

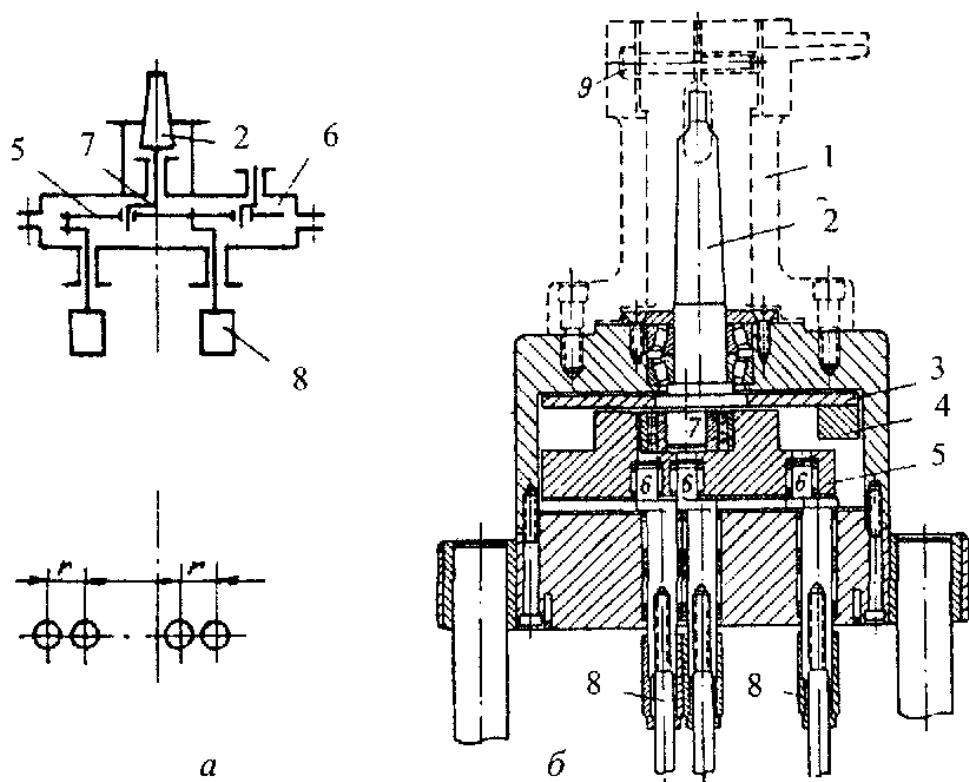


Рисунок 6.16. Схема багатошпindelної кривошипно-шатуної свердильної головки з постійним розташуванням шпindelів

### Універсальні і револьверні головки

Універсальні головки дозволяють за рахунок змінювання відстані між осями робочих шпindelів застосовувати їх для обробки різних систем отворів. У виробництві використовуються два різновиди універсальних головок з шестеренчастим приводом:

- колокольного типу, з утримувачами шпindelів, які переміщуються по колу і радіально, і шарнірно-телескопічними приводними валиками;

- з поворотно-пересувними кронштейнами, які несуть робочі шпindelі.

Головки з поворотно-пересувними кронштейнами більш компактні і одержали більш широке застосування.

Головки виготовляються, як правило, чотири- та шестишпindelні. Між шпindelями можуть бути встановлені мінімальні відстані 48, 90, 97 мм і максимальні 168, 330, 401 мм. Діаметри отворів, що обробляються малими головками – до 6–8мм, середніми – до 16–18 мм. Головки виконуються з отворами в спеціальних приливках для напрямлення по колонках, які закріплюються в плиті установчо-затискного пристрою і без напрямних пристосувань.

Кінематичну схему головки з шарнірно-телескопічним шпindelем показано на рисунку 6.17, *а*.

Державки 4 робочих шпindelів 5 можна висувати в радіальному напрямі або переміщувати по колу нижньої опорної площини корпусу головки. Зміна відстані між шарнірами компенсується телескопічним з'єднанням 3 ковзаючою шпонкою. Шпindelі головки обертаються з однаковими швидкостями.

На рисунку 6.17, *б* показано конструктивну схему головки колокольного типу. Головка восьмишпindelна, призначена для одночасного або послідовного свердління отворів на фланцях, шланках, фітінгах та інших деталях.

Свердління провадиться по змінним кондукторам, що встановлюються на столі вертикально-свердлильного верстата.

Головка закріплюється на пінолі верстата за допомогою хомута верхнього фланця 1. При переміщенні головки втулки 2, що запресовані в приливках корпусу, ковзають по колонках, які закріплено в спеціальному кронштейні на дзеркалі станини верстата. Робочим шпindelям 5 головки обертання передається від шпindelя верстата через шестерні і телескопічні шарніри 3, які допускають встановлення шпindelів в різні місця в певних межах.

Встановлення шпindelів для обробки різних заготовок провадиться по кондукторних втулках шляхом переміщення державок 4, що несуть шпindelі, в радіальному напрямі і по колу по кільцевим пазам К в колоколі (корпусі) головки з наступним закріпленням гайками. Отвори в шпindelях виконано під конус Морзе №1.



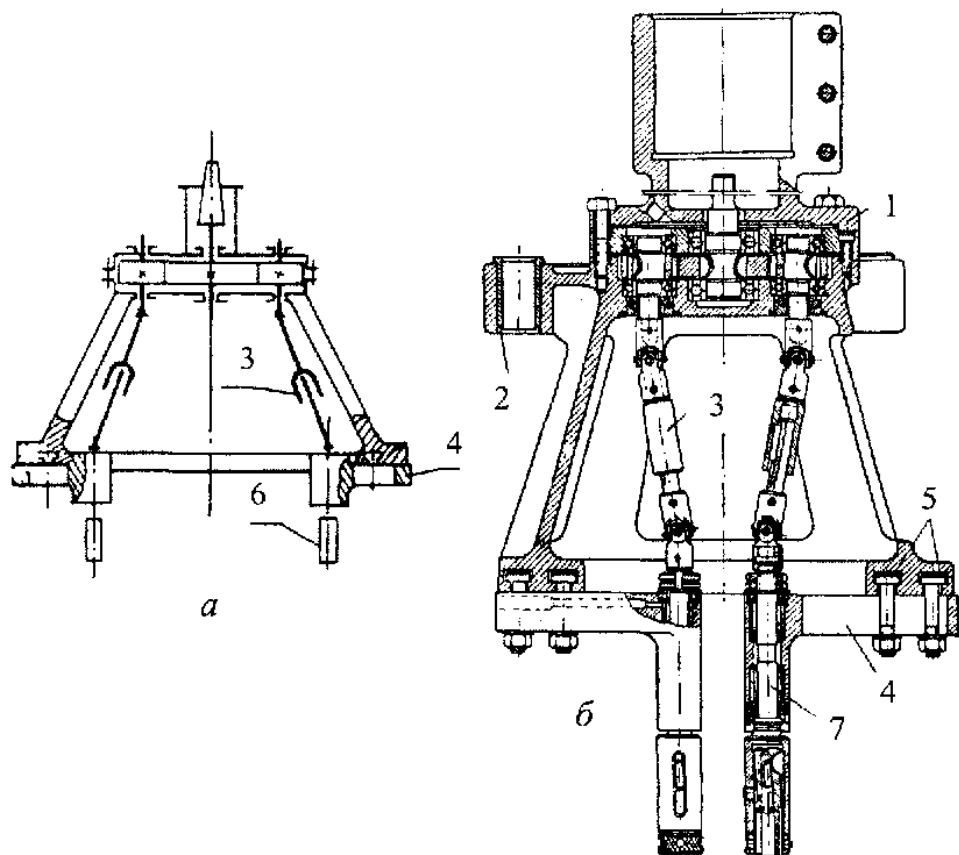


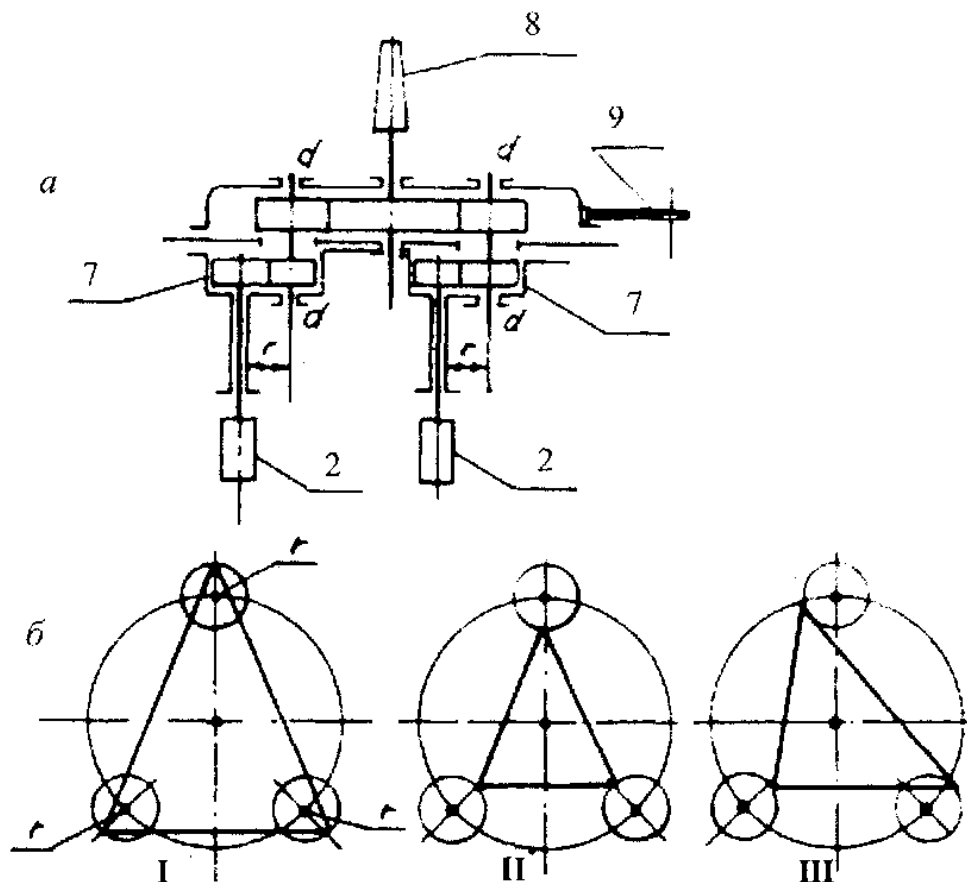
Рисунок 6.17. Схеми універсальної багатошпindelної свердильної головки колокольного типу

### Технічна характеристика головки [1]

Число шпindelів	8
Максимальний діаметр свердління	12 мм
Діаметр кола, по якому можуть бути розміщені оброблювані отвори	60–180 мм
Мінімальна відстань між двома сусідніми отворами	35 мм
Габаритні розміри головки	345×475 мм

У конструкції головки, кінематичну схему якої показано на рисунку 6.18, а, шпindelі переставляють по дузі радіуса  $r$ . Це досягається поворотом нижніх частин 7 корпусу відносно осей

*d-d*. Хвостовик 8 головки вставляють у конус шпинделя, а провертання її корпуса запобігає стержень 9. Головки цього типу зручні для обробки отворів у фланцях різного діаметру. Можливість переставлення шпинделів у цих головках децю обмежена. Варіанти розташування шпинделів показано на рисунку 6.18, б. Осі шпинделів мають лежати на колах радіуса  $r$ .



**Рисунок 6.18.** Схема універсальної багатошпindelної свердлильної головки із переставними шпинделями

Багатошпindelні револьверні головки застосовуються для послідовної обробки отвору різними інструментами. Застосовуються головки з ручним і автоматичним поворотом шпинделів в робоче положення.

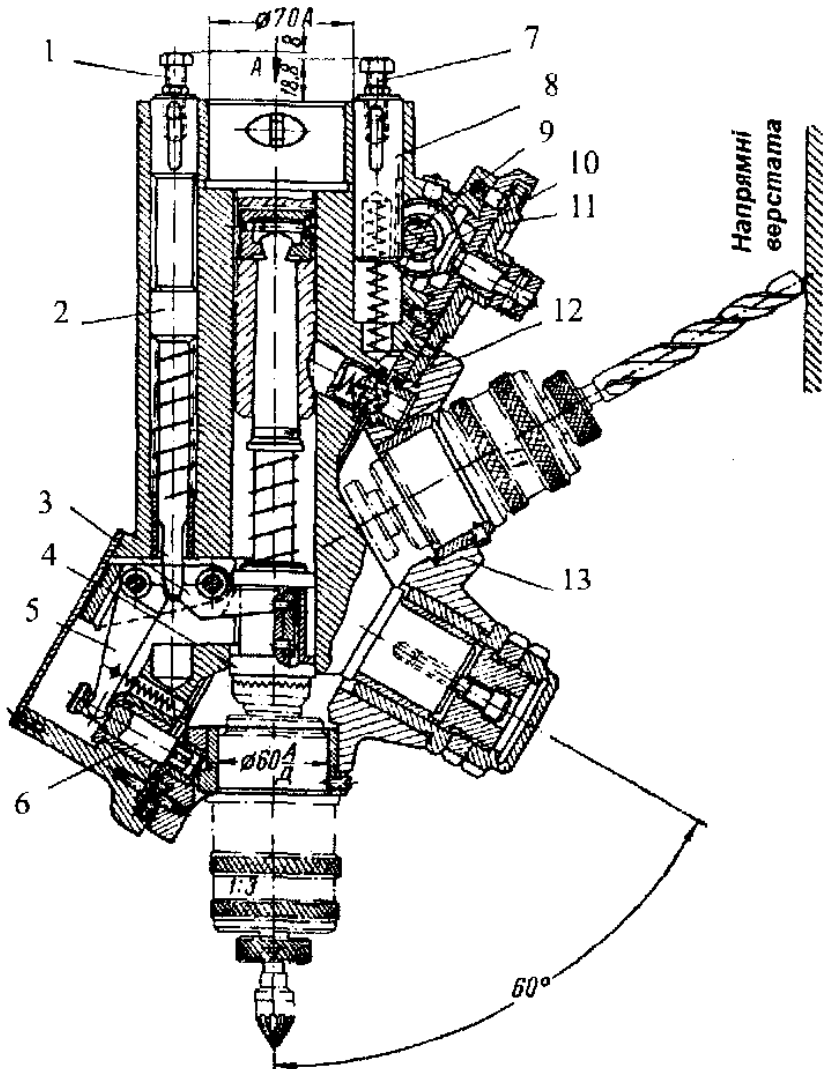


Рисунок 6.19. Револьверна головка з автоматичним поворотом

На рисунку 6.19 показана одна з конструкцій автоматизованої шестишпindelної револьверної головки зі змінними шпинделями призначена для верстата типу 2125. Приводи змінних шпинделів мають різні передатні числа: 1:1; 1:2; 1:3; 1:4; 3:1; 4:1. Це дає можливість без зупинки і переналагодження верстата провадити

свердління отворів різних діаметрів, зенкерування, розвертання і нарізання нарізки. Шпинделі набираються в головку у потрібній технологічній послідовності обробки.

Максимальний діаметр свердла, на який розрахована головка – 15 мм. Конус шпинделя – Морзе №1. Головка за допомогою двох тангенціальних затискачів закріплюється на пінолі шпинделя верстата.

Поворот чергового шпинделя в робоче положення проводиться автоматично без зупинки верстата і здійснюється таким чином. При підйомі головки вверх відповідно відрегульований болт 1 упирається в торець шпиндельної бабки і переміщує штир 2. Останній спочатку натискує на важіль 3, який, трохи піднімає муфту 4, і вимикає обертання працюючого шпинделя.

Далі штир 2 натискує на важіль 5, який, повертаючись, виводить фіксатор 6 зі свого гнізда. При подальшому підйомі головки вверх в торець шпиндельної бабки упирається болт 7, який переміщує вниз стержень 8, що має на собі зубці. Зубці стержня – рейки 8 вимушують обертатись шестерню 9. Остання через конічну пару 10 і храповий механізм передає рух шестерні 11. Ця шестерня приводить в рух зчеплену з нею шестерню 12, яка здійснює поворот корпусу 13 і вивод в робоче положення чергового шпинделя. При цьому кульковий фіксатор попередньо фіксує поворот. При опусканні головки вниз механізми працюють у зворотному порядку і фіксатор 6 жорстко фіксує положення головки. Зворотного повороту корпусу при цьому не відбувається, оскільки храповий механізм проскакує вхолосту.

## **Мащення і ущільнення в багатошпиндельних головках**

Мащенню і ущільненням, які виключають витікання мастила, необхідно приділити особливу увагу, щоб забезпечити довговічність головок.

Підшипники кочення можуть мащуватись консистентним мастилом (тавот, солідол) або рідким мінеральним мастилом; для мащення підшипників ковзання, звичайно застосовується мастило індустриальне 20 (веретенне 3).

Вибір способу мащення залежить від колових швидкостей зубчастих коліс. В тихоходних головках, а також в труднодоступних місцях може застосовуватись періодичне мащення через ті чи інші конструкції маслянок. В швидкохідних головках має застосовуватись безперервне мащення за допомогою гнота, мастильного насосу або шляхом заливання мастила в корпус головки до певного рівня з наступним доливанням під час експлуатації через маслянку або спеціальний отвір.

Ефективним і надійним є примусове мащення за допомогою шестеренного чи лопатевого насосу, який забезпечує безперервне і рівномірне мащення як верхньої, так і нижньої частин головки. Резервуар з мастилом (піддон) закріплюється до нижньої площини корпусу головки. Насос, що занурений у мастило резервуара або розташований зовні, приводиться в обертання від центрального ведучого валика або від паразитної шестерні головки. Мастило через центральний отвір у ведучому валику або по спеціальним трубкам подається в верхню частину головки. Там воно витікає по радіальним отворах і, розливаючись по проміжній плиті, мастить верхні підшипники. Просмоктуючись через верхні підшипники, а також центральні і радіальні отвори у валиках і осях паразитних шестерень, мастило мастить зубчасті колеса і нижні підшипники, а потім зливається знову у піддон.

Для попередження витікання мастила в місцях виходу робочих шпинделів з корпусу головки передбачають ущільнюючі пристосування. Частіше всього для ущільнення використовуються кільця (набивки) з технічного фетру.

Конструкції пристосувань для мащення і ущільнення головок стандартизовано і наведено у відповідній технічній літературі.

### **Розрахунок і конструювання багатошпиндельних головок**

При проектуванні спеціальних головок необхідно мати такі вихідні дані:

- матеріал і його механічні властивості;
- діаметр, глибина і взаємне розташування оброблюваних отворів;

- матеріал, діаметр, довжина а також форма і розміри хвостовиків різальних інструментів;
- потужність електродвигуна верстата;
- максимально допустима осьова сила на шпинделі (зусилля подачі);
- число обертів і подачі шпинделя верстата;
- форма і розміри головки шпинделя;
- виліт шпинделя від напрямних станини та його максимальний осьовий хід;
- межі вертикального переміщення столу верстата;
- креслення пристрою, з яким буде працювати головка.

Послідовність проектування:

- вибір режиму різання (подачі, швидкості різання, числа обертів інструмента) і узгодження його з паспортними даними верстата;
- визначення потрібної для обробки потужності, крутного моменту та осрової сили різання;
- вибір кінематичної схеми головки;
- визначення розмірів валиків, шпинделів і зубчастих коліс;
- підбирання підшипників;
- компонування головки;
- перевірковий розрахунок основних деталей (по необхідності).

Як приклад розглянемо проектування тришпиндельної головки для свердління трьох наскрізних отворів, розташованих в лінію (рисунк 6.20) [1].

Матеріал оброблюваної заготовки – хромонікелева сталь з межою міцності  $\sigma_s = 65 \text{ кгс/мм}^2$  і  $\text{HB} = 174 \div 203$ . Діаметр середнього отвору 11 мм, діаметри крайніх отворів – 6,6 мм; глибина отворів – 15 мм. Свердла зі швидкоріжучої сталі Р9. Приймається стійкість свердл  $T = 100$  хв машинного часу. Головка проектується на вертикально-свердлильний верстат моделі 2135.

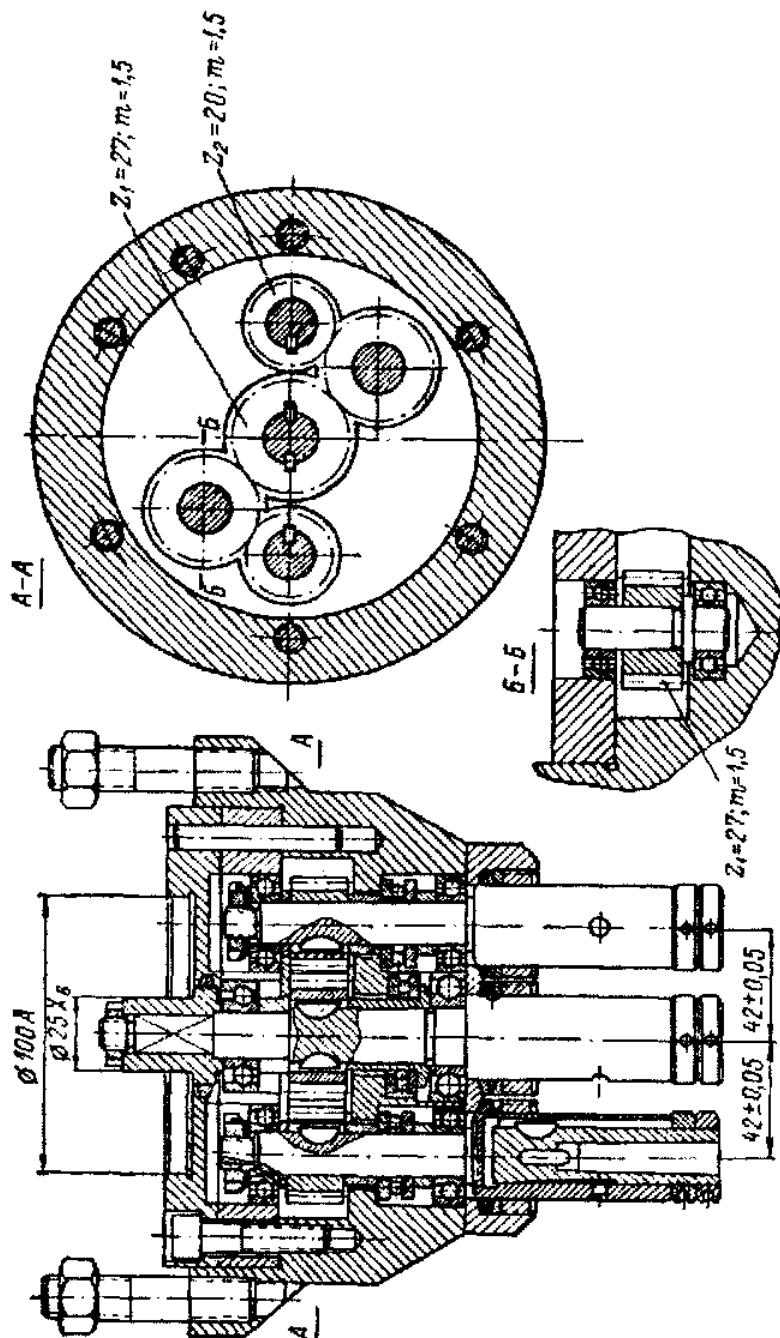


Рисунок 6.20 – Тришпиндельна свердильна головка

## Основні паспортні дані верстата

Потужність електродвигуна	$N = 4$ кВт
Максимальне зусилля подачі	$P = 13440$ Н
Числа обертів шпинделя	$n = 53; 84; 131; 200; 320; 500$ об/хв
Подачі	$S = 0,1; 0,145; 0,195; 0,275; 0,4; 0,575; 0,788; 1,11$ мм/об

### 1. Вибір режиму свердління

Користуючись формулами або нормативними таблицями режимів різання при свердлінні знаходимо значення подач і швидкостей різання з урахуванням стійкості  $T = 100$  хв:

для свердла  $\varnothing 6,6$  мм  $S_{6,6} = 0,148$  мм/об;  $v = 16,2$  м/хв.;

для свердла  $\varnothing 11$  мм  $S_{11} = 0,200$  мм/об;  $v = 16,6$  м/хв.

Відповідно числа обертів свердл будуть:

$$n_{6,6} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 16,2}{3,14 \cdot 6,6} = 780 \text{ об/хв.};$$

$$n_{11} = \frac{1000 \cdot 16,6}{3,14 \cdot 11} \approx 480 \text{ об/хв.}$$

Виходячи з паспортних даних верстата для свердла діаметром 11 мм, що розташовано у центральному шпинделі, приймаємо:

$$n_{11} = 500 \text{ об/хв. і } S_{11} = 0,195 \text{ мм/об.}$$

Тоді хвилинна подача буде:

$$S_{11 \cdot \text{хв}} = 500 \cdot 0,195 = 97,5 \text{ мм/хв.}$$

При передатному відношенні  $\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{27}{20}$  (рисунок 6.20) фактичні

числа обертів свердл діаметром 6,6 мм і їх подачі в мм/об визначаються з залежностей:

$$n_{6,6} = 500 \frac{27}{20} \approx 675 \text{ об/хв.};$$



$$S_{6,6} = \frac{S_{11x6}}{n_{6,6}} = \frac{97,5}{675} = 0,144 \text{ мм/об.}$$

Приймається найближча до верстату:  
 $S = 0,145 \text{ мм/об.}$

## 2. Визначення $P$ , $M$ і $N$

Для свердла діаметром 11мм за нормативами знаходимо:

- осьова сила різання  $P_{11} = 2730 \text{ Н}$ ;
- крутний момент  $M_{11} = 11 \text{ Нм}$ ;
- потужність, що потрібна на свердління  $N_{11} = 0,5 \text{ кВт}$ .

Для свердла діаметром 6,6мм:

$$P_{6,6} = 1344 \text{ Н}; M_{6,6} = 2,3 \text{ Нм}; N_{6,6} = 0,2 \text{ кВт.}$$

При одночасній роботі трьома свердлами знадобляться:

$$P = P_{11} + 2P_{6,6} = 2730 + 2688 + 5418 \text{ Н};$$

$$N = N_{11} + 2 \cdot N_{6,6} = 0,5 + 0,4 = 0,9 \text{ кВт.}$$

При ККД верстата разом з головкою  $\eta = 0,7$  потрібна потужність електродвигуна буде:

$$N_s = \frac{N}{\eta} = \frac{0,9}{0,7} = 1,3 \text{ кВт.}$$

З порівняння з паспортною потужністю ( $N = 4 \text{ кВт}$ ) приходимо до висновку, що головку доцільно використовувати на верстаті моделі 2125, який має меншу потужність.

## 3. Вибір кінематичної схеми головки

На основі вивчення даних про оброблювану заготовку і верстат прийнято таку кінематичну схему (розріз А-А на рисунку 6.20):

– обертання всіх шпинделів праве, що потребувало привод крайніх шпинделів здійснювати за допомогою двох паразитних шестерень;

– відстані між осями шпинделів дозволили розмістити всі зубчасті колеса між двома опорами (радіальні підшипники).

#### 4. Визначення розмірів валиків, шпинделів і зубчастих коліс

Центральний ведучий валик є найбільш навантаженим. Тому при визначенні модуля зчеплення всіх зубчастих коліс головки береться навантаження, що приходить на зуб шестерні, що встановлена на цьому валику.

Діаметр ведучого валика (в даному випадку центрального шпинделя) знаходиться за величиною крутного моменту, що передається в процесі свердління

$$d_1 = \sqrt{\frac{M_{кр}}{0,2[\tau]}}$$

де  $d_1$  – діаметр центрального шпинделя, см;  $[\tau]$  – допустима напруга кручення, кгс/см<sup>2</sup>;  $M_{кр}$  – крутний момент, кгс·см.

$$M_{кр} = 97400 \frac{N}{n} = 97400 \frac{1,3}{500} = 253 \text{ кгс} \cdot \text{см}.$$

При матеріалі сталь  $45 \cdot [\tau] = 1500 \text{ кг/см}^2$ , тоді:

$$d_1 = \sqrt{\frac{253}{0,2 \cdot 1500}} = \sqrt{0,8441} = 9,2 \text{ мм}.$$

У випадку з'єднання зубчастого колеса з ведучим шпинделем за допомогою двох сегментних шпонок розрахунковий діаметр необхідно збільшити на подвоєну глибину шпонкового паза. Тоді:

$$d_2 = d_1 + 2e = 9,4 + 2 \cdot 3,2 \approx 16 \text{ мм},$$

де  $e$  – глибина шпонкового паза, мм.

В конструкції головки прийнято  $d_2 = 18 \text{ мм}$ .

Діаметр  $D$  напрямної (хвостової) частини робочих шпинделів визначається залежно від діаметра свердла  $d$  за таблицею 6.2 або вибирається по упорному підшипнику на шпинделі.

**Таблиця 6.2 – вибір діаметра робочого шпинделя залежно від діаметра отвору**

$d$ , мм	9–13	13–16	16–19	Понад 19
$\frac{D}{d}$	1,3	1,2	1,1	1,0

В прикладі діаметри крайніх шпинделів прийнято рівними 15 мм (по упорним підшипникам).

Модуль веденої шестерні робочого шпинделя рекомендується вибирати залежно від діаметра свердла за таблицею 6.3.

**Таблиця 6.3 – рекомендовані модулі коліс залежно від діаметра свердла**

Діаметр свердла, мм	6–14	14–19	19–23	23–30
Рекомендований модуль, мм	2	2; 2,5	2,5; 3	3; 3,5

В прикладі модуль всіх шестерень головки  $m=1,5$  мм. Діаметр дільного кола найменшого зубчастого колеса робочого шпинделя визначається за формулою:

$$D_0 = D + 2e + 6,8m \quad ,$$

де  $e$  – глибина шпонкового паза, мм;  $m$  – модуль зчеплення, мм.

Ширина зубчастих коліс береться рівною  $10m$ . Зубчасті колеса з числом зубів від 13 до 15 виконують зі скороченим зубом (згідно з стандартом).

В цьому випадку:

$$D = D + 2e + 6m \quad .$$

Діаметри проміжних валиків (осей) під паразитні шестерні приймають рівними діаметру  $D$  робочих шпинделів. Якщо ж паразитна шестерня приводить в обертання більше двох робочих шпинделів, то діаметр проміжного валика приймають  $1,3 D$ .

## 5. Підбирання підшипників

Підшипники вибираються по діаметрам валів (осей), на яких вони встановлюються і після цього перевіряються за коефіцієнтом працездатності  $C$  (дається в каталогах підшипників) і заданому терміну служби (довговічність  $h$  в годинах). Для багатошпиндельних головок довговічність підшипників приймається 2–3 тисячі годин машинного часу. При такій довговічності підшипники треба замінювати через 1–1,5 роки.

## 6. Компонування головки

Компонування провадиться на основі її кінематичної схеми і знайдених розмірів основних деталей; розміри решти деталей вибирають з конструктивних міркувань і відповідно вимог до стандартів. Робота виконується в два етапи:

1) накреслюють схему розташування оброблюваних отворів і визначають місце прикладання рівнодіючої всіх осьових сил; в цьому місці розташовують вісь центрального ведучого валика головки;

2) провадять підбір і конструювання зубчастих коліс, шпинделів і підшипників. Іноді з метою зменшення числа паразитних шестерень в конструкції і за умовами конструювання вдаються до коригування зубів шестерень.

## 7. Перевірковий розрахунок

Перевірковий розрахунок на міцність провадять звичайно для найбільш навантажених деталей – зубчастих коліс, підшипників; перевірку міцності шпинделів, валиків та інших елементів конструкції виконують тільки у випадку особливо несприятливого розподілення навантаження.

Міцність зубів коліс може бути перевірена за величиною діючих контактних напружень у поверхневому шарі зубів і напруг згинання у основи зубів, які мають бути менше відповідних допустимих напружень. Можна цю перевірку здійснити посереднім шляхом, обчисливши по допустимим напруженням і заданим умовам роботи величини модуля і порівнявши її з прийнятою в розрахунках величиною модуля.

Для посередньої перевірки можна скористатись формулами:

1. виходячи з втомленості поверхневого шару металу зубів [1]

$$m_{\text{пов}} = \sqrt[3]{\frac{i+1}{i\psi} \left( \frac{180000}{Z[\sigma]_k} \right) \frac{2N}{0,736 \cdot n} \frac{K}{K_v}};$$

2. виходячи з міцності зуба на згинання [1]

$$m_{\text{зг}} = 10 \sqrt[3]{\frac{455}{Z\psi Y[\sigma]_{\text{зг}}} \frac{N}{n} \frac{K_{\text{зг}}}{K_v}};$$

В цих формулах:  $Z$  – число зубів колеса;  $i$  – передатне відношення (відношення числа зубів більшого колеса до числа зубів меншого колеса);  $\psi$  – відношення ширини колеса (довжини зуба) до модуля:  $\psi = 8 + 12$ ;  $[\sigma]_k$  – допустима напруга зминання (контактна напруга), кгс/мм<sup>2</sup>;  $K$  і  $K_{зг}$  – коефіцієнти довговічності по контактним напругам і напругам згинання. При більш чи менш постійному навантаженню на колеса ці коефіцієнти можуть бути прийняті такими, що дорівнюють одиниці (за виключенням загартованих коліс);  $Y$  – коефіцієнт форми зуба;  $[\sigma]_{зг}$  – допустима напруга згинання, кгс/мм<sup>2</sup>;  $K_v$  – коефіцієнт швидкості, який може бути розрахований за формулою:

$$K_v = \frac{6}{v+6},$$

де  $v$  – колова швидкість на колесі, м/сек.

Користуючись одержаними раніше даними і допоміжними таблицями, знаходимо модуль для зубчастої пари колесо робочого шпинделя головки-паразитне колесо.

При  $i = \frac{27}{20} = 1,35$ ;  $\psi = 12$ ;  $Z = 20$  (число зубів меншого колеса);  $[\sigma]_k = 85$  кгс/мм<sup>2</sup>,  $N = 0,16$  квт;  $n = 500$  об/хв.;  $K = 1$ ;  $K_v = 0,85$ ;  $Y = 0,102$ ;  $[\sigma]_{зг} = 18$  кгс/мм<sup>2</sup>;

$$m_{нов} = \sqrt[3]{\frac{1,35 + 1 \left( \frac{180000}{20 \cdot 85} \right)^2 \cdot 0,16 \cdot 1}{1,35 \cdot 12 \cdot 0,736 \cdot 500 \cdot 0,85}} = 0,95 \text{ мм};$$

$$m_{зг} = \sqrt[3]{\frac{455 \cdot 0,16 \cdot 1}{20 \cdot 12 \cdot 0,102 \cdot 18 \cdot 0,736 \cdot 500 \cdot 0,85}} = 0,82 \text{ мм}.$$

Таким чином, вибраний модуль  $m = 1,5$  мм задовольняє вимоги і по контактним напругам і по напругам згинання.

Перевірковий розрахунок підшипників кочення може виконуватись за формулою [1]:

$$C = Q(n \cdot h)^{0,3},$$

де  $Q$  – умовне навантаження підшипника, кгс;  $n$  – число обертів вала, об/хв.;  $h$  – довговічність підшипників, годин;  $C$  – коефіцієнт

працездатності підшипника, який залежить від конструкції, розміру і якості матеріалу підшипника (вказується в каталогах на підшипники).

Розрахунок зводиться до визначення одного з параметрів, що входять у формулу по двох заданих.

В нашому прикладі перевірити необхідно лише упорні підшипники робочих шпинделів, оскільки радіальні підшипники підбирались з конструктивних міркувань залежно від розмірів упорних підшипників і за своєю працездатністю значно перевершують підшипники, які потребуються за умовами роботи в даній головці.

Умове навантаження  $Q$  кг на упорний підшипник визначається з виразу [1]:

$$Q = PK_{\text{под}} = 1,2P \quad ,$$

де  $P$  – осьове зусилля, кгс;  $K_{\text{под}}$  – коефіцієнт подоби, в даному разі він дорівнює 1,2 (з таблиць).

Центральний шпиндель, який має  $n = 500$  об/хв., оснащений упорним підшипником №8204 з коефіцієнтом працездатності  $C = 20000$ , для нього умовне навантаження:

$$Q_{11} = P_{11} \cdot K_{\text{под}} = 278 \cdot 1,2 \approx 334 \text{ кгс.}$$

Підставляючи значення  $C$ ,  $Q$  і  $n$  в формулу, знаходимо:

$$h \approx 1400 \text{ год} < 2000 \text{ год.}$$

Робочі шпинделі з  $n = 675$  об/хв. мають упорні підшипники №8202 з коефіцієнтом працездатності  $C = 13000$ ; для цих підшипників

$$Q_{6,6} = P_{6,6} K_{\text{под}} = 137 \cdot 1,2 = 165 \text{ кгс.}$$

Знаючи  $C$ ,  $Q$  і  $n$  знаходимо:

$$h \approx 4200 > 2000 \text{ год.}$$

Для виготовлення деталей головок приймаються якісні вуглецеві сталі марок 20, 35, 45 або леговані сталі марок 20X, 40X, 12ХН3А.

Робочі шпинделі виконуються зі сталей марок 45 і 40X.

Для зубчастих коліс застосовуються сталі 20X, 12ХН3А, 40X і сталь 45 при переривчастій роботі головки.

Корпуси виконуються з сірого чавуну С4-12-28 або С415-32; в останній час для полегшення ваги головок корпусу виготовляють з алюмінієвого сплаву марки АЛ-9.

## 6.7. Допоміжні інструменти

До допоміжних інструментів для свердильних верстатів відносяться:

- розрізні і звичайні перехідні втулки для кріплення різальних інструментів, що вставляються в патрони чи безпосередньо в гніздо шпинделя верстата;

- швидкозмінні патрони кулькові, кулачкові та інші з набором втулок;

- самоустановні патрони для розверток;

- патрони для закріплення метчиків;

- самоцентруючі патрони для дрібних інструментів;

- розточувальні, підрізні і канавкові скалки і головки.

Більшість з допоміжних інструментів нормалізовано.

### Перехідні втулки

Закріплення інструментів на свердильних верстатах звичайно провадиться за допомогою конуса Морзе. Залежно від розмірів верстатів їх шпинделі мають внутрішні конуси Морзе від №1 до №5. В більшості настільних свердильних верстатів шпиндель має не внутрішній конус, а хвостовик з конусом для закріплення патронів.

Перехідні втулки застосовуються для закріплення інструменту, конус Морзе якого менше, ніж в конусі в шпинделі.

На заміну інструменту, що закріплюється в конусі шпинделя безпосередньо чи через перехідні втулки, потребуються значні витрати часу. Скорочення часу на видалення інструменту з конусу шпинделя досягається застосування вибивного кільця. На рисунку 6.21 показано одну з конструктивних схем такого пристосування. Овальне вікно шпинделя під вибивний клин подовжується і в нього вставляється загартована планка 3. На головку шпинделя 1 вільно насаджується кільце 2, яке має два паза А і виточку

Б. Гвинти 4 не дозволяють кільцю зісковзнути зі шпінделя. Для зміни інструменту кільце встановлюється в положення, що показано на рисунку 6.21, *а*, при різкому підйомі шпінделя в крайнє верхнє положення вибивне кільце 2 ударяється в нижній торець кронштейна (чи шпіндельної головки) і планка 3 вибиває інструмент з конуса шпінделя. Можливість мимовільного видалення інструменту при підйомі шпінделя вверх у випадку багатократного використання одного й того ж самого інструменту виключається встановленням кільця в положення, що вказано на рисунку 6.21, *б*, при якому можливість упора кільця в торець кронштейна при верхньому положенні шпінделя повністю усувається.

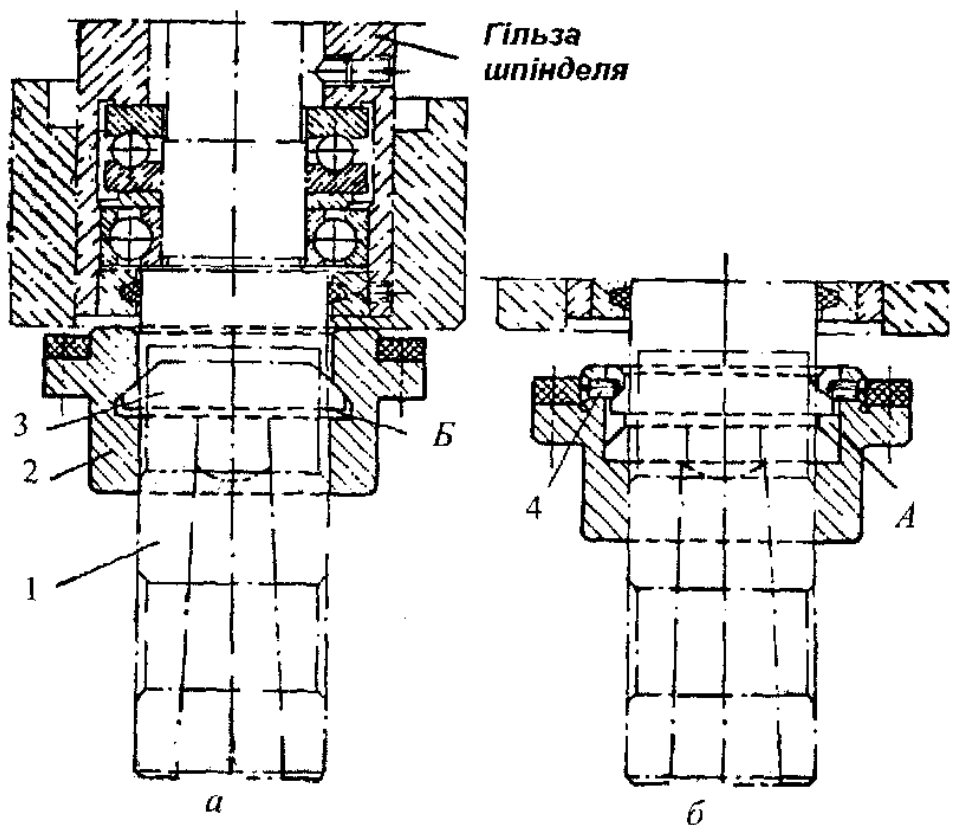


Рисунок 6.21. Кільце для видалення інструменту зі шпінделя верстата



## Швидкозмінні патрони

При обробці точних отворів чи отворів з фасками, кільцевими канавками тощо доводиться послідовно провадити свердління, зенкерування, розвертання та ін. Якщо інструменти з конусним хвостовиком закріплювати безпосередньо в шпинделі верстата і кожний раз вибивати клином. На це буде витрачатись дуже багато допоміжного часу.

Для підвищення продуктивності застосовують швидкозмінні патрони, які дозволяють в короткий час замінювати різальний інструмент. Деякі конструкції патронів дозволяють провадити заміну без зупинки шпинделя верстата.

Для легких робіт використовуються швидкозмінні патрони з ведучими кульками (рисунку 6.22, а). Вони прості за конструкцією і допускають заміну інструмента без зупинки шпинделя верстата.

В отвір корпусу 1 вставляється змінна втулка 7, обертання якій передається від патрона через дві кульки 6, закладених в поперечних отворах корпусу. Для зміни втулки 7 з інструментом необхідно взятися рукою за рифлену зовнішню поверхню муфти 3, припинити її обертання і підняти її вгору до упору в закладне пружинне кільце 2. В такому положенні кульки отримують можливість радіального переміщення і будуть витиснуті власною вагою втулки 7.

Переміщення муфти 3 вниз обмежується другим пружинним кільцем. Якщо патрон використовується для свердління в горизонтальному положенні, то в конструкції додатково передбачається кулька 5 і пружина 4, яка фіксує положення муфти 3 під час роботи.

На рисунку 6.22, б показано патрон, який відрізняється від розглянутого наявністю шпильки 2, що запресована в корпус патрона 1. Шпилька служить повідком для змінних втулок, в яких є відповідний паз. Якщо в попередньому патроні кульки 6 утримували інструмент від випадіння і передавали йому крутний момент, то тут вони тільки фіксують положення втулки з інструментом і утримують її від випадіння під дією власної ваги. На змінних втулках 3 (рисунок 6.22, б) передбачається кільце 4, яке вільно обертається відносно втулки, і зафіксоване пружинними кільцями 5. При зміні інструменту під час обертання шпинделя втулку утримують за кільце 4.

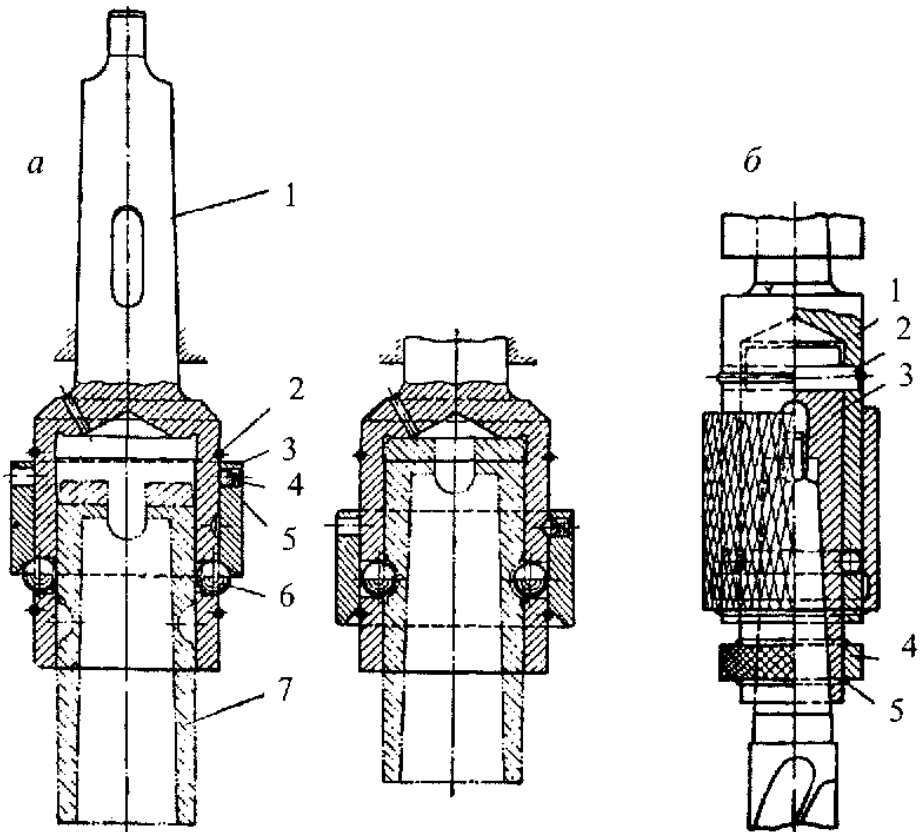


Рисунок 6.22. Швидкозмінні патрони:  
а – з ведучими кульками; б – зі шпилькою

Більшість інструментів, що мають конусні, циліндричні і квадратні хвостовики, закладаються в патрон за допомогою змінних втулок.

На рисунку 6.23 представлено набір втулок до швидкозмінних патронів; перед роботою всі інструменти, що застосовуються на даній операції, заздалегідь закріплюються в своїх змінних втулках.

На рисунку 6.23 показано: *a* і *б* – втулки для інструментів з конічним хвостовиком; *в* і *г* – втулки, що хитаються з кульковим пояском *K* для розверток з конічним хвостовиком; *д* і *е* – втулки з цанговим затискачем для свердл та інших інструментів з циліндричним хвостовиком; *ж* і *з* – втулки, що хитаються з кульовим пояском і цанговим затискачем для розверток і мітчиків з цилін-

дричним хвостовиком; *i* – втулка, що хитається для мітчиків з квадратом.

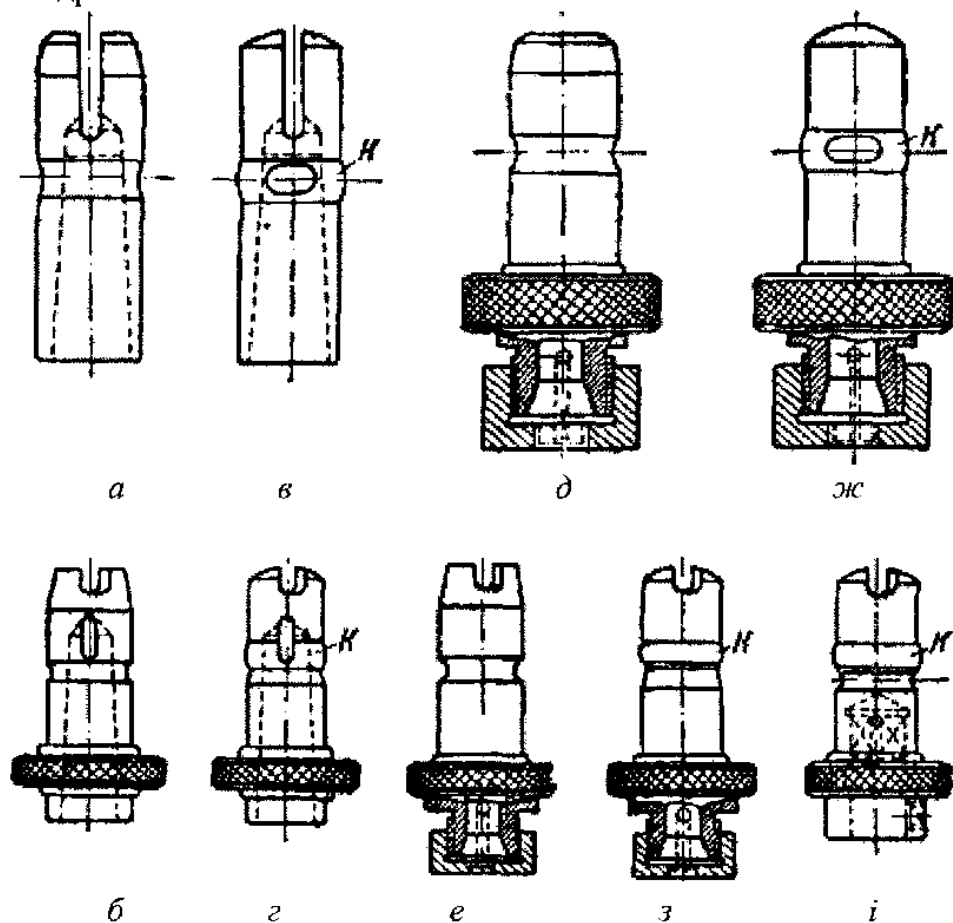


Рисунок 6.23. Втулки до швидкозмінних патронів

Кулькові швидкозмінні патрони застосовуються для легких робіт. На великих свердильних верстатах для важких робіт рекомендується застосовувати двокулачкові патрони (рисунок 6.24), які звичайно виготовляються з хвостовиком конус Морзе №4 і №5. До кожного такого патрону виготовляється комплект змінних втулок з внутрішніми конусами №1, 2, 3 і 4, що дозволяє закріплювати різний інструмент.

Змінна втулка, що показана на рисунку 6.24 справа, має конусний уступ „а” під кулачки 4 і виступ „б” для захвату повідом 2. Повідок 2 закріплено в корпусі 1 патрона пилилкою.

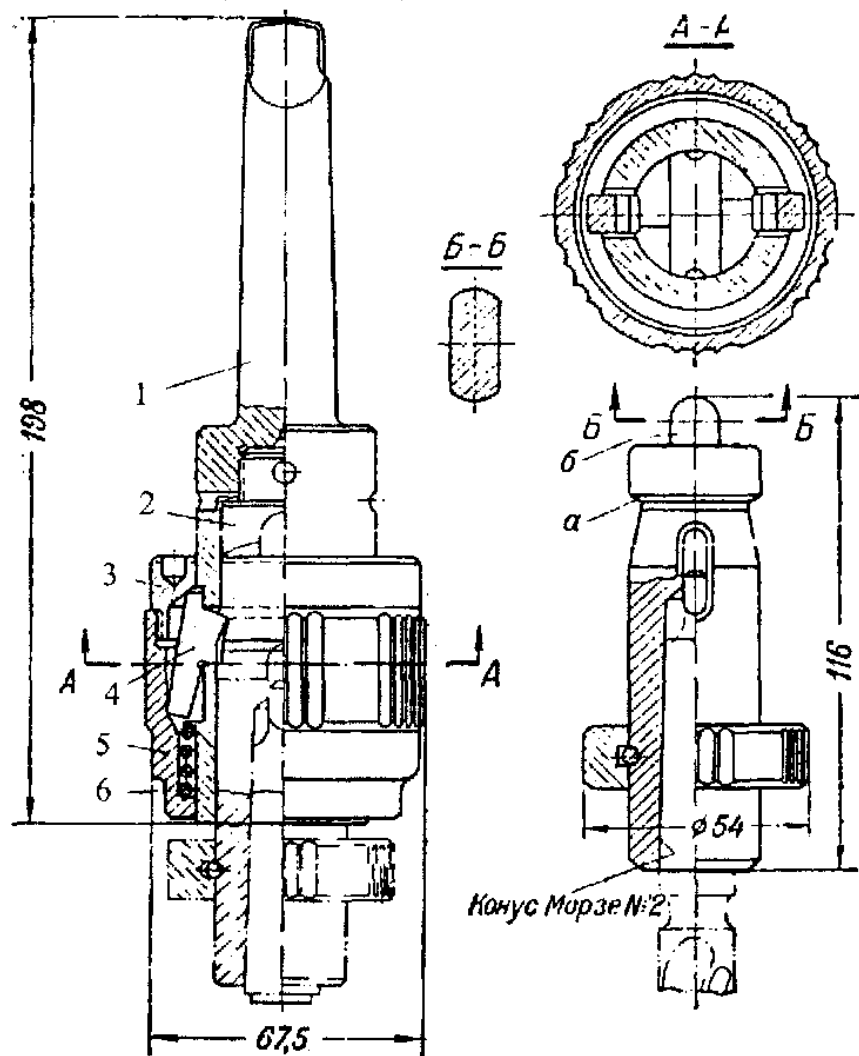


Рисунок 6.24. Швидкозмінні двокулачкові патрони

При встановленні інструмента змінна втулка тисне на скіс кулачків 4. Кулачки, повертаючись, трохи піднімають зв'язані між собою деталі 3 і 5 і пропускають змінну втулку до упора в повідок. Після цього під дією пружини 6 кулачки заскакують за уступ

„а” і утримують інструмент від випадіння. Крутий момент від шпинделя верстата передається через повідок 2 і виступ змінної втулки „б”. Для звільнення змінної втулки достатньо трохи підняти муфту 5 вверх.

На рисунку 6.25, а показано патрон із штифтовим замком, а на рисунку 6.25, б – конструкція хвостовика 5 інструмента під цей патрон і форма приймальної частини патрона 1.

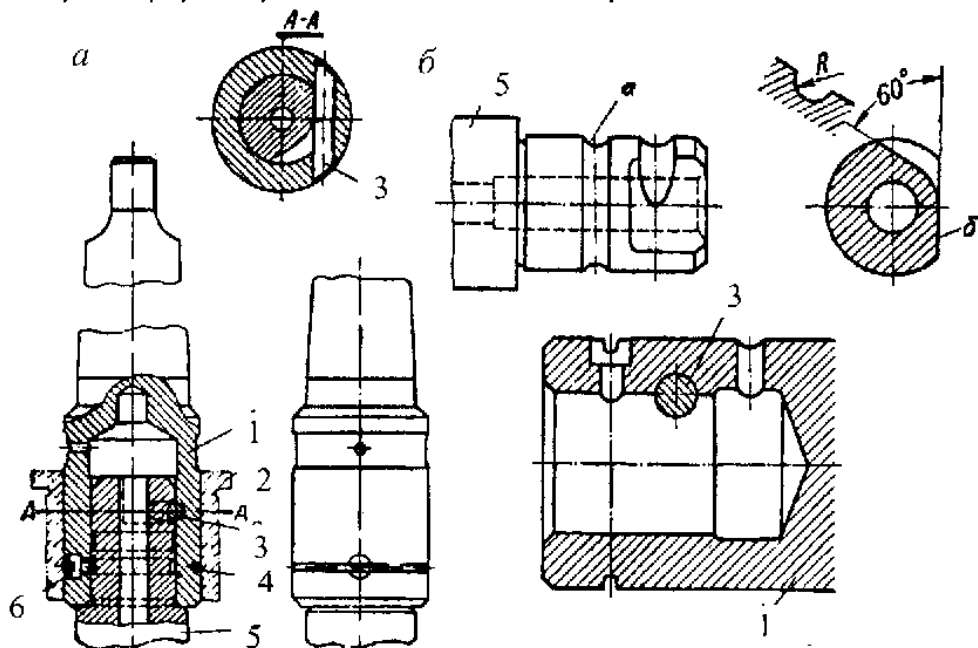


Рисунок 6.25. Патрон із штифтовим замком

Як видно з рисунка, хвостовик інструмента, що напрямляється втулкою 2, має кільцеву канавку „а”, лиску „б” і радіусний паз R. В корпус патрона запресовано штифт 3 і, крім того, в ньому передбачено фіксатор 6 з пружинним кільцем 4. Зрізаний хвостовик інструмента своєю площиною „д” вільно проходить під штифтом 3 до упора в торець. В цей час, фіксатор 6, зсунутий вліво хвостовиком, що переміщується, під дією пружинного кільця заскакує в його кільцеву канавку і фіксує правильне положення. Фіксатор 6 утримує також інструмент від випадіння під дією власної ваги. З початком обертання шпинделя штифт 3 входить в радіусний паз хвостовика і приводить інструмент в обертання разом зі шпинделем. Конструкція хвостовика інструмента і прий-

мальної частини патрона виконується відповідно до стандарту.

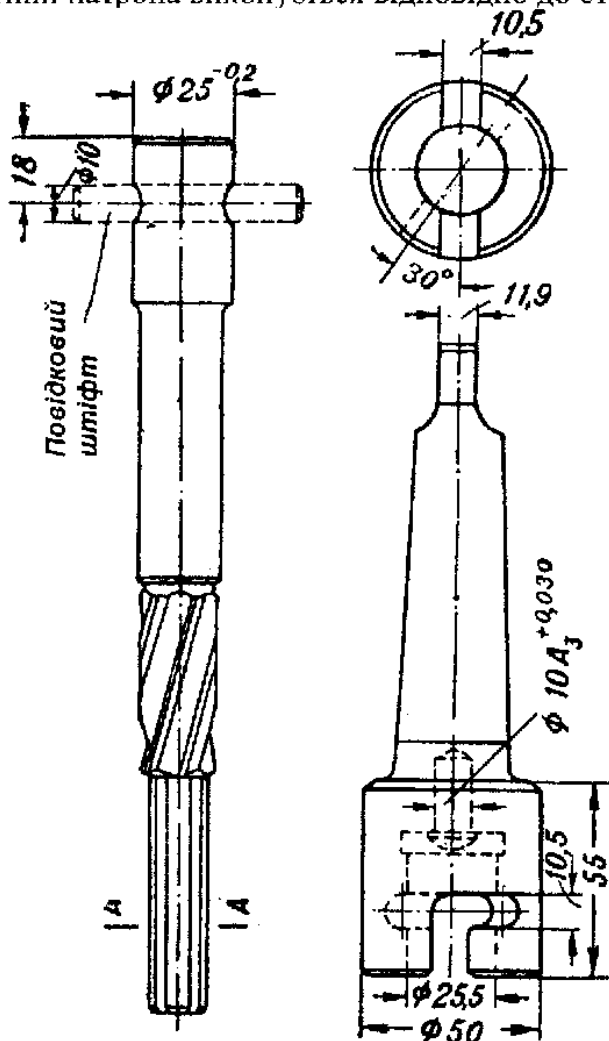


Рисунок 6.26. Патрон із штиковим замком

У випадках, коли на свердлильних верстатах інструменту задається подвійне напрямлення для його зв'язку зі шпинделем верстата, можна використовувати патрон зі штиковим замком (рисунок 6.26). Цей патрон дозволяє швидко замінювати інструмент і в той же час не заважає йому самоустановлюватися у кондукторних втулках, оскільки в сполученні патрона з циліндрич-

ною посадочною частиною інструмента передбачається великий зазор. Хвостовики інструментів і розточувальних скалок оснащуються в цьому випадку повідковими штифтами, які легко заводяться в прорізь патрона.

### Самоустановні патрони для розверток

При жорсткому закріпленні розверток на оброблюваний отвір переносяться всі похибки шпинделя верстата: його биття, зношення конусного гнізда та ін., тому для підвищення точності обробки отвору, розвертки закріплюють у самоустановних патронах.

Застосовуються два різновиди самоустановних патронів:

- 1) такі, що можуть хитатись, при яких вісь розвертки може встановлюватись під деяким кутом до вертикальної осі;
- 2) плаваючі, при яких розвертка може вільно переміщуватись паралельно сама собі і легко самоцентруватись в отворі.

За рахунок існуючих конструктивних зазорів кожний з цих різновидів патронів дозволяє інструменту зміщуватись паралельно собі і розташовуватись під деяким кутом, внаслідок чого різниця між обома різновидами зменшується.

Плаваючі патрони з повідком ковзаючого тертя не забезпечують необхідну рухомість. Тому рекомендуються патрони з кульками (рисунок 6.27, а). В пазах повідка патрона встановлено два ряди кульок, розташованих під прямим кутом. В корпусі патрона монтується хвостовик патрона 1 з упорним кульковим підшипником 3. Після складання повідка 4 з кульками 5 в корпус 2 загвинчується оправка 6 під розвертку. Патрон забезпечує рухомість розвертки у всіх напрямках. Аналогічні плаваючі патрони застосовуються також і для мітчиків.

Для роботи розвертками невеликих діаметрів можна рекомендувати плаваючий патрон, що показаний на рисунку 6.27, б.

Оправка 9, хвостовик 1 і повідок 5 мають вирізи під кульки 6. Чотири кульки 6, що попарно розташовані в двох взаємноперпендикулярних напрямках, забезпечують переміщення оправки з розверткою і вони ж служать для передачі крутного моменту. Між корпусом патрона 7 і хвостовиком 1 передбачено латунну обойму 3 з зачekanеними в неї кульками 4 і шайба 2. Регулювання патрону провадиться обертанням корпусу 7. В потрібному положенні корпус фіксується гвинтом 8.

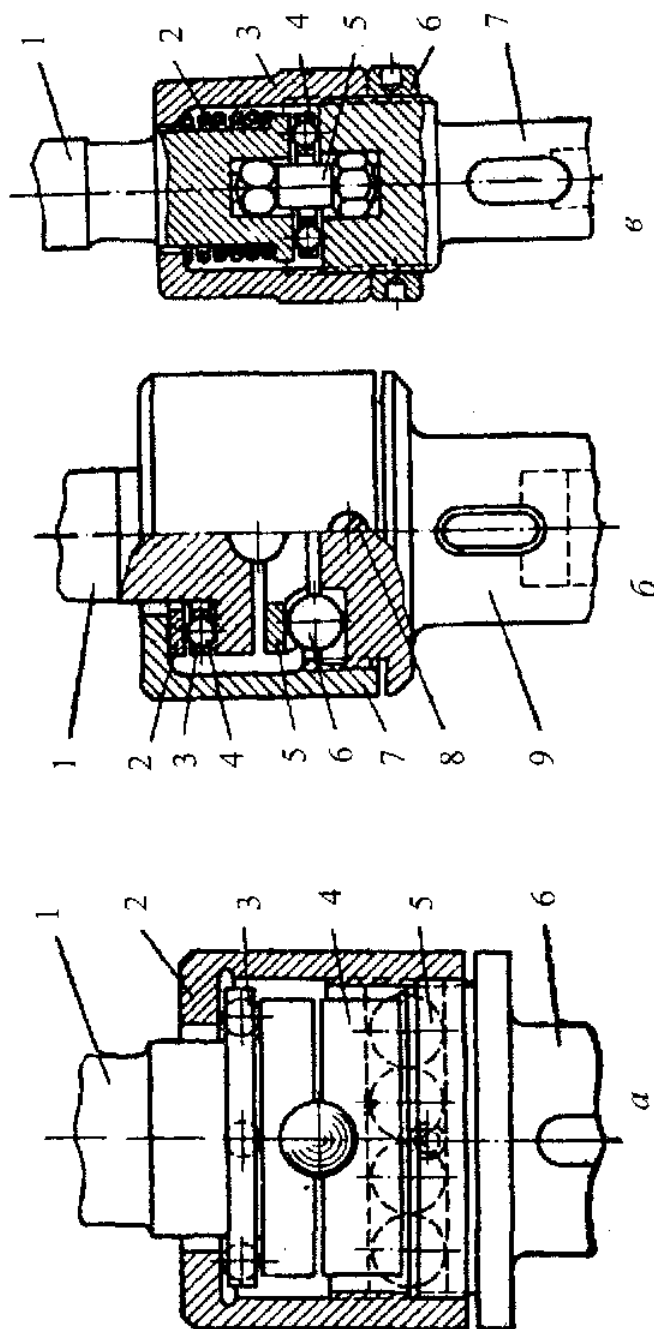


Рисунок 6.27. Плаваючі патрони для розверток



На рисунку 6.27, в показано нормалізований самоустановний патрон, який забезпечує хитання розвертки і паралельне переміщення її у вертикальній площині.

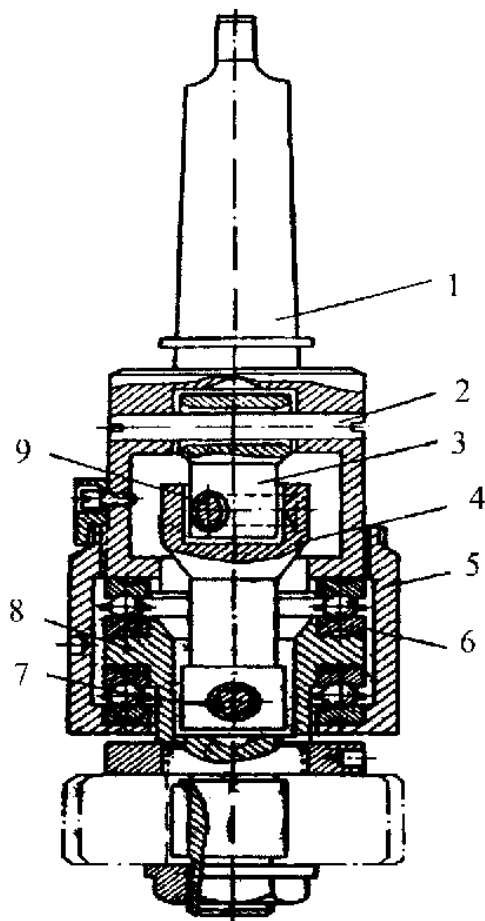


Рисунок 6.28. Плаваючий патрон для закріплення розвертки при обробці гільз

Між торцями хвостовика 1 і оправкою 7 встановлено упорний кульковий підшипник 4, який сприймає осьовий тиск. Для передачі крутних моментів служить повідок 5 з двома кулястими шестигранними головками грані яких зсунуто на  $30^\circ$ . Пружина 2 утримує повідок 5 від випадіння з глухого шестигранного отвору. Всі деталі патрона з'єднуються в корпусі 3 шляхом нагвинчування його на оправку 7 і фіксується контргайкою 6.

Патрон компактний і універсальний. Кульові головки повідка дозволяють нахилити оправку 7 з розверткою під кутом до осі, а упорний кульковий підшипник 4 забезпечує паралельне переміщення оправки у вертикальній площині.

Більш досконала конструкція патрона показана на рисунку 6.28. Корпус 1 патрона шарнірами 3 і 4 з'єднаний з оправкою 8. Осі пальців 2 і 7 розташовані перпендикулярно одна до одної, а вісь пальця 9 розташована під кутом  $45^\circ$  до осей пальців 2 і 7. Фланець оправки 8 знаходиться між двома упорними кульковими підшипниками, у яких кільця повернуті на  $180^\circ$  (біговими доріжками назовні).

Вільне кочення кульок і захист від охолоджуючої рідини і металевого пилу забезпечується муфтою 5, що нагвинчена на корпус 1.

### Патрони для метчиків

Конструкції цих патронів визначаються специфікою нарізання нарізки мітчиками. Застосовуються два методи нарізання:

1. метод самозатягування без примусової подачі мітчика;
2. копірний метод з примусовою подачею.

При першому методі, який отримав найбільше застосування, дуже важливо для нормального протікання процесу різання забезпечувати вільне осьове переміщення мітчика в напрямі подачі під дією сил самозатягування. На верстатах, у яких шпиндель відключений від привода подачі, переміщується легко, можна застосовувати звичайні швидкозмінні патрони (рисунок 6.22–6.24), оснастивши їх змінними втулками з гніздами під хвостовики мітчиків.

Якщо ж шпиндель верстата переміщується зі значним зусиллям (наприклад, у важких верстатах), то в конструкції патрона необхідно передбачити пружинний компенсатор, який забезпечує мітчику можливість переміщуватись в осьовому напрямі незалежно від переміщення шпинделя.

При нарізанні нарізок в глухих отворах, коли важко своєчасно зупинити і реверсувати шпиндель верстата, а також в інших випадках можливого перевантаження мітчика (тверді включення в матеріалі, затуплення мітчика, защемлення його стружкою тощо) слід застосовувати запобіжні патрони, які виключають поламку

мітчиків через навантаження. Такі патрони дозволяють регулювати величину крутного моменту, що передається і автоматично припиняють нарізання нарізки і переміщення мітчика, як тільки момент сил різання перевищить величину заданого крутного моменту.

Для верстатів, що не мають реверсу (зворотного ходу) застосовуються запобіжні реверсивні патрони, які працюють звичайно з ручною подачею. Коли мітчик упреться в дно нарізуваного отвору чи коли шпindel ь дійде до упора, обертання патрона з мітчиком припиняється. В початковий момент підйому шпindel ь верстата вгору патрон перемикається і разом з мітчиком починає прискорено обертатись у зворотний бік; відбувається швидке самовигвинчування мітчика.

При нарізанні нарізок в отворах корпусних деталей на радіально свердлильних верстатах, а також в інших випадках, коли важко при жорсткому закріпленні мітчика сумістити його вісь з віссю нарізуваного отвору, застосовують плаваючі самоцентруючі патрони. Особливу групу складають патрони для закріплення мітчиків в багатшпindel ьних головках.

На рисунку 6.29 показано фрикційний запобіжний патрон з компенсатором для нарізання нарізок діаметром від 10 до 18 мм в глухих отворах.

Патрон складається з хвостовика, корпусу, фрикційного кільця, пружинного компенсатора і мітчикуотримувача. Хвостовик 1 патрона (з конусом Морзе) з'єднується з корпусом 5 за допомогою гвинта 2, гайки 3, сталевого кільця 4 з біговою доріжкою під кульки 16 і фрикційного фібрового кільця 15. Гвинт 2 з гайкою 3, правильне осьове положення якої визначається установленням кульок по розміру, що вказаний на кресленні зверху, служать для регулювання патрона на заданий крутний момент. Для полегшення регулювання на корпусі 5 нанесена тарувальна шкала, а на гвинті 2 – штрих, який забезпечує точне встановлення патрона на потрібний крутний момент. Гвинт 2 стопориться в гайці 3 сухарем 17 і гвинтом 18.

В корпусі 5 ковзає шток 6, зв'язаний з корпусом штифтом 13, пропущеним через овальний отвір в штоці. В порожнині штока встановлена компенсаційна пружина 19, яка спирається на шайбу 14; натягнення пружини регулюється гвинтовою пробкою 20. Шток 6 з'єднаний з втулкою 8 за допомогою штифтів 11.

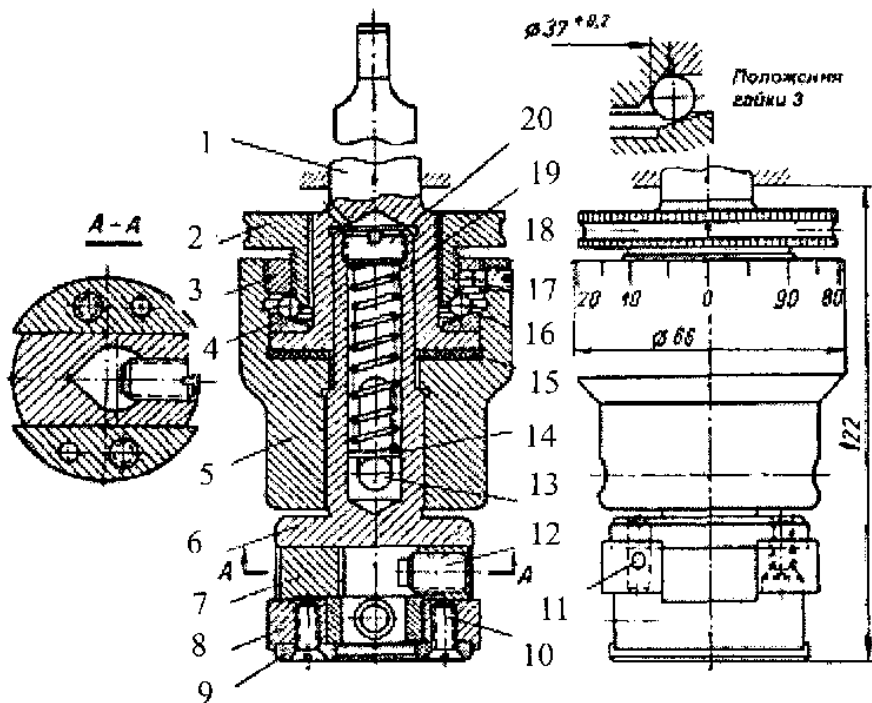


Рисунок 6.29. Запобіжний патрон для мітчиків

Мітчик затискується гвинтами 12 двох кулачків (хомутиків) 7, розміщених в кулачковій втулці 8, яка закрита кришкою 9 за допомогою гвинтів 10. Конструкція хомутиків дозволяє затискувати мітчики з хвостовиком, який має квадрат, лиску, канавку тощо.

Запобіжні компенсуючі патрони використовуються на верстаках, які мають реверс. Наявність пружини-компенсатора дозволяє нарізувати нарізку не тільки методом самозатягування, але й з механічною подачею менше кроку нарізуваної нарізки. Нормалізовані патрони застосовуються трьох розмірів: для мітчиків діаметром від 1 до 2,6 мм; від 3 до 12 мм; від 10 до 18 мм.

На рисунку 6.30 показано запобіжний патрон з компенсатором для нарізання нарізки мітчиками М24–М28. Осьове переміщення мітчика в процесі нарізання відбувається за рахунок осьового переміщення втулки 2, яка в свою чергу переміщується під дією сил самозатягування і сили пружини. При цьому ролики 11, що передають крутний момент від корпусу 3 на втулку 2 і далі на мітчик, котяться уздовж пазів в корпусі 3.

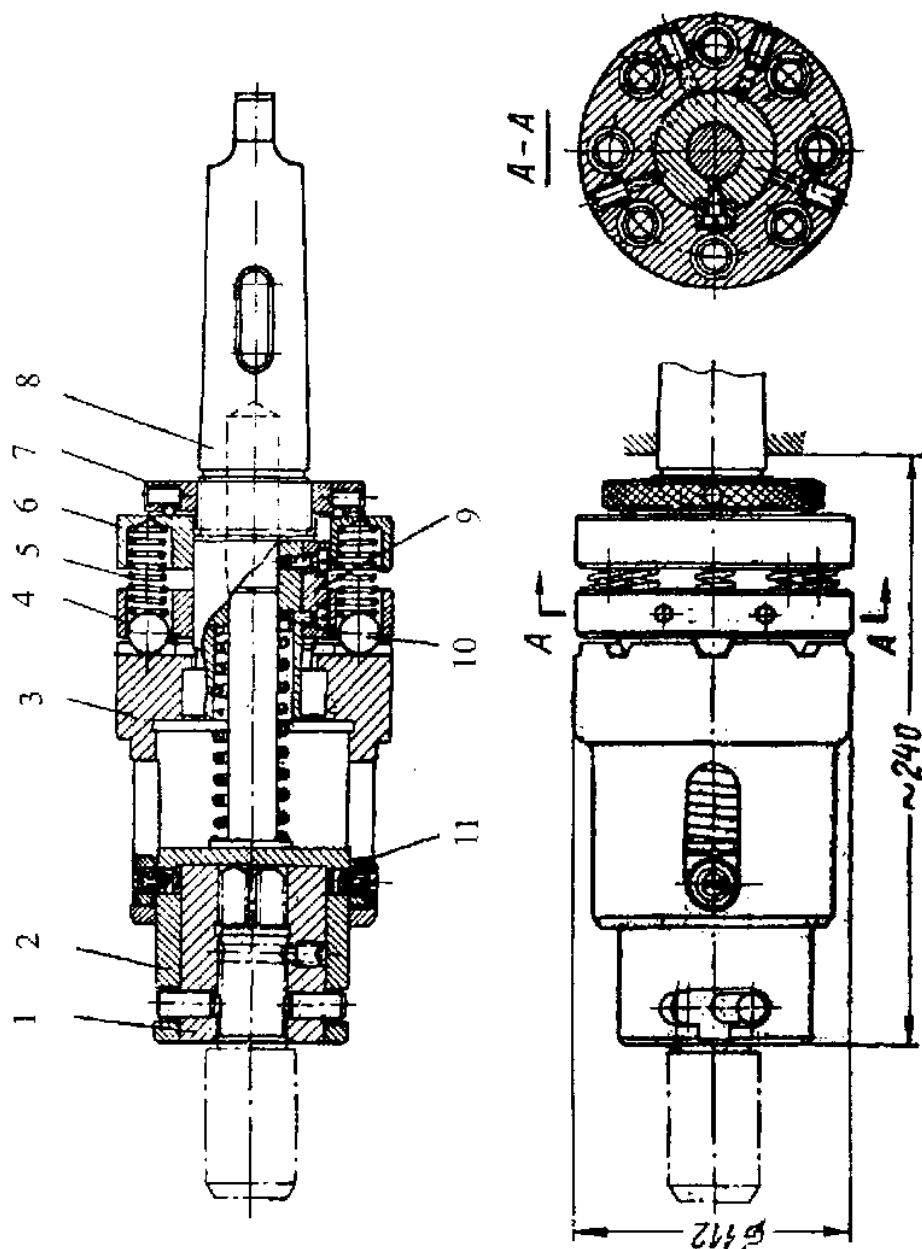


Рисунок 6.30. Запобіжний патрон для закріплення мітчиків M24-M48

По мірі того як втулка 2 з мітчиком переміщується в осьовому напрямку (при сталому процесі різання), необхідно шляхом осьового переміщення шпинделя верстата зберегти положення, при якому забезпечується переміщення роликів 11 в пазах корпусу 3.

Налагодження патрону на задану величину крутного моменту, що передається, здійснюється за допомогою гайки 7. При обертанні гайки за годинниковою стрілкою кільце 6, переміщуючись в осьовому напрямку, стискує пружини 5, в результаті чого кульки 10 притискуються до бокових поверхонь корпусу 3. Величина крутного моменту, що передається, при цьому зростає.

При обертанні гайки 7 проти годинникової стрілки пружини 5 звільнюються, у зв'язку з чим величина крутного моменту, що передається, знижується.

В тому випадку, коли процес різання протікає нормально і фактична величина крутного моменту різання не перевищує розрахункової величини, яка встановлюється гайкою 7, крутний момент від шпинделя верстата передається на оправку 8, через шпонку 9 на обойму 4, через кульки 10 на корпус 3, через ролики 11 на втулку 2 і далі на мітчик.

При різкому зростанні крутного моменту кульки 10 потопують в своїх гніздах, долаючи тиск пружин. Оправка патрона 8 разом з обоймою 4 і кільцем 6 повертається відносно корпусу 3, патрон вимикається. Вимикання патрона супроводжується характерним стуком кульок.

За рахунок змінних втулок 1 патрон допускає роботу з мітчиками в інтервалі діаметрів М24–М28.

На рисунку 6.31 показано плаваючий самоцентруючий патрон для мітчиків. На хвостовику 1 патрона гвинтами закріплено кожух 3. В середині кожуха розміщено диск 4, на торці якого є пази із взаємно перпендикулярними осями. В цих пазах розміщено по дві кульки 5. Через центральний отвір диска 4 вільно проходить пружина 2. В нижній конусоподібній частині кожуха 3 знаходиться плаваюча оправка 6, яка має на торці пази, аналогічні пазам диска 4, і потовщену конічну частину. Кут конуса кожуха 3 дорівнює куту конуса оправки 6.

Отвір в головці оправки розточено на конус під пружинну цангу 9, яка затягується гайкою 8; від провертання в оправці цангу утримує штифт 7.

У вільному (неробочому) стані пружина 2 притискує оправку 6 конусною частиною до конусу кожуха 3, і між диском 4 і фланцем хвостовика 1 створюється зазор, а мітчик центрується відносно осі шпинделя верстата. Під час роботи оправка 6 стискує пружину 2, і створюється зазор між конусом кожуха 3 і конусом оправки 6. Цей зазор забезпечує радіальне „плавання” мітчика і суміщення його осі з віссю нарізованого отвору.

Кульки 5, маючи можливість переміщуватись по пазах диска 4 і оправки 6, не заважають радіальному переміщенню оправки разом з мітчиком в процесі нарізання нарізки і в той же час передають мітчику обертання шпинделя верстата.

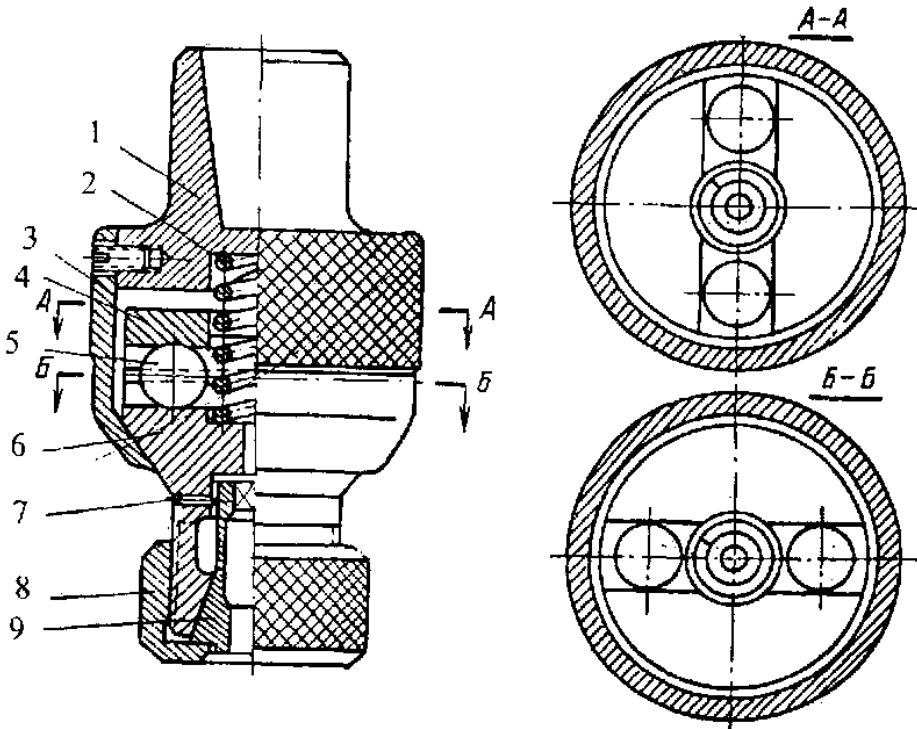


Рисунок 6.31. Плаваючий самоцентруючий патрон для мітчиків

До патронів, що застосовуються для закріплення мітчиків в багатшпindelних головках ставляться дві вимоги:

- 1) вони мають забезпечувати можливість мітчикам вступати в роботу одночасно, тобто мусять мати осьовий компенсатор;
- 2) забезпечувати мітчикам можливість деякого переміщення паралельно їх осі.

Патрон показаний на рисунку 6.32, *a*, забезпечує компенсацію неоднакової довжини мітчиків шляхом взаємного осьового переміщення корпуса 1 і хвостовика 3 за рахунок стиснення пружини 2. Це переміщення відбувається по мірі самопоглиблення мітчика в нарізаний отвір і компенсує можливу неодноразність роботи мітчиків. Мітчик в даному патроні не має переміщення, паралельного своїй осі.

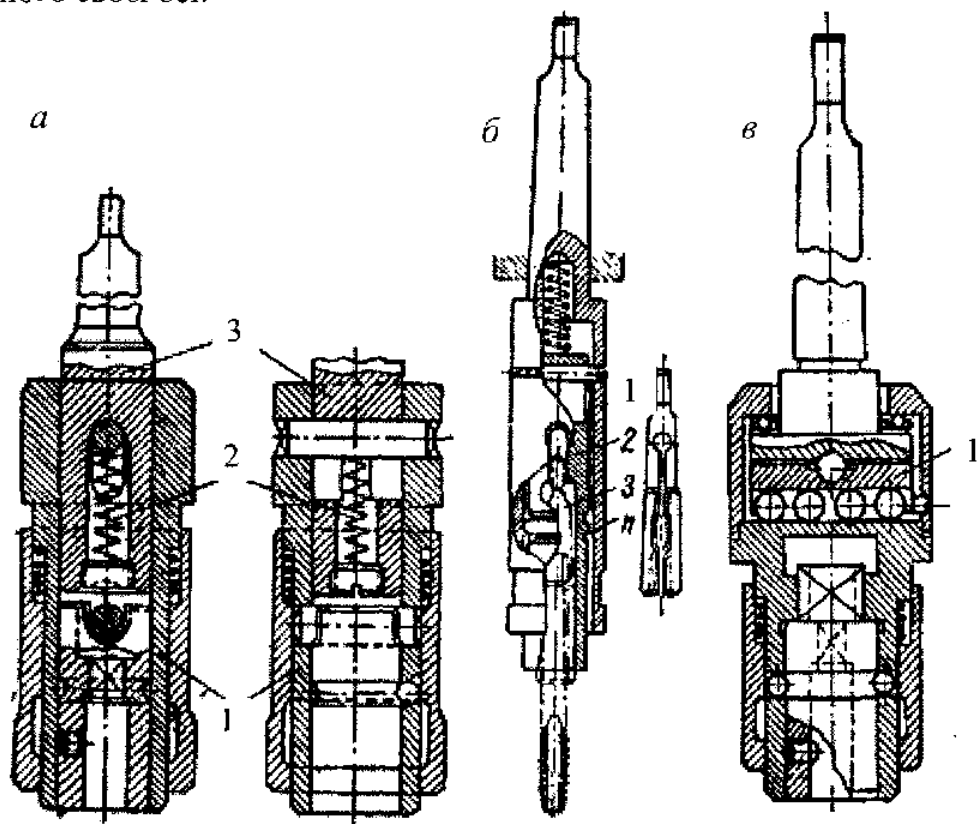


Рисунок 6.32. Конструкції патронів для закріплення мітчиків



На рисунку 6.32, б показано патрон, який відрізняється від попереднього тим, що в ньому мітчик з втулкою 2 має можливість деякого перекосу відносно осі шпинделя верстата за рахунок округленого пояса „л”, виконаного точно по діаметру втулки 1. Мітчик утримується в патроні за допомогою цанги 3.

В патроні, що представлено на рисунку 6.32, в, відсутній механізм, який компенсує неоднакову довжину мітчиків, але передбачено механізм, який дозволяє мітчику зміщуватись паралельно його осі. Це досягається за допомогою спеціальної кулькової муфти 1, яка передає обертання від шпинделя верстата до інструменту.

### Спеціальні розточувальні і підрізні оправки

Часто в оброблюваному отворі потрібно розточувати одну чи декілька кільцевих канавок для мащення сальникових ущільнень тощо.

Оскільки свердлильні верстати не мають поперечних подач, доводиться застосовувати спеціальні розточувальні оправки з механізмом для перетворення повздовжнього переміщення шпинделя верстата в поперечне переміщення різця.

На рисунку 6.33 показано оправку з клиновим механізмом. Оправка складається зі скалки 1 з косим зубом „а” для переміщення різця 2, корпусу 4 з поперечним отвором для напрямлення різця і втулки 3, за допомогою якої головка напрямляється в кондукторній втулці 9. Скалка 1 верхнім кінцем зв’язана зі шпинделем верстата, а за допомогою штифта 6 зв’язана з корпусом 4. Наявність в скалці прямокутного паза дозволяє їй вільно переміщуватись відносно корпусу в осьовому напрямку.

При опусканні шпинделя корпус 4 і зв’язана з ним пружним кільцем 10 втулка 3 заходять в кондукторну втулку до упора в її торець. Після цього осьове переміщення корпусу головки припиняється, а переміщення скалки 1 продовжується. В цей момент косий зуб скалки, який сполучений з канавкою в різці, вимушує його переміщуватись в радіальному напрямку. Положення різця, а отже, і кільцевої канавки по довжині отвору регулюється гайками 5.

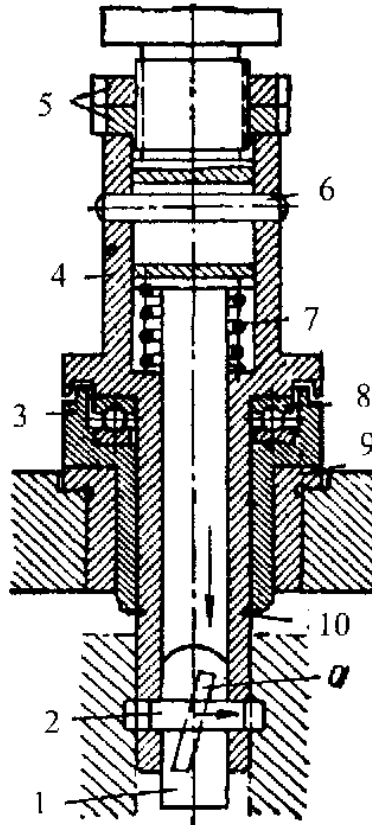


Рисунок 6.33. Розточувальна оправка з поперечним переміщенням різця

При підйомі шпинделя і зв'язаної з ним розточувальної скалки різець виходить з канавки, а в момент, коли штифт 6 упреться в нижню стінку прорізі скалки, разом з нею піднімаються корпус головки і втулка 3. Між корпусом і втулкою 3 передбачено упорний кульковий підшипник 8, а між скалкою і корпусом – пружина 7, яка повертає скалку у вихідне положення.

На рисунку 6.34 показано оправку, у якій розточувальна скалка розташована в отворі корпусу ексцентрично, що дозволяє шляхом обертання скалки в корпусі переміщувати вершину різця перпендикулярно до осі оброблюваного отвору; при повному оберті скалки різець наближується до стінки отвору чи віддаляється від неї на величину подвійного ексцентриситету.

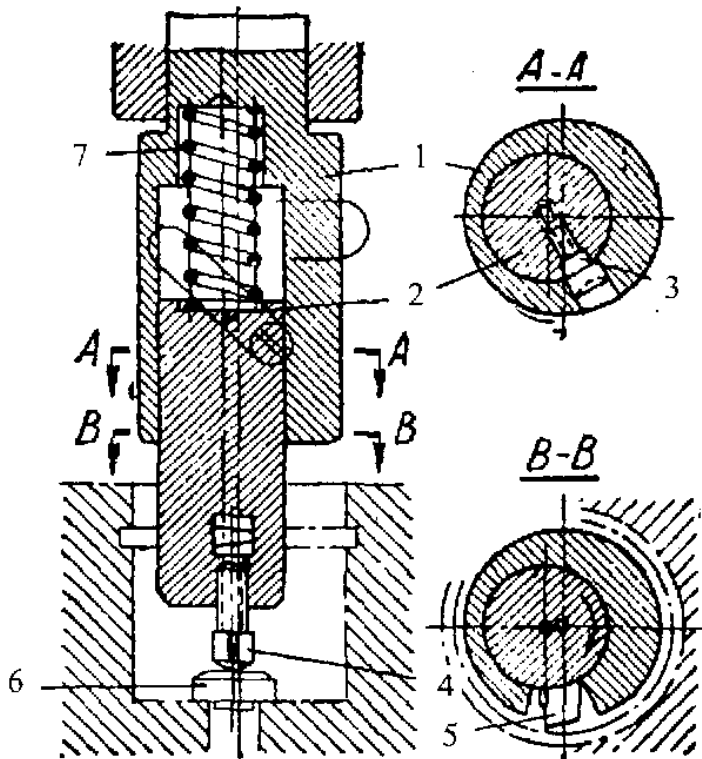


Рисунок 6.34. Розточувальна оправка з ексцентрично розташованою скалкою

Оправка складається з корпусу 1 і розточувальної скалки 2 закріпленим у неї різцем 5. При опусканні шпинделя гвинт 4 доходить до упора 6 і осьове переміщення скалки припиняється. При подальшому опусканні шпинделя верстата скалка 2 під дією косої пази в корпусі 1, в який входить головка циліндричного штифта 3, починає прокручуватись, і різальна кромка різця 5, що обертається, врізається в тіло оброблюваної заготовки.

Глибина розточування регулюється упором, який обмежує повздовжнє переміщення шпинделя верстата. При підйомі шпинделя скалка за допомогою пружини 7 повертається у вихідне положення.

Для розточування розширень в центральній частині отвору застосовуються спеціальні скалки (рисунок 6.35). В скалці 3 перед-

бачено повздовжній паз, в якому розміщено державку 4 з різцем 5. Державка хитається на осі. При опусканні шпинделя державка з різцем вільно вводиться в оброблюваний отвір до тих пір, поки виступ державки К не дійде до торця кондукторної втулки 2.

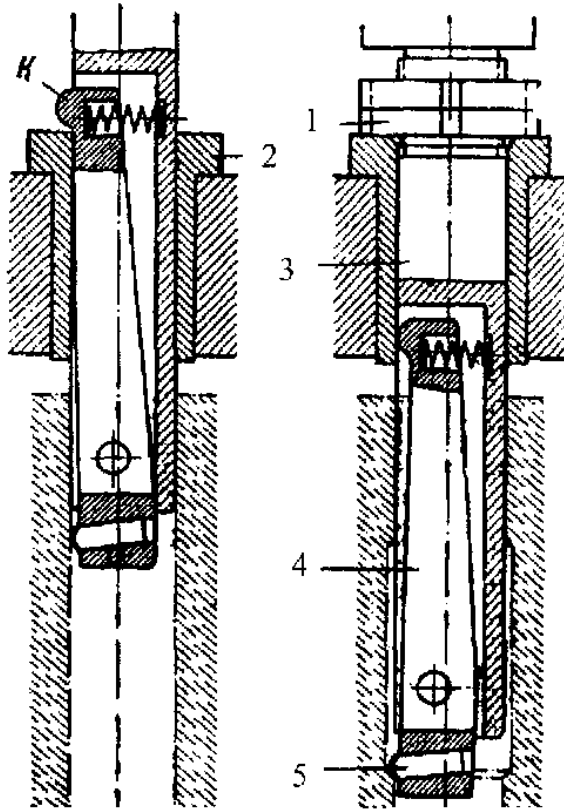


Рисунок 6.35. Скалка для розточування розширень в отворі

При подальшому переміщенні шпинделя державка прокручується на осі і різець, що обертається, врізається в метал. Довжина розточування регулюється гайками 1. Розточувальна скалка жорстко закріплюється в шпинделі свердлильного верстата.

Підрізання під гайку на фланцях і бобишках різних корпусних деталей з боку, що є зворотним свердлинню, звичайно провадиться підрізними пластинами, що вставляються у вікно оправки.

При такому способі підрізання необхідно перемикати верстат на зворотний хід і обов'язково закріплювати заготовку, оскільки зусилля інструменту відриває її від столу.

На рисунку 6.36 зображено універсальну оправку зі змінними вставками 7 під інструмент, яка допускає обробку без змінювання напрямку обертання шпинделя і без закріплення заготовки, оскільки оправка працює на притискання. Крім того, значно спрощено встановлення на вставку 7 нормальних торцевих зенкерів (підрізних зенковок).

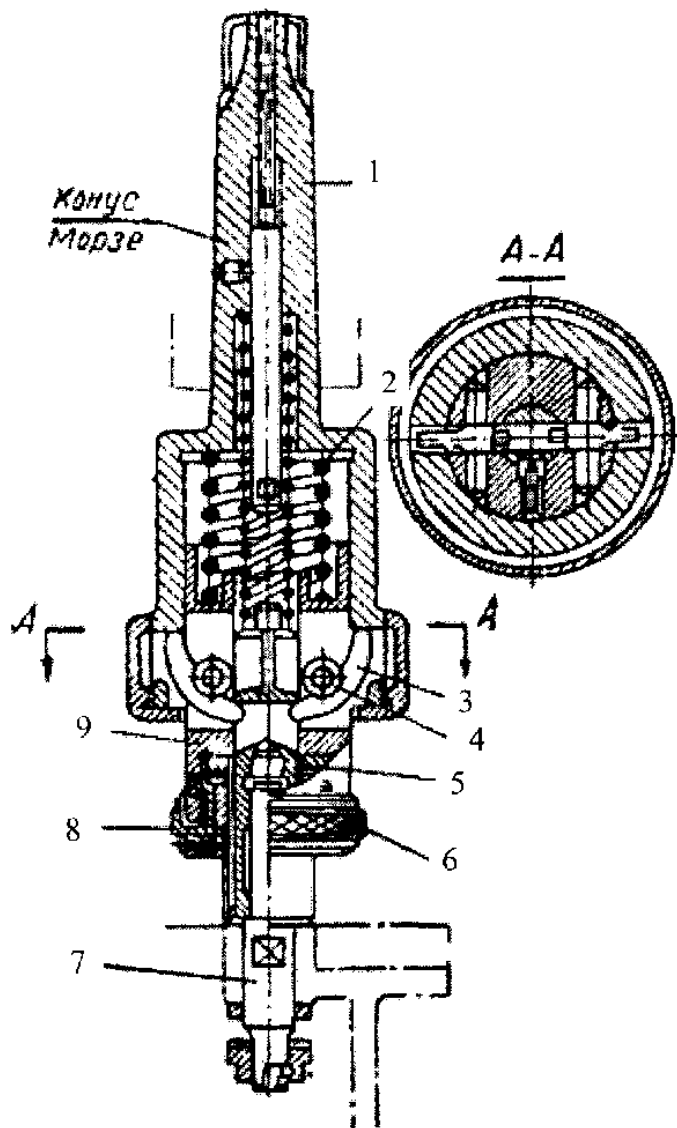


Рисунок 6.36. Універсальна оправка для підрізання торців

При опусканні шпинделя верстата з оправкою вниз упор 8 притискується до поверхні оброблюваної заготовки і силою тертя утримується від обертання. При цьому кулачки 3, що входять в паз шпинделя 5, передають йому і вставці 7 з інструментом обертання і одночасно піднімають його вверх. Підйом вверх забезпечується опусканням вниз корпусу 1 оправки, який стискуючи пружину 2, тисне на плечі кулачків 3 і повертає їх на осях 4.

Осі кулачків розташовані у втулці 9, яка не переміщується в осьовому напрямку, а лише обертається разом з гайкою 6 і передає обертання вставці 7 і інструменту. Між втулкою 9 і упором 8 розташовані кульки.

Для налагодження оправки на необхідну глибину врізання на втулці 9 є вертикальна шкала.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Які існують різновиди кондукторних плит, їх конструктивні особливості, ділянка застосування, переваги та недоліки?

2. Накресліть конструктивну схему скальчастого кондуктора, надайте коротку характеристику його основних частин.

3. За якими ознаками класифікують скальчасті кондуктори?

4. Накресліть конструктивну схему консольного скальчастого кондуктора з рейково-конусним механізмом. Розкрийте його будову та принцип роботи, ділянка його застосування, переваги та недоліки.

5. Те ж саме для портального скальчастого кондуктора з рейково-конусним механізмом.

6. Те ж саме для скальчастого кондуктора з пневматичним приводом.

7. Які параметри розраховуються при визначенні затискного зусилля скальчастого кондуктора коли застосовується конусний замок?

8. Наведіть приклади налагоджень скальчастих кондукторів на обробку отворів.

9. Надайте визначення „стаціонарний пристрій” що застосовується на свердлильних верстатах. В яких випадках застосовуються ці пристрої? В чому полягають його суттєві переваги?

10. Накресліть схему стаціонарного пристрою з нерухомою кондукторною плитою, його основні переваги.

11. Те ж саме для стаціонарного пристрою без кондукторної плити.

12. Те ж саме для стаціонарного пристрою з підвісною плитою.

13. В чому полягають конструктивні особливості рухомих пристроїв (кондукторів) і коли їх застосовують?

14. В чому полягає призначення поворотних пристроїв? Наведіть їх класифікацію та надайте коротку характеристику кожній з цих груп.

15. Поворотні пристрої з вертикальною віссю обертання, їх конструктивні особливості, ділянка застосування, переваги, недоліки.

16. Те ж саме для одноопорних поворотних пристроїв консольного типу з горизонтальною віссю обертання.

17. Те ж саме для двоопорних поворотних пристроїв.

18. Наведіть принципову схему механізації повороту важких пристроїв.

19. Наведіть принципову схему автоматизації повороту пристроїв.

20. Від яких факторів залежить точність поворотних пристроїв і якими заходами можна її підвищувати?

21. Сформулюйте службове призначення багатошпиндельних та револьверних свердлильних головок. Наведіть їх класифікацію та ділянки застосування. В чому полягають основні переваги застосування головок?

22. З яких основних вузлів складаються спеціальні головки з шестеренчастим приводом?

23. Які задачі треба розв'язати при конструюванні багатошпиндельних головок, та послідовність їх вирішення?

24. Які основні способи застосовуються при компонованні багатошпиндельних шестеренчастих головок?

25. Накресліть найпростішу схему (без паразитних шестерень) головки з постійним розташуванням шпинделів, її переваги та недоліки.

26. Те ж саме, з застосуванням паразитних шестерень.

27. Накресліть схему спеціальної головки з шатунно-кривошипним приводом, її переваги та недоліки.

28. Накресліть схему універсальної головки з шарнірно-телескопічним шпинделем, її переваги та недоліки.

29. Накресліть схему універсальної головки шпинделі якої переставляють по дузі радіуса  $r$ , її переваги та недоліки.

30. Накресліть принципову схему револьверної головки з автоматизованим поворотом, коли вона застосовується, її переваги та недоліки.

31. Сформулюйте основні вимоги щодо мащення та ущільнення в багатошпиндельних головках, які мастила при цьому застосовуються?

32. Які вихідні дані потрібні для конструювання спеціальної багатошпиндельної головки?

33. Складіть послідовність проектування багатошпиндельної головки.

34. Як вибираються режими свердління при проектуванні багатошпиндельної головки?

35. Як визначаються зусилля, момент та потужність різання при проектуванні багатошпиндельної головки?

36. За якими принципами і в якій послідовності вибирається кінематична схема багатошпиндельної головки?

37. Яким навантаженням піддаються основні деталі багатошпиндельних головок і як розраховуються їх розміри?

38. За якими принципами підбираються підшипники багатошпиндельних головок?

39. Які основні деталі багатошпиндельних головок треба перевіряти на міцність і в чому полягає методика цієї перевірки?

40. Перелічте інструмент для свердлильних верстатів який відноситься до допоміжного.

41. Перехідні втулки, їх службове призначення, конструкція, ділянка застосування.

42. Накресліть принципові схеми швидкозмінних патронів, їх призначення, ділянка застосування, переваги, недоліки.

43. Те ж саме для самоустановчих патронів для розверток.

44. Те ж саме для патронів що закріплюють мітчики.

45. Наведіть принципові схеми спеціальних розточувальних і підрізних оправок, їх призначення, переваги та недоліки.



# ТЕМА 7

## Пристрої для фрезерних верстатів

### 7.1. Особливості фрезерних пристроїв

Фрезерні пристрої, так само як і свердлильні, звичайно складаються з корпусу і розміщених в ньому установчих, затискних і напрямних елементів. Конструкції установчо-затискних елементів цього типу пристроїв у більшості випадків такі ж самі, як і для свердлильних пристроїв. Проте, оскільки при фрезеруванні виникають значні вібрації оброблюваної заготовки, сила затиску заготовки, а отже, і жорсткість всієї конструкції пристрою мають бути більшими, ніж при свердлінні. Фрезерні пристрої відрізняються від свердлильних також способом встановлення на верстаті і будовою елементів, що напрямляють інструмент.

Правильне встановлення пристрою на верстаті, яке забезпечує зняття стружки у певному місці заготовки, досягається застосуванням шпонок і установів (габаритів).

Напрямні шпонки служать для правильного розташування пристрою відносно осі столу верстата. Напрямні шпонки (не більше двох) закріплюються на нижній площині (основі) корпусу пристрою і вводяться в один з пазів столу. Цим досягається суміщення повздовжньої осі пристрою з напрямом повздовжнього ходу стола, що має особливо велике значення при обробці поверхонь, що точно координовані відносно осі деталі.

Але шпонки, не тільки забезпечують відповідне положення пристрою на столі, вони підвищують стійкість пристрою при обробці. Тому їх доцільно застосовувати і при обробці площин, положення яких визначається тільки відстанню від основи заготовки, тобто таких поверхонь, для обробки яких не обов'язково точно суміщення осей столу верстата і пристрою, в цих випадках шпонки сприймають крутий момент від сил різання і значно розвантажують кріпильні болти пристрою.

Установами (рисунок 7.1) називають деталі у виді пластин, косинців, призм тощо, за допомогою яких перевіряється положення стола верстата разом з пристроєм відносно інструмента.

Розміщуються такі деталі звичайно на корпусі пристрою на певній відстані від рівня обробки; ця відстань перевіряється за допомогою щупа 4–5мм.

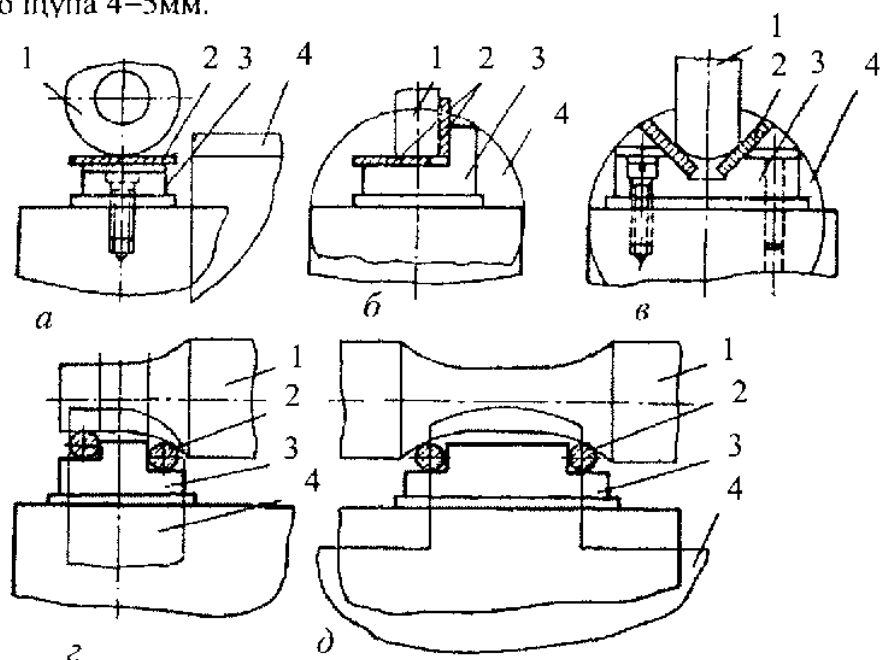


Рисунок 7.1. Типи установів

Пластинчастий установ (рисунок 7.1, а), на якому фреза 1 встановлюється за допомогою щупа 2 для обробки площини заготовки 4. Кутовий установ 3 (рисунок 7.1, б) служить для встановлення фрези 1 за допомогою щупа 2 по двох площинах установка, оскільки потрібно обробити шпонковий паз, розташований в площині симетрії циліндричної заготовки 4. Призматичний установ 3 (рисунок 7.1, в), по якому встановлюється фасонна фреза 1 за допомогою щупа 2, служить також для обробки симетричного паза в заготовці 4. На рисунку 7.1, г, д показано спеціальні установи 3, що служать для встановлення фасонних фрез 1 за допомогою циліндричних щупів 2. Обробці піддається криволінійна поверхня заготовки 4.

Стіл верстата разом із встановленим на ньому пристроєм підводиться до інструменту на відстань від інструмента до установка, що дорівнює товщині щупа, і ця відстань протягом всієї подальшої

обробки залишається незмінною. Правильність цієї відстані перевіряється при обов'язковому провертанні фрези. Безпосереднє зіткнення установка з фрезою не допускається для запобігання пошкодження останньої загартованою поверхнею установка.

Не рекомендується використання у якості установка установчих чи затискних елементів пристрою. При одночасній обробці заготовки групою фрез, які одиті на одну або декілька оправок, за допомогою установка перевіряється тільки одна фреза на кожній оправці. Розміри фрез та їх взаємне розташування треба контролювати поза верстатом. У всіх випадках перевірка здійснюється тільки по робочих поверхнях фрез.

Установи розташовують на пристрої так, щоб зручно було оперувати щупом і спостерігати за його положенням. З цією метою рекомендується вказану перевірку виконувати до встановлення оброблюваної заготовки в пристрій.

Щоб вказаний на кресленні пристрою розмір „під щуп” забезпечив отримання потрібного розміру при обробці заготовки, необхідно, щоб робочі поверхні установів були зв'язані точними розмірами з установчими елементами для заготовки. Звичайно ці розміри виконуються з допуском  $\pm 0,05$  мм. Для грубої обробки цей допуск може бути збільшено до  $\pm 0,1$  мм. Тому при зміні зношених установчих елементів положення їх вивіряється по робочих поверхнях установів.

Ознаками для класифікації фрезерних пристроїв прийнято: характер подачі заготовки при обробці і ступінь використання машинного часу на встановлення і зняття заготовки. За першою ознакою розрізняють пристрої до верстатів з прямолінійною, круговою і складною подачами. За другою ознакою пристрої бувають без суміщення часу на встановлення і зняття оброблюваної заготовки з машинним часом і з використанням машинного часу для цієї цілі. Пристрої, що мають одну з перших ознак, можуть сполучувати в собі будь-яку з другої ознак. Так, наприклад, пристрій може працювати на верстаті з прямолінійною подачею і одночасно допускати використання машинного часу на встановлення і зняття оброблених заготовок. Найбільш поширені пристрої для фрезерування – це машинні лещата, ділильні головки, ділильні столи, пристрої поворотні з горизонтальною віссю обертання, пристрої для безперервного фрезерування та інші. В свою чергу ці пристрої можуть бути спеціальними, універсально-налагоджуваними, універсально-збірними та агрегованими.

## 7.2. Машинні лещата

### Загальні відомості

Машинні лещата відносяться до групи універсальних пристроїв, які допускають переналагодження. Корпус з полозками і механізм затиску лещат – постійні. Налагодження складається зі змінних губок та інших установчих елементів, які проєктуються і виготовляються відповідно до форми і розмірів оброблюваних заготовок.

Лещата можна поділити на такі групи:

#### 1. За загальною конструкцією:

- з однією рухомою губкою;
- самоцентруючі з двома рухомими губками;
- з плаваючими губками;
- з губками, що переміщуються взаємно перпендикулярно.

#### 2. За конструкцією механізму затиску:

- гвинтові;
- ексцентрикові;
- ексцентрикові з важільним підсилювачем.

#### 3. За типом силового приводу:

- з ручним приводом;
- пневматичні;
- механо-гідравлічні;
- пневмо-гідравлічні;
- гідравлічні;
- пружинні з автоматизованим затисканням від столу верстата,

що переміщується.

#### 4. За напрямом зусилля, що прикладається до рухомої губки:

- 1) з тягнучим зусиллям (полозки рухомої губки працюють на розтягнення);
- 2) зі штовхаючим зусиллям (полозки рухомої губки працюють на стискання).

Крім того, лещата бувають:

- неповоротні;
- поворотні в одній площині;
- поворотні в двох взаємно перпендикулярних площинах.

Сучасні конструкції лещат виконуються швидкодіючими, потужними, жорсткими і в той же час компактними. На деяких конструк-

ціях для встановлення змінних елементів на корпусі і полозках лещат, крім губок, передбачено сітку взаємно паралельних і перпендикулярних Т-подібних пазів.

При виборі конструкції машинних лещат для серійного виробництва слід віддати перевагу тим з них, які допускають фрезерування заготовки проти нерухої губки і перешкоджають підйому заготовки при затисканні. Підйом звичайно відбувається в лещатах зі штовхаючим затисканням і внаслідок перекоосу рухомої частини лещат за рахунок зазору в її напрямних. Отже, чим коротше ці напрямні, тим більше перекіс. В лещатах з тягнучим затисканням це забезпечує більш стійке положення заготовки і відносно невеликі вібрації при обробці.

Найбільш характерними експлуатаційними показниками машинних лещат є: відстань між вертикальними площинами для закріплення губок; глибина (висота кріпильних площадок для губок); ширина (довжина кріпильних площадок) і затискуюча сила.

### Лещата з ручним приводом

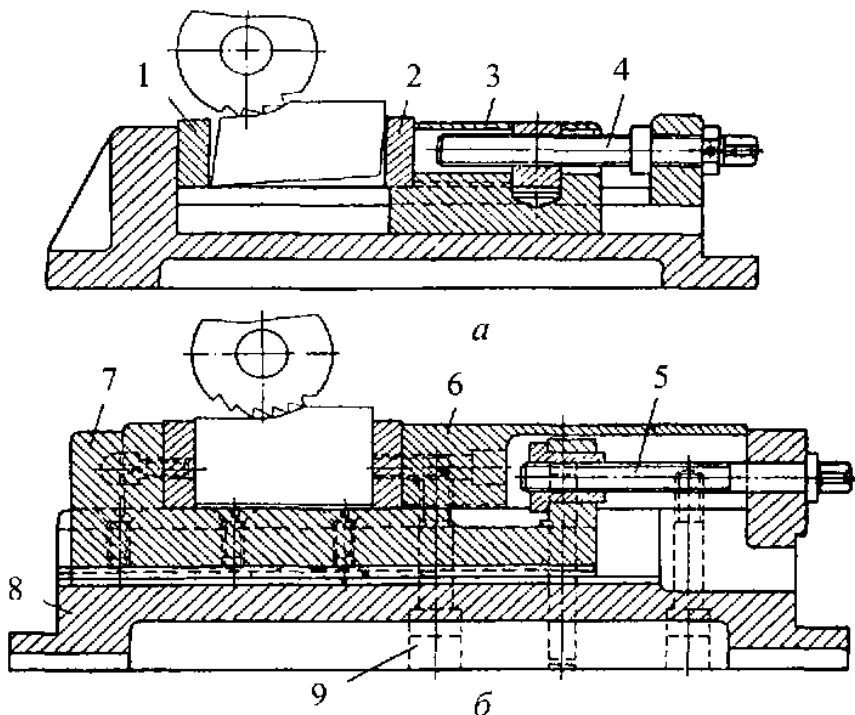


Рисунок 7.2. Лещата з гвинтовим затискачем

Лещата з гвинтовим затискачем показано на рисунку 7.2. Штовхаюча частина 3 (рисунок 7.2, а) приводиться в дію гвинтом 4. Змінні губки 1 і 2 загартовані до високої твердості HRC 54-58. Ця конструкція не забезпечує надійного прилягання заготовки до основи лещат, що вимушує оператора спеціально стежити за встановленням заготовки і додатково постукувати по ній щоб виправити її положення. Лещата, що показано на рисунку 7.2, б, не мають цих недоліків. В цьому випадку частина 6 гвинтами 9 нерухомо закріплена до корпусу 8, а рухомою є частина 7, що керується гвинтом 5.

Для прискорення підведення до заготовки і відведення рухомої частини, між буртом гвинта і стінкою розмішують відкидну планку, яка відіграє роль зйомної шайби. Машинні лещата звичайно мають повздовжні і поперечні нази під шпонки, що дозволяє їх ставити уздовж чи поперек столу фрезерного верстата. В умовах малосерійного і серійного виробництва лещата закріплюються на спеціальній підставці, з поділками, що дозволяє розташовувати їх під будь-яким кутом до напрямку руху столу.

Машинні лещата з гвинтовим затискачем у відношенні часу, що потрібний на їх обслуговування, не завжди задовольняють вимогам. Наприклад, при розташуванні лещат уздовж фрезерного столу гайковий ключ керування затисканням можна повернути не більше ніж на  $180^\circ$ , тому для отримання потрібної сили затиску потребується декілька разів переустановлювати ключ. У зв'язку з цим, для відносно неважких операцій з метою прискорення роботи застосовують лещата з ексцентриковим затискачем з поворотом рукоятки у горизонтальній площині, причому такі лещата, як і гвинтові, виготовляють зі штовхаючими і тягучими затискачами.

На рисунку 7.3 показано ексцентрикові лещата з важільним підсилювачем, який забезпечує силу затиску 34300 Н, тобто у 7-8 разів більшу, ніж у звичайних ексцентрикових лещатах.

Механізм затиску лещат забезпечує швидке переміщення губки на 25 мм і рух з невеликою швидкістю на довжині до 2мм для закріплення заготовки.

До корпусу 8 лещат закріплено упор 10 з нерухомою губкою 9. Другий рухомий упор 5 з губкою 6 закріплено на повзуні 1. Упор 5 можна встановлювати на повзуні в різних положеннях. Для цієї цілі в упорі є вкладиш 3 з пальцем 2 який встановлюється в отвір повзуна.

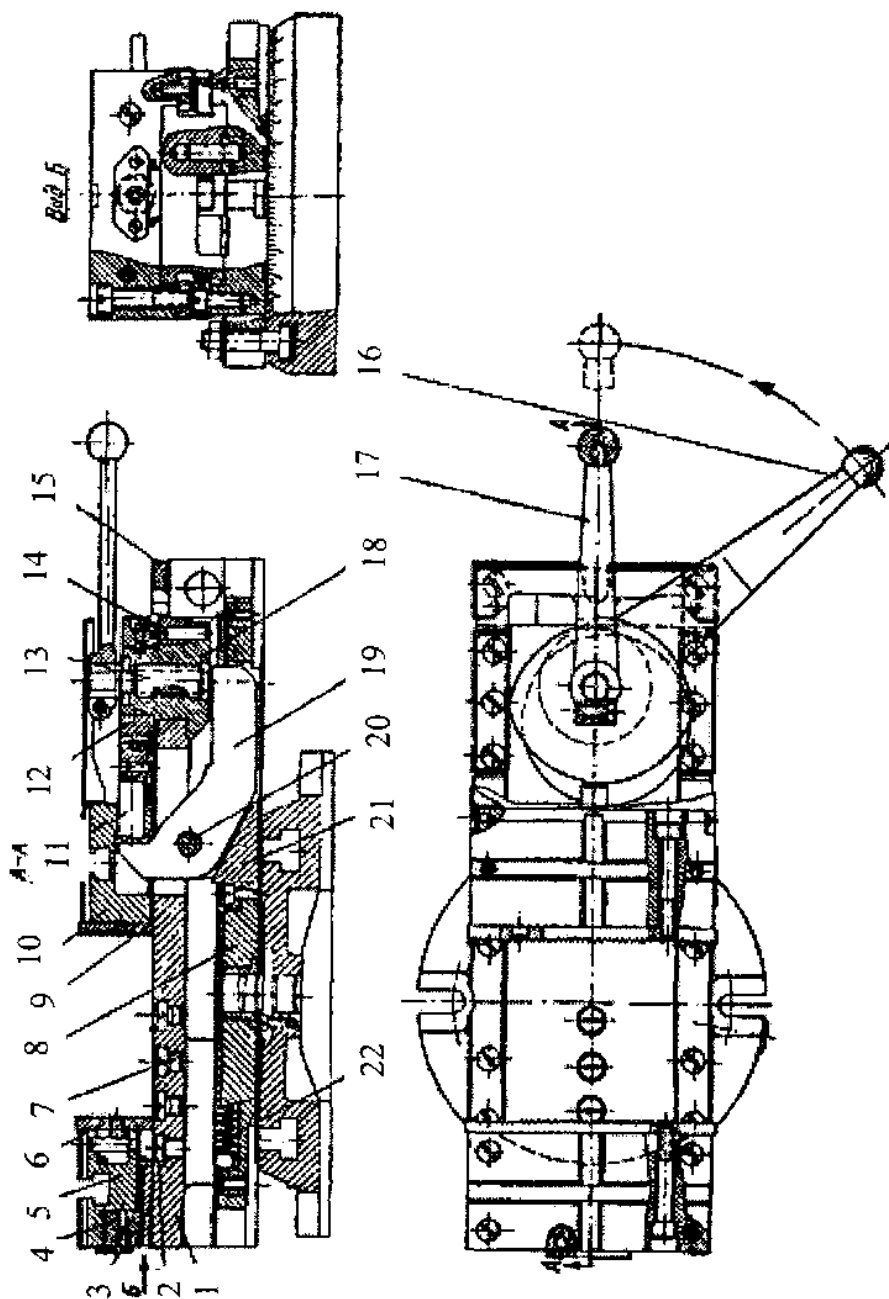


Рисунок 7.3. Ексцентрикові лещата з важелем-підсилювачем

Упор з'єднується з вкладишем за допомогою гвинта 4, який служить для точного встановлення упора. Закріплення упора провадиться пальцем 2 і гвинтом 4. Для запобігання засмічування отвору під палець 2 в повзуні служать пробки 7.

Механізм для пересування повзуна і закріплення оброблюваної заготовки складається з двох ексцентриків і гвинто-важільного вузла. Важіль 19 обертається на осі 20, що закріплена у вкладиші 21, який нерухомо з'єднаний з корпусом. Ексцентрики 12, 14 і гвинт 13 розміщені на втулці 18, яка в свою чергу закріплена в повзуні 1. При обертанні рукоятки 16 проти годинникової стрілки ексцентрик 14, спираючись на шаншайбу 15, пересуває повзун 1 вліво, відводячи губку від заготовки.

При обертанні рукоятки за годинниковою стрілкою ексцентрик 12, відштовхуючись від штифта 11, який через важіль 19 упирається у гвинт 13, пересуває повзун вправо, підводячи губку до заготовки. Таким чином, при закріпленні ексцентрикним упором для повзуна з нерухомою губкою служить гвинт 13.

Остаточне закріплення заготовки здійснюється поворотом гвинта 13 за допомогою рукоятки 17. Гвинт, повертаючи рівноплечий важіль 19 через штифт 11, відштовхує ексцентрик, пересуваючи таким чином повзун. При обертанні гвинта 13 проти годинникової стрілки пружини 22 відводять повзун з губкою від заготовки.

На рисунку 7.4 показано лещата поворотні універсальні. Призначені для робіт, що потребують встановлення оброблюваної заготовки під різними кутами відносно затискувальної площини губок і вертикальної осі. Межі повороту відносно подушки 1 складають  $\pm 45^\circ$ . Поворот лещат на заданий кут навколо вертикальної осі провадять за поділками лімба. В установленому положенні лещата закріплюють гайками 2 і 3.

На рисунку 7.5 показано полегшені машинні лещата. Вони мають скоболоподібний корпус 1 з двома наскрізними напрямними пазами 9, що виконані з боку опорної площини. На одному кінці корпусу з внутрішньої сторони гвинтами закріплена планка 2, з другої сторони в отворі встановлена нарізна втулка 7, в якій розміщено затискний гвинт 6. Втулка фіксується гвинтом 15. У повздовжніх пазах корпусу знаходиться нерухома губка 4 з планкою 3.

Ця губка за допомогою двох гвинтів 5 і сухарів 13 закріплюється на столі 8 фрезерного верстата.



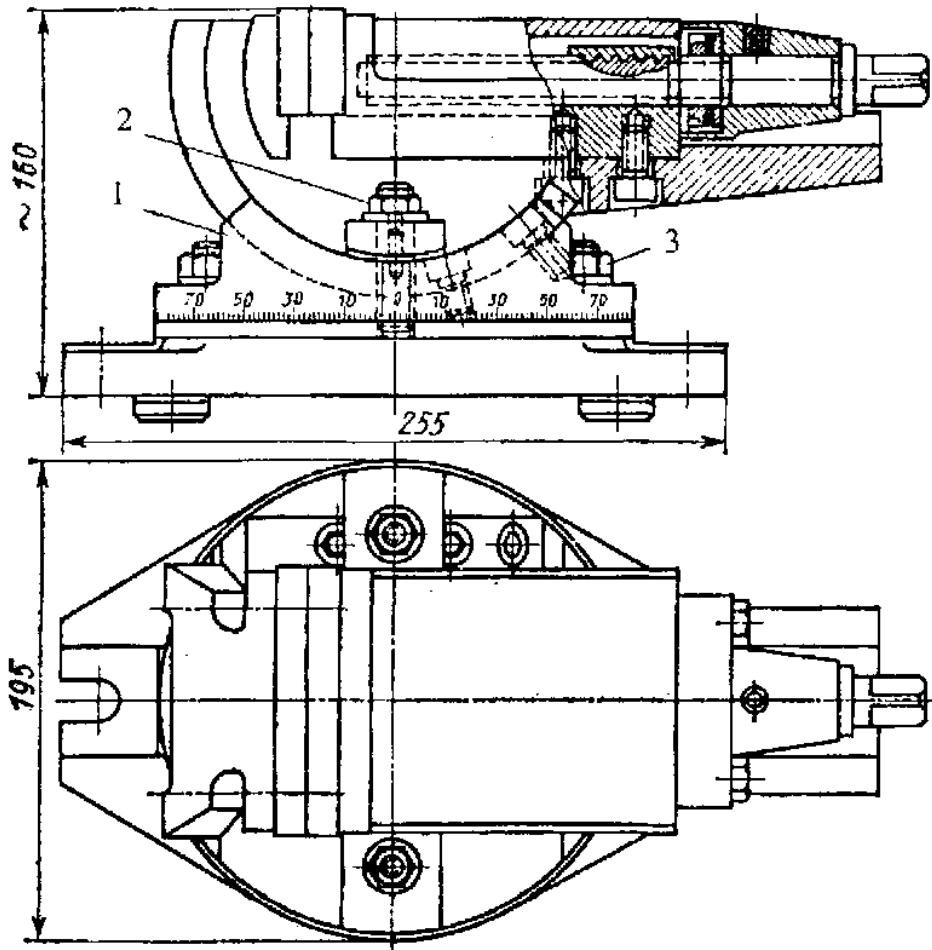


Рисунок 7.4. Лещата поворотні універсальні

З нерухомою втулкою Т-подібними замками 11 і 12 послідовно з'єднані проміжна вставка 10 і гвинт 6. Після закріплення губки 4 між площиною корпусу передбачено зазор не більше 0,05 мм, який забезпечує вільне переміщення корпусу відносно нерухомої губки. Таким чином, в цих лещатах роль рухомої губки виконує корпус, який пересувається за допомогою гвинта 6. Для підвищення жорсткості і точності положення заготовки після закріплення на площину столу доцільно встановити через пази в корпусі П-подібну підкладку 14. Її можна також закріпити на столі за допомогою гвинта і сухаря аналогічно закріпленню нерухомої губки.

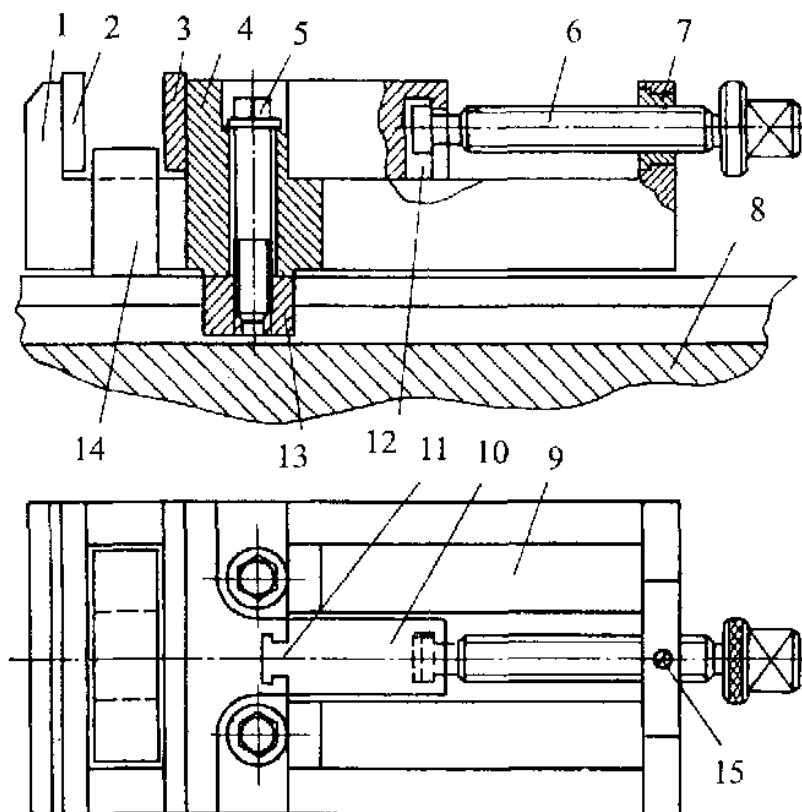


Рисунок 7.5. Полегшені машинні лещата

Вставка 10 – зйомна. Вона служить подовжувачем для гвинта при закріпленні коротких заготовок. При встановленні більш довгих заготовок вставку можна зняти, а гвинт з'єднати безпосередньо з нерухомою губкою.

Переваги цієї конструкції полягають в тому, що у порівнянні з аналогічними лещатами такої ж самої довжини корпуса вони мають у два рази меншу металомісткість при двократному збільшенні ходу губок.

На рисунку 7.6 показано самоцентруючі лещата з гвинтовим затискачем. Закріплення заготовок складної конфігурації на цих лещатах забезпечується змінними губками, в яких передбачено профіль, аналогічний профілю заготовок. Змінні губки виготовляють з м'яких матеріалів (алюміній, латунь, текстоліт), щоб при закріпленні заготовки не пошкодити її поверхні.

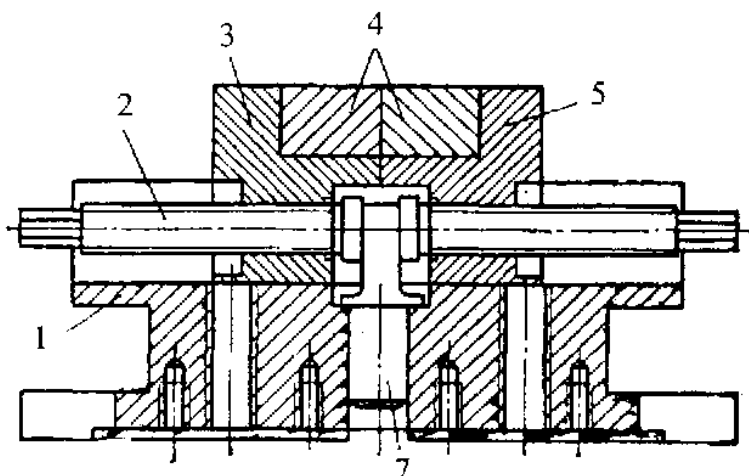


Рисунок 7.6. Самоцентруючі лещата з гвинтовим затискачем

Лещата мають основу 1 з пазами для закріплення сухарів, за допомогою яких лещата базуються на універсально-збірному пристрої, на основі встановлено дві губки 3 і 5, а в них розміщено змінні губки 4. Губки 3 і 5 з'єднані гвинтом 2 з правою і лівою нарізками. Гвинт 2 фіксується відносно основи 1 за допомогою серги з циліндричним хвостовиком 7. Завдяки використанню гвинта з правою і лівою нарізками досягається самоцентрування закріпленої заготовки. Точність центрування губок відносно основи – 0,02мм.

Ці лещата можуть входити в елементи універсально-збірних пристроїв, а також закріплюватись безпосередньо на столах фрезерних, свердлильних, плоскошліфувальних верстатів і на планшайбі токарного верстата.

### Лещата з механізованим приводом

Лещата з тягнучим затискачем показано на рисунку 7.7. Вони мають підсилювач у виді важеля 3. Губка 4 нерухома, губка 6 переміщується разом з повзуном 5, на якому вона переустановлюється і закріплюється болтом з високою гайкою 6. Коли повітря з пневмопривода видаляється, дві пружини 2 переміщують повзун вправо у вихідне положення. Одночасно шток 1 пневмокамери опускається.

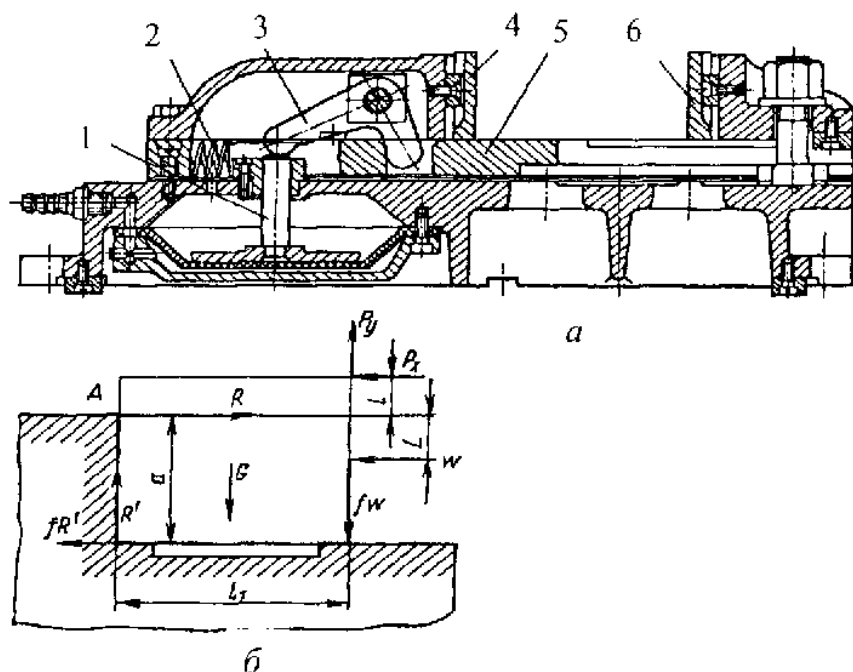


Рисунок 7.7. Пневматичні лещата з тягнучим затискачем (а) і схеми до розрахунку затискуючої сили (б)

У випадку коли горизонтальна складова  $P_x$  (рисунок 7.7, б) сили різання напрямлена перпендикулярно затискним площинам губок, а складова  $P_y$  – паралельно цим площинам, потрібна сила затиску  $W$  може бути визначена приблизно з рівняння моментів відносно точки  $A$  всіх сил, діючих на оброблювану заготовку, тобто з рівняння:

$$P_x \ell + P_y \ell_1 - G \frac{\ell_1}{2} - Wf \ell_1 - WL - Fa = 0,$$

де  $\ell$  – плече сили  $P_x$ ;  $\ell_1$  – плече сили  $P_y$  при максимальному віддаленні інструмента від нерухої губки;  $G$  – вага заготовки;  $f$  – коефіцієнт тертя;  $L$  – плече сили  $W$ ;  $F = (G + Wf - P_y)f$  – сила тертя на опорній поверхні;  $a$  – висота нерухої губки над установочою поверхнею для оброблюваної заготовки.

Підставивши значення  $F$  у рівняння моментів і розв'язуючи його відносно  $W$ , одержимо:

$$W = \frac{P_v(d + af) + P_x \ell - G \left( \frac{b}{2} + af \right)}{af^2 + bf + L}$$

На рисунку 7.8, *a* показано пневмогідралічні лещата. Лещата встановлюються на широкоуніверсальних вертикальних або горизонтально-фрезерних верстатах і забезпечують регульоване зусилля затиску до 34300Н.

Лещата приводяться в дію пневмогідропідсилювачем 4, з яким вони з'єднуються гнучкими шлангами 5 високого тиску. Робочий гідроциліндр виконано в основі 2 і закріплюється до корпусу 3 лещат Т-подібними болтами. Лещата поворотні.

Для відліку кута розвороту лещат у вертикальній і горизонтальній площинах передбачено дві шкали. Широкий діапазон регулювання зусилля затиску дозволяє використовувати пневмогідралічні лещата при обробці як заготовок, що потребують великого зйому металу і високих режимів різання, так і різних тонкостінних деталей з легких сплавів, коли необхідне їх надійне закріплення без перезатиску і деформації.

Лещата мають нерухому губку 3, розташовану на корпусі, а з боку гвинта-рухомою 1. Губка 1 – змінна. Її можна замінити на інші типорозміри – на губки – підставки, губки – кулачки і под.

На рисунок 7.8, *б* зображено загальний вид вузла рухомої губки, що застосовується на пневмогідралічних лещатах. Рухома губка закріплюється за допомогою Т-подібних болтів. Попередньо тяга 11 вкручується у шток пневмоциліндра. З тягою з'єднаний одним своїм плечем важіль 10, що знаходиться на осі 9. Друге плече важеля знаходиться в пазу гайки 6, що зв'язана з установчим гвинтом 5. Гвинт знаходиться в пазу корпусу 4 і від осевого зміщення утримується планкою 7.

Корпус встановлено на напрямних типу „ластівчин хвіст” на основі 12 і він може переміщуватись поздовжньо.

Залежно від конфігурації оброблюваних заготовок до корпусу за допомогою фіксуючої шпонки 2 і гвинтів закріплюється змінна губка 1 або спеціальний елемент налагодження. Крім того, на корпусі передбачено наскрізний Т-подібний паз 3 для закріплення кулачків та інших елементів.

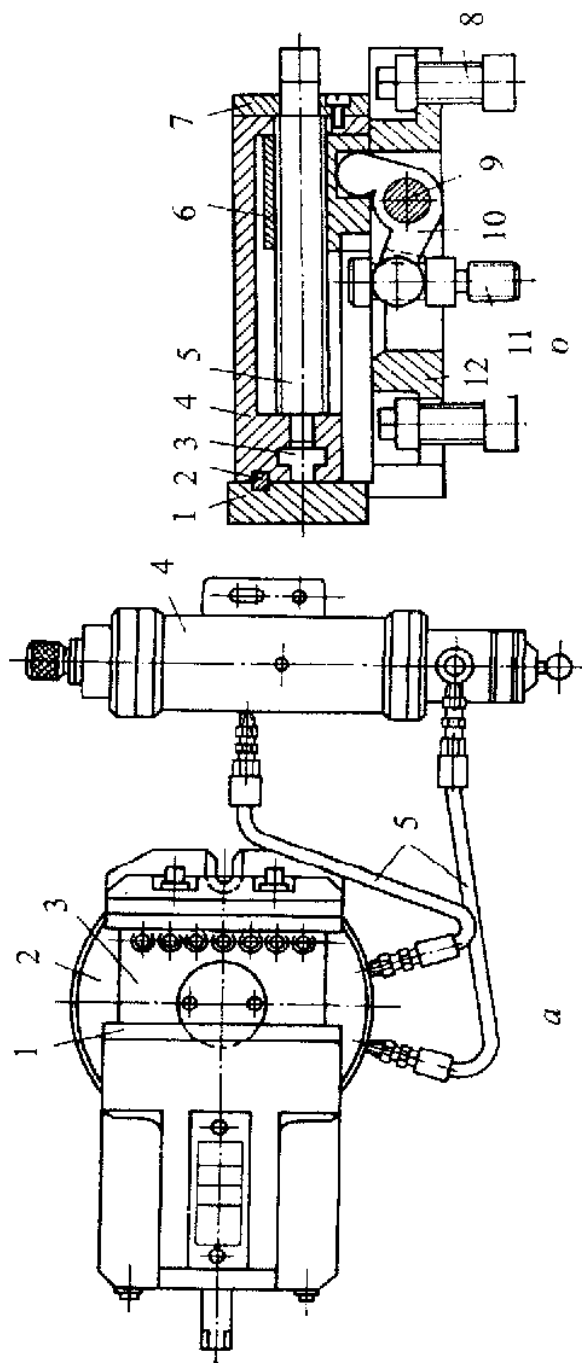


Рисунок 7.8. Пневмогідрравлічні лещата

Лещата, що показані на рисунку 7.9, призначені для закріплення заготовок при груповій обробці на фрезерних, розточувальних та інших металообробних верстатах. Особливістю конструкції є самоцентрування, тобто одночасне переміщення обох губок 2, що надто важливо при необхідності точного орієнтування оброблюваних заготовок відносно різального інструменту.

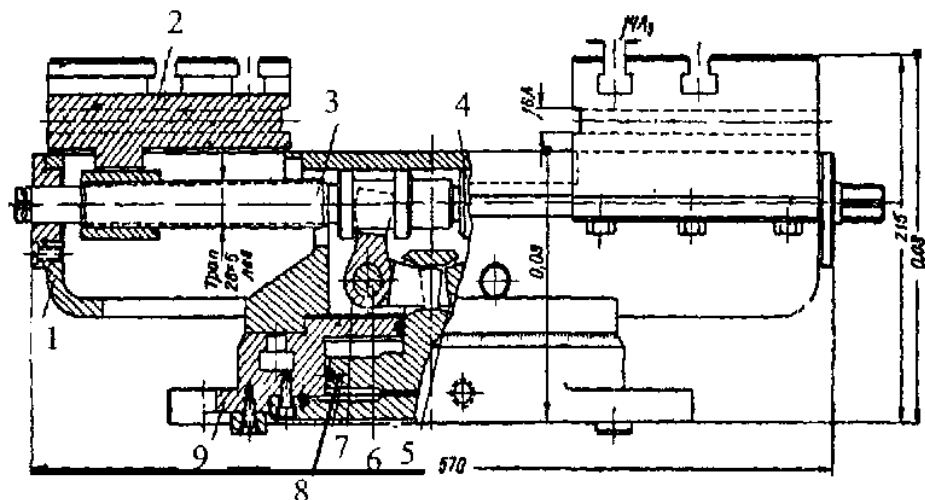


Рисунок 7.9. Гідравлічні самоцентруючі поворотні лещата

Закріплення заготовок здійснюється під тиском мастила до 5 Мпа яке надходить з магістралі в порожнину основи 9. Під тиском мастила поршень 8 переміщується униз, а важелі 7 і 5, провертаючись навколо своїх осей 6, через гвинти 3 і 4 рівномірно зближують обидві губки.

Для встановлення і закріплення оброблюваних заготовок або спеціальних налагоджень на верхній і боковій площинах губок передбачено Т-подібні пази. Попереднє налагодження лещат проводиться гвинтами. Можливість повороту корпусу 1 відносно основи 9 дозволяє проводити встановлення заготовок з поворотом навколо осі в межах  $360^\circ$  з точністю до  $1^\circ$ .

#### Технічна характеристика самоцентруючих лещат

Хід рухомих губок від гідравлічного приводу	24мм
Зусилля затиску при тиску мастила в магістралі до 5 Мпа	53900 Н
Розведення губок при гвинтовому встановлюванні	0-200 мм
Маса	78 кг

## Налагодження лещат

Заготовки невеликих розмірів простої форми затискують у звичайних лещатах з постійними губками. Для закріплення заготовок складної форми чи декількох заготовок одночасно лещата оснащують налагодженнями. Налагодження монтуються на верхніх і торцевих поверхнях нерухокої і рухої губок, а також безпосередньо на корпусі лещат. При проєктуванні налагоджень необхідно узгоджувати їх базові поверхні з установчими поверхнями на лещатах, а також з розташуванням повздовжніх і поперечних пазів, з ходом губок і под. Комплект налагодження звичайно включає в себе всього лише декілька (від 2 до 6) деталей. Тому вартість їх у порівнянні зі спеціальними пристроями значно нижча. Проектування налагоджень може стати основним напрямком в конструюванні верстатних пристроїв, оскільки до 50–70% деталей операцій на фрезерних верстатах в умовах серійного виробництва може виконуватись в змінних налагодженнях лещат.

На рисунку 7.10 показано найпростіші налагодження у виді змінних губок для обробки плоских і циліндричних заготовок.

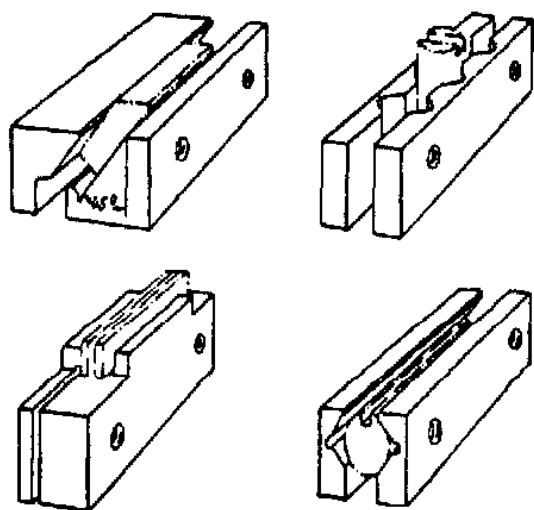


Рисунок 7.10. Найпростіші налагодження у виді змінних губок для обробки плоских і циліндричних заготовок

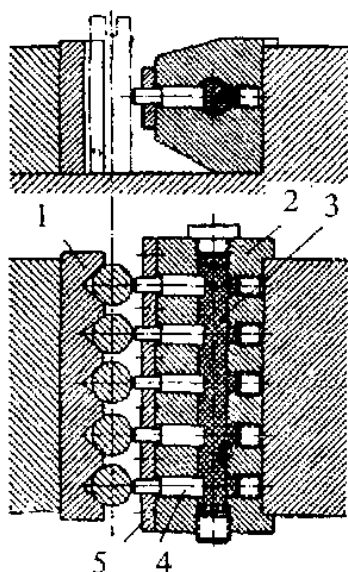


Рисунок 7.11. Багато місцеве налагодження для фрезерування пазів на торцях валиків



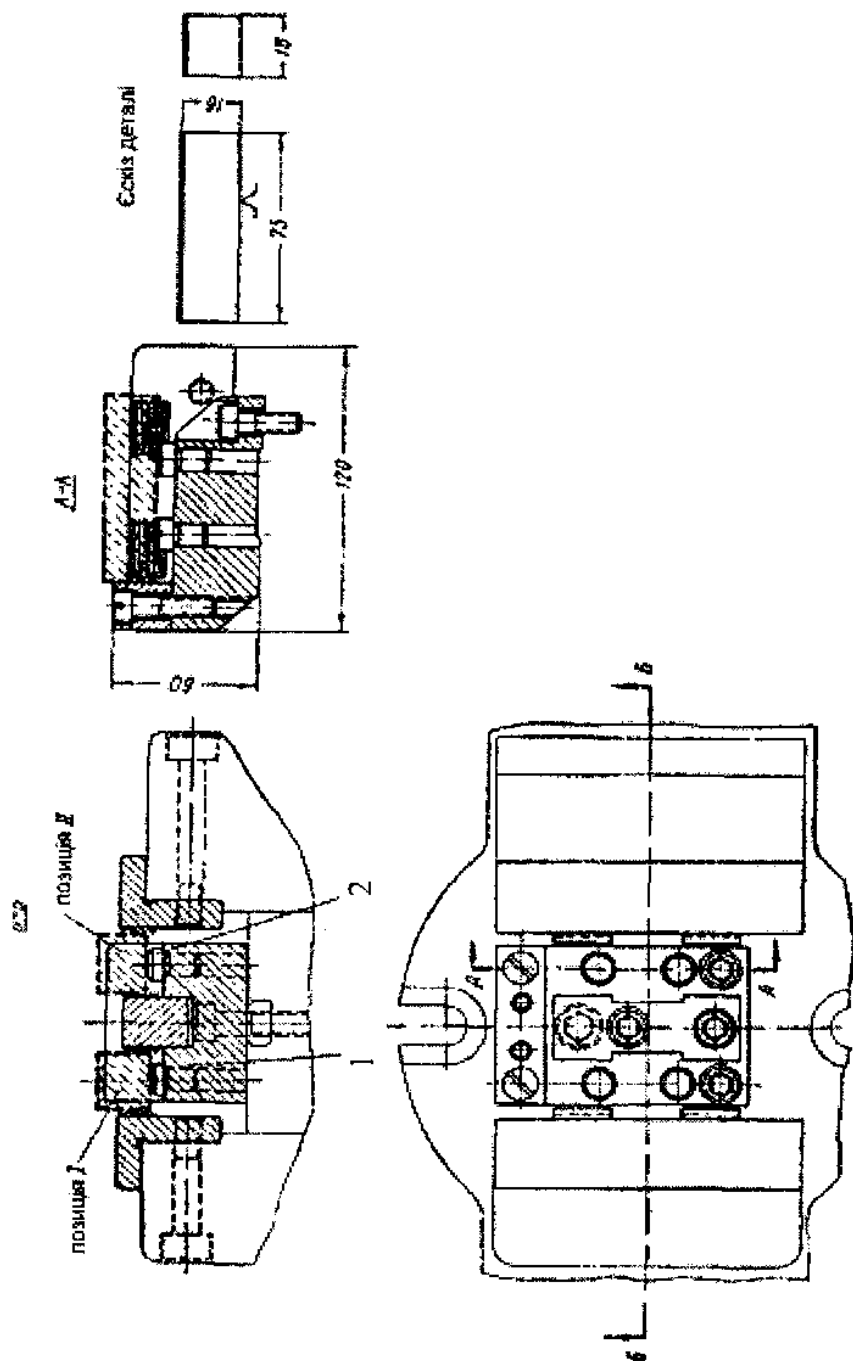


Рисунок 7.12. Налаштування для фрезерування площини планок

На рисунку 7.11 показано налагодження для фрезерування пазів на торцях валиків. П'ять оброблених заготовок встановлюються в призми спеціальної губки 1. Закріплення заготовок провадиться за допомогою п'яти плунжерів 4, що знаходяться в губці 2. Гнізда плунжерів з'єднані каналом, який заповнений гідропластом 3. Планка 5 утримує плунжери в своїх гніздах.

На рисунку 7.12 показано налагодження для фрезерування площин планок. Обробка двох боків планки провадиться з двох установлень. На опорні штифти 1 встановлюється планка для фрезерування першого боку, а на штифти 2 – для фрезерування другого боку. Закріплення провадиться двома рухомими губками.

На рисунку 7.13 показано налагодження для одночасного закріплення чотирьох фігурних кронштейнів двома рухомими губками. Губки з зусиллям  $W$  діють на поворотні прихвати 1.

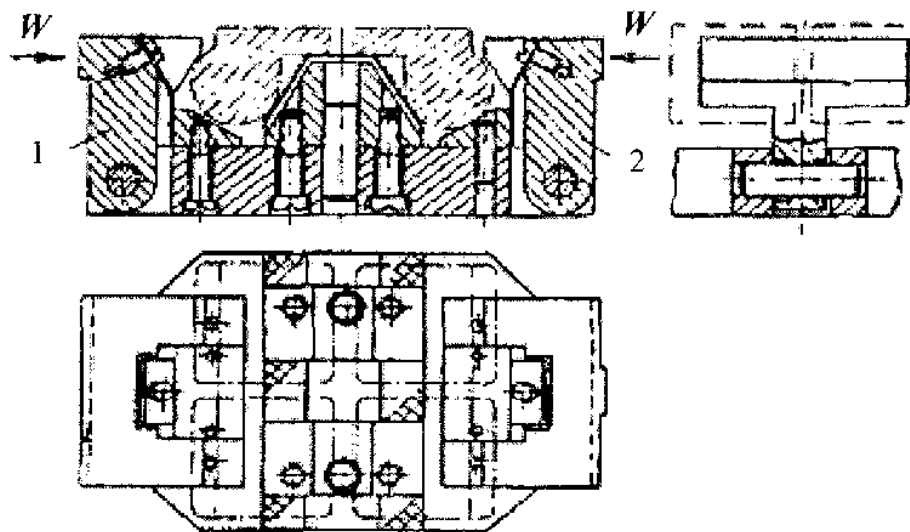


Рисунок 7.13. Налаштування для одночасного закріплення чотирьох фігурних кронштейнів двома рухомими губками

На рисунку 7.14 показано приставну губку, це модернізація стандартних лещат, тут додано ще одну губку 3 (приставну) і до неї – горизонтальну 5. Приставна губка має Г-подібну форму. Одним плечем вона упирається в гнізда 6, що вифрезеровані з двох боків на корпусі 2 лещат, другим – затискує заготовку 4, встановлену на губці 5. Причому затиск здійснюється рухомою губкою 1, яка з зовнішнього боку підводиться до приставної губки.

Горизонтальна губка 5 – змінна і залежно від заготовки може мати різну форму.

На рисунку 7.15, а показано змінну губку, яка дозволяє проводити обробку шестигранників у звичайних лещатах, не застосовуючи ділильний пристрій.

Установча площина губки виконана під кутом  $30^\circ$  до проти-лежної площини.

Змінна губка закріплюється замість плоскої губки на нерухо-мій частині лещат. На рисунку 7.15, б показано схему обробки шестигранника за допомогою такої губки. При обробці першої грані (установ І) циліндрична заготовка затискується як звичайно. Після цього вона встановлюється так, щоб її готова грань базувалася по похилій площині губки (установ ІІ). Потім оброб-ляється друга грань і т.д.

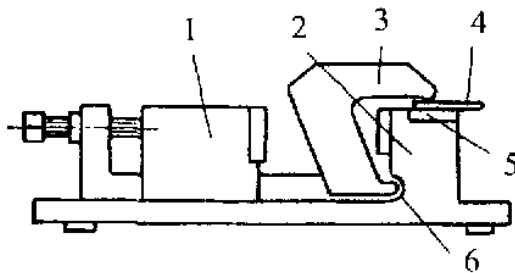


Рисунок 7.14. Приставна губка

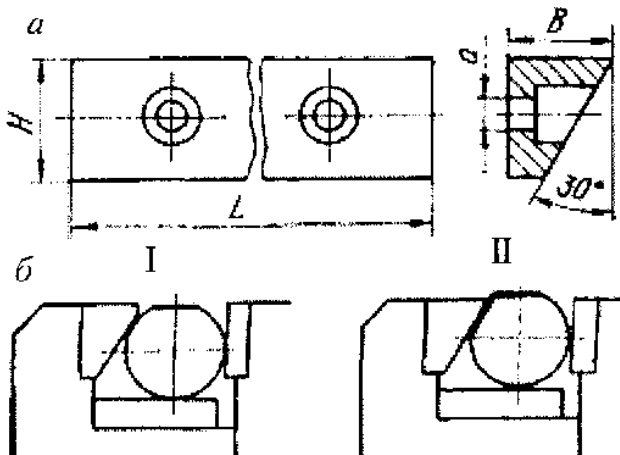


Рисунок 7.15. Змінна губка для обробки шестигранників

Розміри  $B$ ,  $H$ ,  $L$  і  $d$  губки залежать від типорозміру лещат, на яких вона встановлюється.

При обробці заготовок на фрезерних верстатах в умовах одиничного і малосерійного виробництва значний час витрачається на встановлення і вивірку лещат чи безпосередньо заготовок на столі верстата.

Цей недолік легко усувається за допомогою пристрою, що показаний на рисунку 7.16. Пристрій являє собою прямокутну рамку 1, яка має високу точність номінального розташування (паралельність чи перпендикулярність) поверхонь А, Д і Е відносно поверхні Ж. Закріплюється пристрій на вертикальній напрямній станини типу „ластівчин хвіст” за допомогою притисної планки 3 і гвинта 2. При цьому поверхні А і Д мають збігатись з напрямом повздовжньої подачі стола, а поверхні Б, В, Г і Е – з напрямом поперечної подачі.

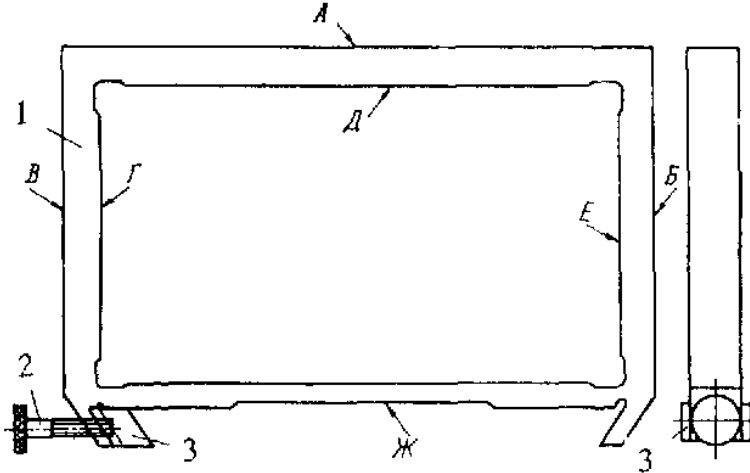


Рисунок 7.16. Пристрій для точного установа лещат і заготовок на столі фрезерного верстата

При виготовленні пристрою це досягається припасуванням (шабренням) площини Ж. Похибка не повинна перевищувати 0,03 мм.

Лещата чи заготовки, що встановлюються на столі, притискаються базовими поверхнями до однієї з поверхонь рамки, після чого закріплюються.

Цей пристрій універсальний, його застосування скорочує час на встановлення лещат або заготовок і підвищує продуктивність праці.

### 7.3. Універсальні і групові пристрої

Крім лещат використовуються інші конструкції базових пристроїв, що розраховані на застосування змінних налагоджень. Більшість таких пристроїв оснащено пневматичним або гідравлічним приводом.

В корпусі показаному на рисунку 7.17 змінні губки, що виготовлені по формі оброблюваної заготовки, встановлюються у повздовжньому Т-подібному пазу і легко в ньому переміщуються.

Губки підтискаються важелем 1, що діє від пневматичного приводу. Упор 2, що відкидається, обмежує переміщення губок і дозволяє швидко замінювати їх для обробки інших заготовок. В середині корпусу пристрою може бути встановлена змінна опора 3, яка дозволяє фрезерувати заготовки, які не мають буртиків або потребують обробки на левій відстані від нижньої основи.

Стержень 4, що розміщений в кронштейнах корпусу на зовнішній його стінці, служить віссю для відкидних планок (рисунок 7.18), установів та інших деталей, що застосовуються при фрезеруванні взаємно перпендикулярних пазів, лисок і под. Основні розміри нормалізованого пристрою наведено в таблиці 7.1.

**Таблиця 7.1 – основні розміри групового пристрою (рисунок 7.17) в мм**

$L$	$L_1$	$L_2$	$H$	$H_1$	$B$	$b$
292	485	540	133	113	125	36
430	650	700	150	115	150	48

На рисунку 7.18 показано приклад налагодження пристрою для фрезерування вилок. Змінні губки для закріплення заготовок вставляються у повздовжній паз пристрою.

Для орієнтування вилок по боковим площинам від яких повинен бути витриманий розмір  $K$  при фрезеруванні, використовується відкидна планка.

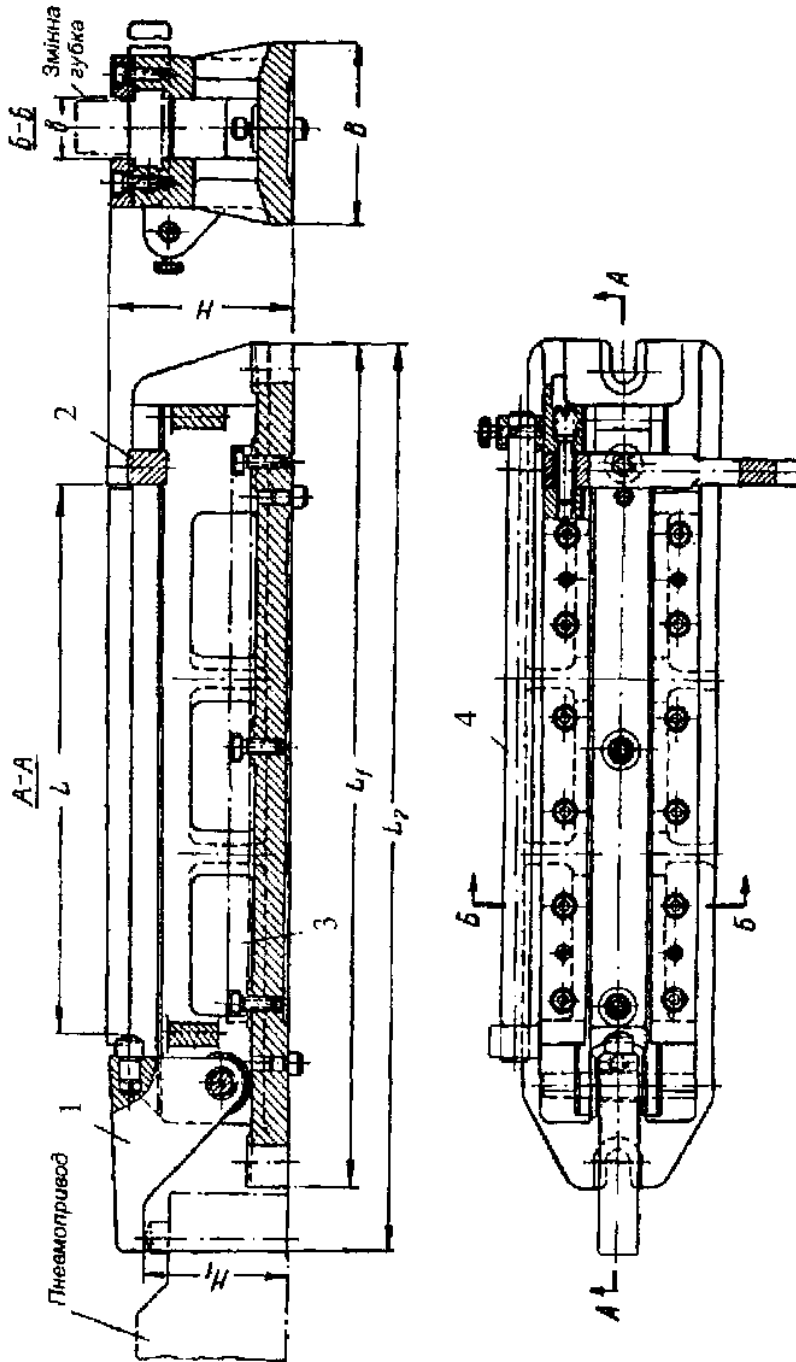


Рисунок 7.17. Універсальний багатомісцевий прегрій з приставним пневмоприводом

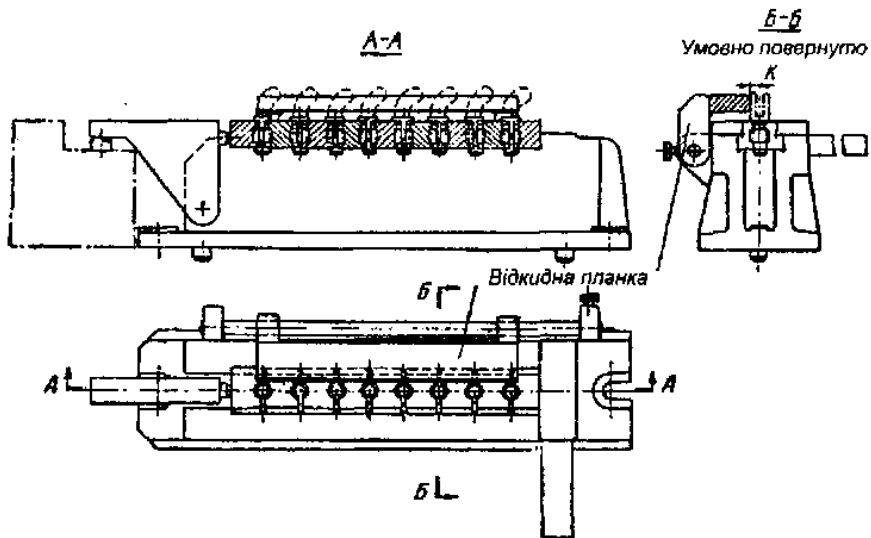


Рисунок 7.18. Налаштування пристрою до рисунку 7.17 для фрезерування вилок

На рисунку 7.19, *а, б* показано універсальний корпус з вмонтованим пневмоприводом і змінна багатомісна касета до нього. Пневмоциліндр 2 з поршнем 1 закріплений на плиті 3. З поршнем зв'язаний шток 16, в пазу якого розміщено нижнє плече важеля 12. Важіль провертається на осі 13, що запресована в стояк, приварений до циліндру (розріз Г-Г). Верхнє плече важеля через вісь 11 діє на плунжер 10, що переміщується у загартованій втулці 9. Закріплення касети в пристрої здійснюється прихватами 14, які притискають її до клинової напрямної 15.

Змінна касета (рисунку 7.19, *б*) складається з крайніх губок 1, 4, які закріплюються нерухомо, і губок 2, які ковзають на двох скалках 3. При монтажі налаштування нерухомі губки встановлюються на опорні штири 8 (рисунку 7.19, *а*), а губка 1, крім того, своїм мірним пазом орієнтується по шпонковому виступу загартованої планки 6 пристрою.

Для правильного встановлення заготовок по висоті служить рухомий колінчастий упор 7. Регулювання його провадиться за допомогою гвинта 4, а закріплення здійснюється гвинтом 5.

При закріпленні заготовок повітря з мережі надходить у розподільний кран 17, змонтований на циліндрі, переміщує поршень униз і за допомогою важеля 12 і плунжера 10 стискає рухомі губки касети. Для проходу плунжера в нерухомій касеті 4 передбачено отвір.

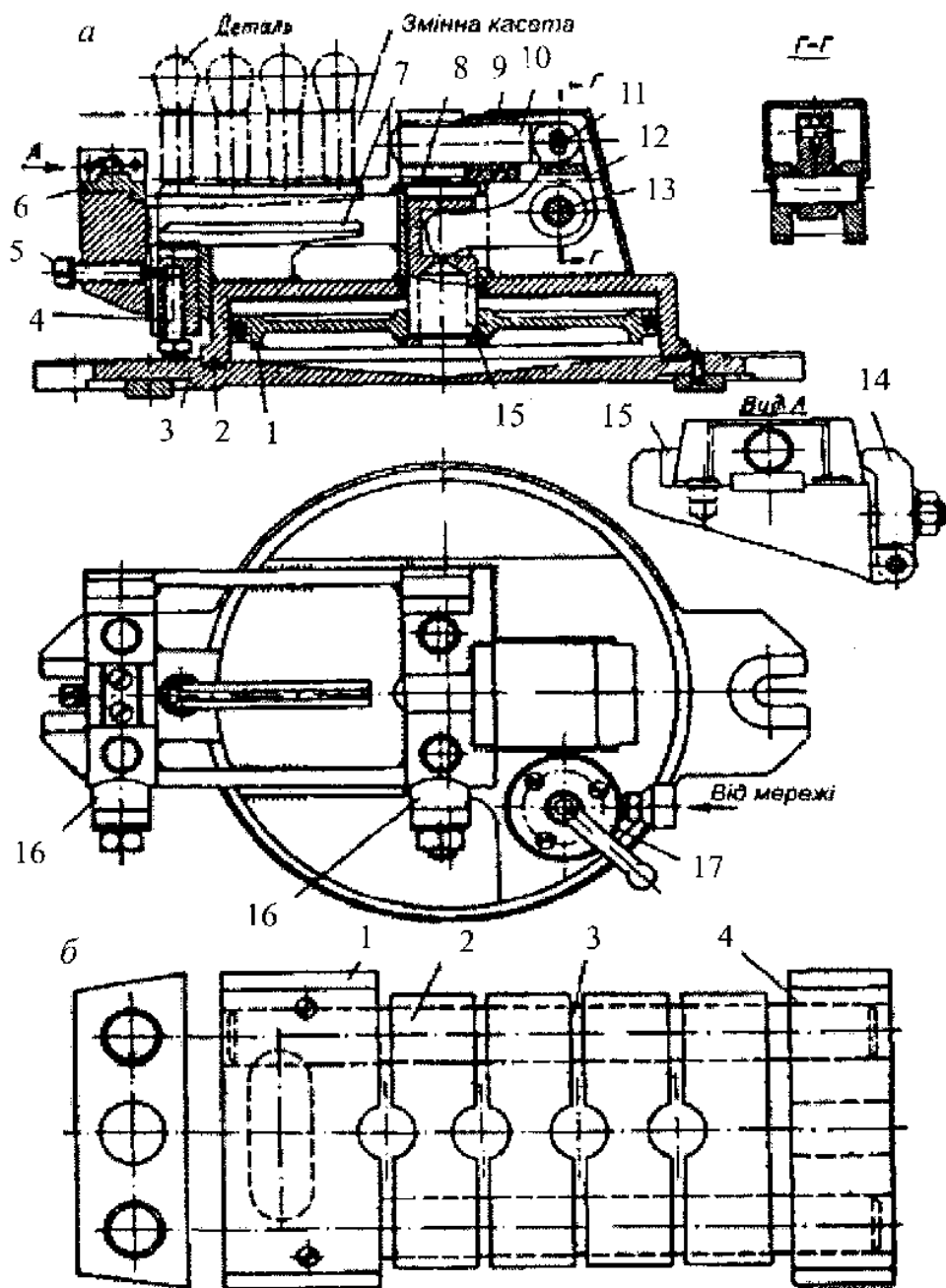


Рисунок 7.19. Універсальний багатомісцевий пристрій з вмонтованим поршневим циліндром (а) і змінною касетою (б)



На рисунку 7.20 показано пневматичний пристрій для закріплення заготовок типу „валик”. Пристрій складається з двох однакових затискних вузлів, які залежно від довжини встановлюваного вала можуть бути закріплені на столі фрезерного верстата на різній відстані. В корпусі 1 вузла знаходиться пневмокамера. Шток 2 поршня віссю 3 шарнірно з'єднаний з двома однаковими важелями 4, на яких за допомогою осей 5 встановлено ролики 6. До корпусу приварено дві планки 8, площини Б і В яких точно оброблені і створюють призму, симетрично розташовану відносно осі штока. В контакті з поверхнями призми знаходяться ролики 6.

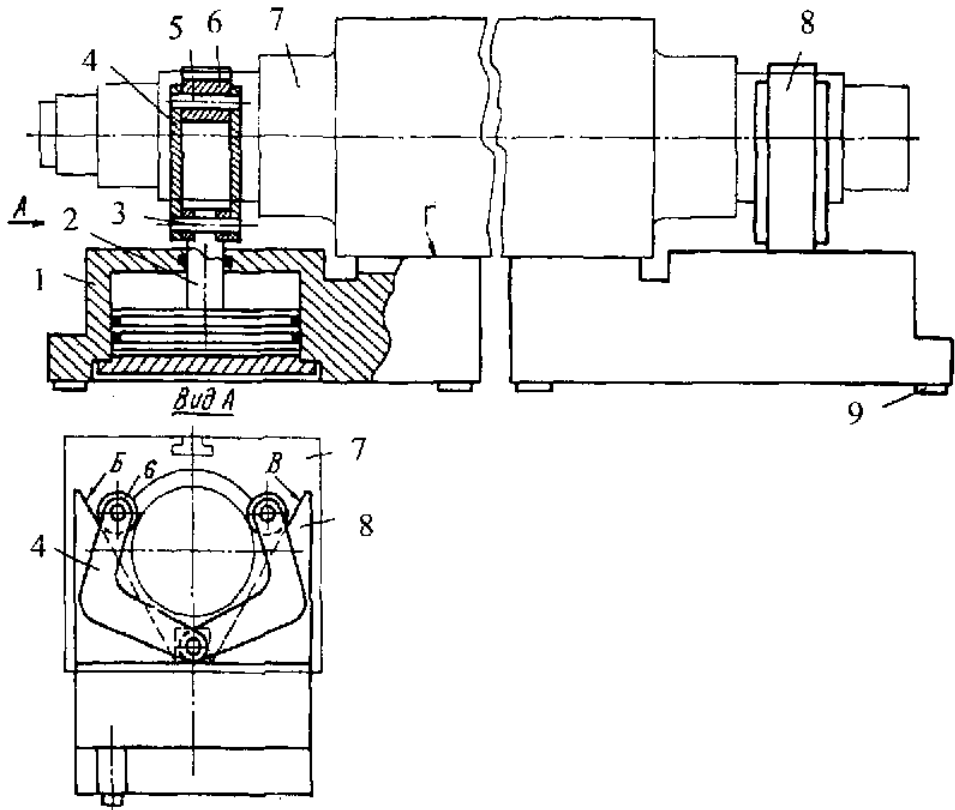


Рисунок 7.20. Пневматичний пристрій для закріплення заготовок типу „валик”

Перед встановлення заготовки повітря подається в нижні порожнини циліндрів. При цьому поршні займають верхнє положення, а важелі розводяться. Заготовка 7 укладається на площини Г так, щоб

циліндричні шийки розміщувалися між роликами. При подачі повітря у верхні порожнини циліндрів важілі з роликами будуть переміщуватись униз до упора роликів в поверхню заготовки, після чого відбудеться її центрування і затиск. Точність центрування залежить від точності обробки поверхонь Б і В.

Пристрій дозволяє підвищити точність базування заготовок і скоротити час на встановлення і закріплення.

Показаний на рисунку 7.21 універсальний стіл з гідравлічним приводом під змінні налагодження може бути застосований для обробки одночасно декількох заготовок або заготовки великої довжини на повздовжньому фрезерному верстаті. Надто довгу заготовку можна встановлювати на двох і більше послідовно розташованих столах.

Корпус 1 коробчастої форми з поперечними ребрами вилитий з чавуну. В корпусі розміщені (розріз А-А) гідравлічні циліндри 5 з поршнями що розходяться, і які закріплені через шайби 7 гайками 8.

Циліндри закриті кришками 4 і 6, в отвори яких проходять штоки поршнів 3. В циліндрах є кільцеві виступи, що обмежують хід поршнів.

Гумові кільця круглого перерізу служать ущільненням для поршнів і штоків. Для мащення штоків за межами ущільнюючих кілець поставлено фетрові сальники.

На кінцях штоків поршнів знято лиски і висвердлено отвори для осей 2. На осі одягаються вильчасті важілі (на кресленні не показано), за допомогою яких закріплюються оброблювані заготовки.

Рідина з мережі під тиском 5–6 Мпа подається в циліндри по трубопроводах 9 через отвори в кришках 4 і в стінках циліндрів. При цьому на кінцях штоків розвивається сила 5000–6000Н.

У наведеній схемі всі гідравлічні циліндри працюють разом.

Якщо за умовами обробки потрібна незалежна робота кожного циліндра, то можна застосовувати розподільну панель.

На рисунку 7.22 показано базовий пристрій – пневмогідравлічний стіл. Наявність гідроциліндрів і сітки Т-подібних пазів дозволяє компоувати різні налагодження для закріплення великої кількості заготовок різних геометричних форм і розмірів.

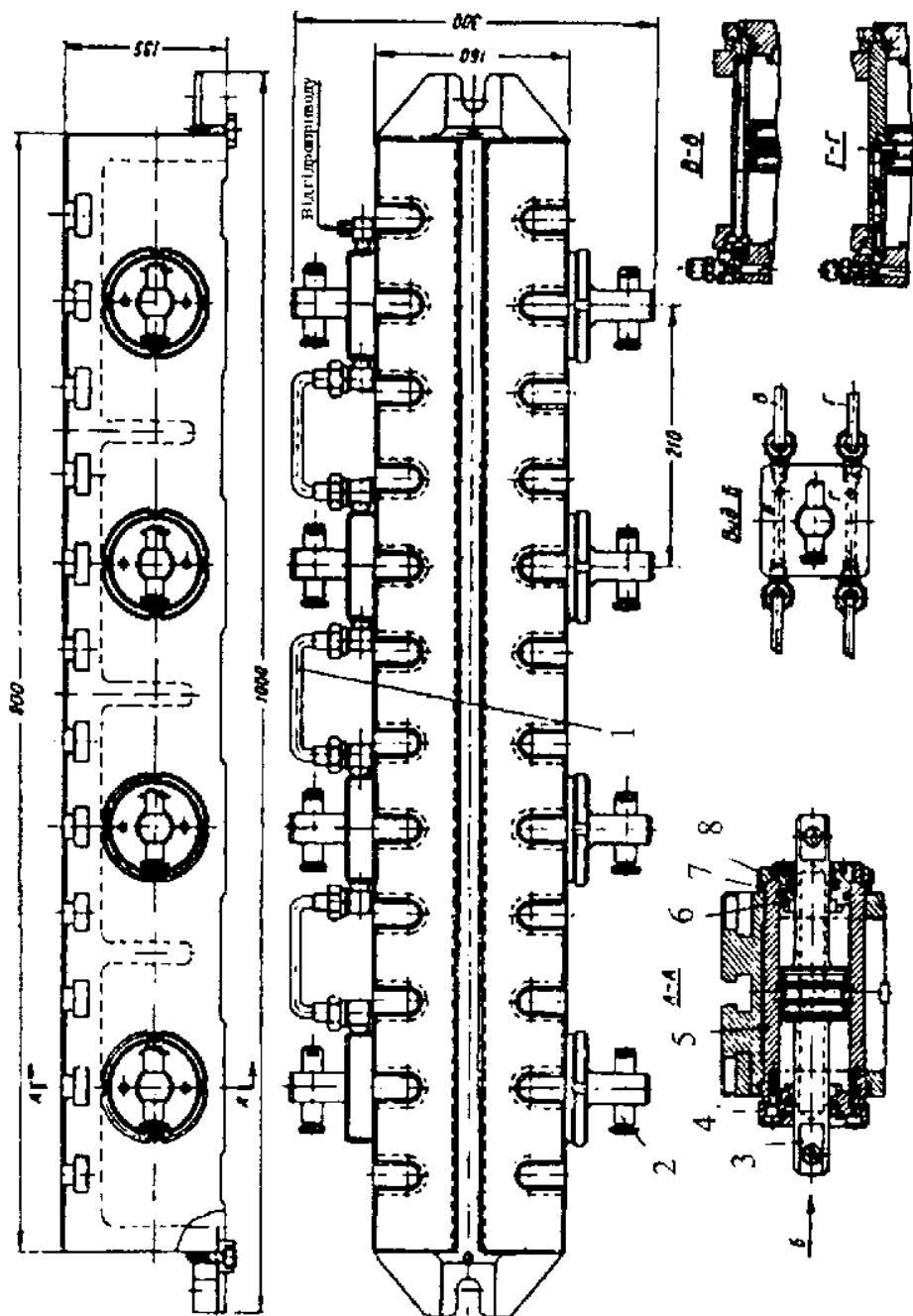


Рисунок 7.21. Універсальний гідравлічний стіл

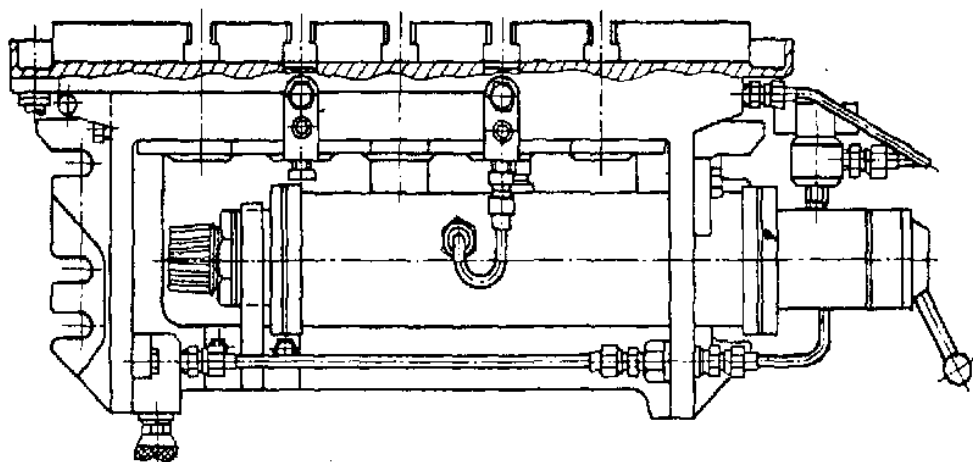


Рисунок 7.22. Пневмогідрравлічний стіл

За допомогою цих пневмогідрравлічних столів можна оброблювати заготовки довжиною до 700 мм. Розроблено декілька типорозмірів пневмогідрравлічних столів (таблиця 7.2), які відрізняються один від одного габаритами, кількістю робочих циліндрів і значенням зусилля на робочому поршні. Пристрій керується за допомогою триходового крана.

В гідроциліндри від пневмогідропідсилювача подається мастило під низьким і високим тиском. В середньому положенні рукоятки крана під тиском стиснутого повітря мастило надходить в робочий циліндр столу, при цьому заготовка попередньо затискується зусиллям від 500 до 1000 Н. Попередній затиск має дві цілі: швидке заповнення мастилом робочих циліндрів і можливість вивірки і досилання заготовки до упорів. Для остаточного закріплення заготовки стиснуте повітря подають через регулятор тиску в пневмогідрравлічний мультиплікатор, який дозволяє регулювати зусилля затиску в широких межах.

Для обробки заготовок з легких силавів, а також тонкостінних заготовок застосовують спеціальні столи. Вони мають сітку Т-подібних пазів і сім гідроциліндрів, які працюють від пневмопідсилювачів. Регулятор тиску дозволяє закріпити тонкостінні заготовки з надійним зусиллям, не деформуючи їх. Для створення необхідного зусилля передбачено перевідну таблицю зусиль на поршні залежно від тиску мастила (показання манометра). В столах виконано також стічні канавки, які дозволяють провадити обробку заготовок із застосуванням мастильно-охолоджуючої рідини.

Таблиця 7.2 – технічна характеристика пневмогідролічних столів для групової обробки заготовок

Типорозмір	Габаритні розміри, мм	Розмір робочої поверхні, мм	Кількість робочих циліндрів, шт	Діаметр циліндрів, мм	Хід робочого поршня	Зусилля на робочому штоці, Н	Тиск гідро системи, МПа	Максимальний об'єм мастила, см <sup>3</sup>
	785×430×95	680×430	15	50	10	15500	10	238
	725×270×114	635×270	12	60	10	12000	5	295
	810×300×95	700×300	5	50	10	15500	10	80
	810×300×110	700×300	7	50	10	15500	10	110
	550×315×240	490×275	7	50	10	580	4	105
	800×450×45	700×450	14	50	12	735	5	248
	730×450×95	630×390	14	50	12	735	5	265
	620×380×72	500×320	12	50	7	735	5	125

На рисунку 7.23 наведено приклад групового налагодження для фрезерування “ластівчиного хвоста”. Налагодження виконується на круглому столі, конструкції яких було розглянуто в темі 4.

Налагодження складається з основи 1, пересувних стояків 2 і 7, змінного вкладиша 5, змінного стояка 9 і штока 10. Оброблювана заготовка встановлюється на змінний вкладиш до упора 11 і попередньо притискується рухомою губкою 4 до опорної площини А стояка 7. Остаточне затискання здійснюється від штока пневмостола через шток 10, змінний стояк 9 і вкладиш 5. Заготовка притискується своєю базовою поверхнею до нерухомих губок 3 і 6. При перналагодженні замінюють вкладиш 5, стояк 9, а стояки 2 і 7 переміщують по пазах основи і закріплюють в потрібному положенні Т-подібними шпонками 8. Нерухомі губки 3 і 6 можна встановлювати з різним вильотом залежно від конфігурації оброблюваної заготовки.

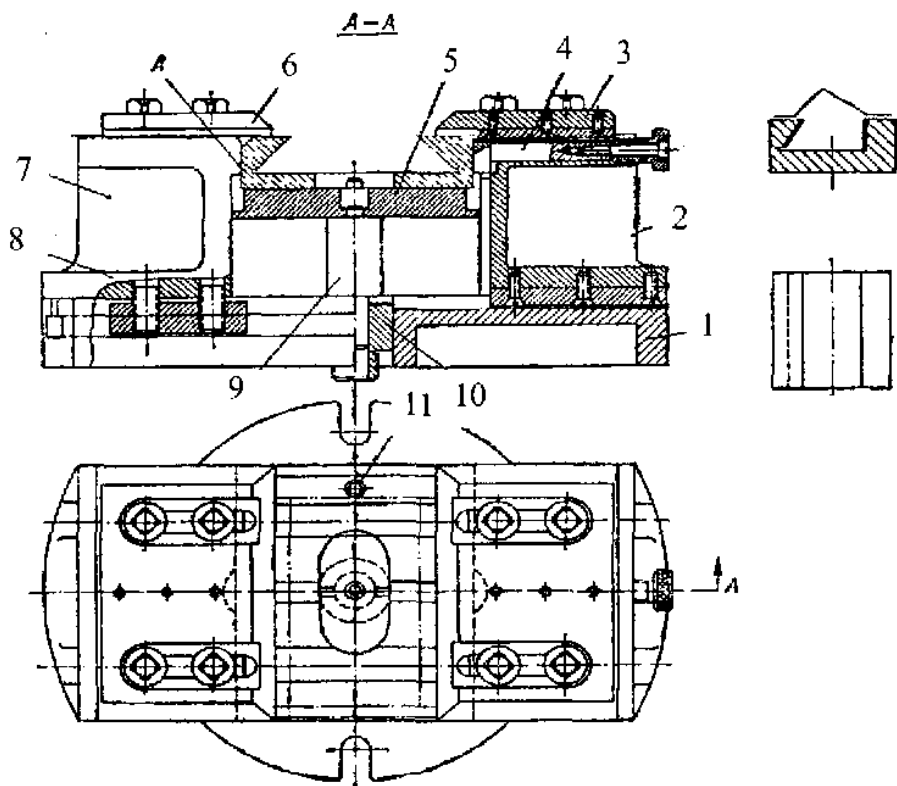


Рисунок 7.23. Групове налагодження для фрезерування „ластівчинного хвоста”

## 7.4. Ділильні пристрої та пристрої для безперервного фрезерування

### Загальні відомості

Конструкції ділильних головок і столів надто різноманітні; деякі з них стандартизовані. Незважаючи на різне конструктивне оформлення, всі вони складаються з одних і тих самих частин: корпусу; поворотної частини, ділильного механізму (фіксатора) і механізму затиску поворотної частини перед обробкою.

В деяких конструкціях ділильний механізм і механізм затиску зблоковані і керуються однією рукояткою, що скорочує допоміжний час.

Суттєва відмінність ділильних головок від ділильних столів полягає в тому, що встановлення і затиск оброблюваних заготовок в ділильних головках звичайно провадиться за допомогою центрів (при наявності задньої бабки), трикулачкових патронів, цанг та інших центруючих механізмів, що монтуються на шпинделі головки.

На ділильних столах обробляються більш громіздкі і великі заготовки або декілька заготовок одночасно, для встановлення й затиску яких на поворотній частині столу монтуються спеціальні налагодження.

Головка і столи виготовляються з горизонтальною і вертикальною віссю шпинделя. У великосерійному виробництві застосовуються дво- і тришпindelні головки.

Поворот, фіксація і закріплення поворотної частини перед обробкою, а також відведення фіксатора і розтискання поворотної частини після обробки в звичайних ділильних головках і столах виконується вручну, на це витрачається не мало часу. У зв'язку з цим впроваджуються ділильні пристосування з автоматичним поворотом, який здійснюється від приводу верстата за допомогою храпового механізму або механізму з мальтійським хрестом, від пневмоприводу.

На установчих поверхнях ділильних пристосувань монтуються змінні налагодження для позиційної обробки однієї або декількох заготовок.

Пристрої для безперервного фрезерування можна поділити на дві групи:

- 1) круглі поворотні столи з вертикальною чи горизонтальною віссю;
- 2) багатомісні пристрої з касетами, що безперервно переміщуються.

Поворотні столи призначені для встановлення і закріплення заготовок, в яких необхідно фрезерувати поверхні по циліндричному контуру круговою подачею або прямолінійні ділянки під різними кутами одна до одної. Застосовуються вони і для безперервного фрезерування площин, пазів та інших поверхонь у багатьох заготовках які встановлюються по колу стола.

В наш час круглі поворотні столи стандартизовані. Всі стандартизовані поворотні столи мають кругову шкалу з ціною поділки  $1^\circ$  і лімб з ціною поділки  $2'$ . Тому, при необхідності, вони можуть застосовуватись і як ділильні пристрої при позиційній обробці.

Стандартизовані столи з ручним приводом використовуються діаметром 160, 200, 250 і 320мм. Столи середніх і великих розмірів виконуються з ручним і механізованим приводами від кінематичного ланцюга верстата або від окремого електродвигуна.

Для базування й закріплення оброблюваних заготовок на столах монтуються налагодження.

Затиск заготовок може виконуватись вручну або за допомогою пневматичних чи гідравлічних циліндрів, які вмонтовуються в стіл.

Столи з горизонтальною віссю обертання застосовуються для безперервного фрезерування шліців, пазів чи лисок у дрібних заготовок (гвинти, гайки, пальці, валики тощо). В цих пристосуваннях закріплення і звільнення оброблюваних заготовок звичайно автоматизується.

### Ділильні головки

На рисунку 7.24 показано автоматичну ділильну головку для фрезерних верстатів, вона дозволяє автоматизувати процес повороту заготовки при механічній обробці.

Ділильна головка має корпус 1, в якому на двох підшипниках кочення встановлено шпиндель 3 з планшайбою 17 для встановлення заготовок. На прогилежному кінці шпинделя гайкою 4 закріплено ділильний диск 5. В нижній частині корпусу розміщено пневматичний циліндр 16.

На кришці пневмоциліндра на підшипнику посаджено шестерню 7, яка зчеплена з шестернею 2, яка, в свою чергу, насаджена нерухомо на шпиндель і має торцевий зубчастий вінець. Співвісно з шестернею 7 на багатозаходній гвинтовій нарізці штока 9 поршня 8 встановлено муфту 6, яка має такий же самий торцевий зубчастий вінець, як і на шестерні 7. Шестерня 7 і муфта 6 при зближенні створюють зубчасте з'єднання.

В корпусі вмонтовано пульт 15 перемикання золотника подачі повітря і важільна система 13 з регульованим упором 12. Пульт в один бік перемикається упором 12, а в другий – відкидним упором 14, що закріплений на нерухомій частині станини.



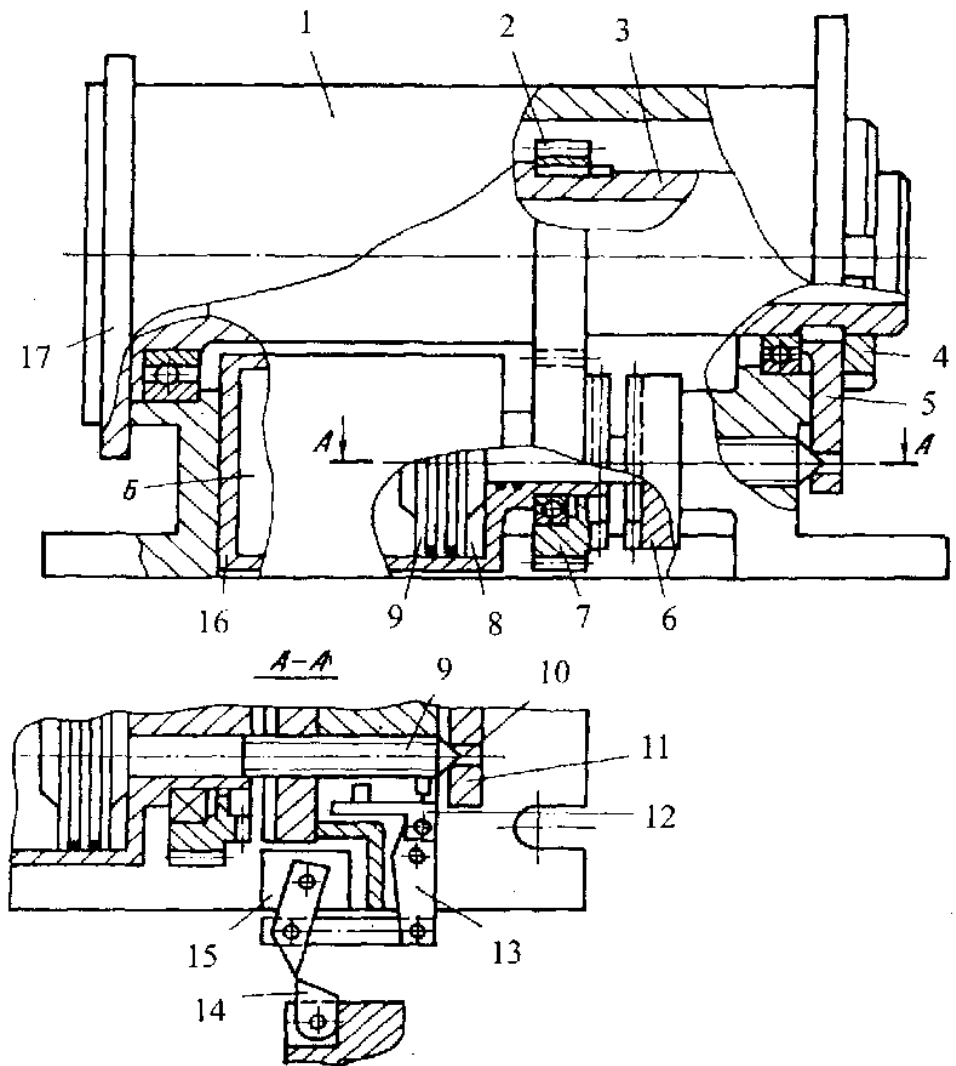


Рисунок 7.24. Автоматична ділильна головка

Принцип дії пристрою такий. При надходженні повітря в порожнину Б пневмоцилиндра поршень зі штоком і муфтою переміщується до упора конусної поверхні штока в поверхню ділильного отвору 10. В цьому положенні диск 5, отже, і шпиндель з оброблюваною заготовкою фіксуються і провадиться обробка заготовки. По закінченні обробки стіл верстата з заготовкою відводиться від інструменту, а відкидний підпружинений упор 14, діючи на упор

пульта керування, перемикає золотник подачі повітря. Тепер повітря подається в порожнину В і поршень переміщується вліво. Шток поршня виходить із отвору диска, звільняючи шпindel. При подальшому переміщенні штока муфта входить в зчеплення з шестернею 7, але оскільки шток продовжує рух, то муфта під дією гвинтової нарізки на штоці починає обертатись.

Це обертання передається на шестерню 2 і шпindel 3 і продовжується до тих пір, поки штифт 11 на штоці не зіткнеться з упором 12. Після цього відбудеться зворотне перемикання золотника, повітря надійде в порожнику Б і шпindel буде зафіксований в новому положенні. При налагодженні пристрою відстань, яку проходить шток 9, регулюється упором 12 так, щоб вона відповідала повороту шпинделя на заданий кут ділення. У подальшому цикл взаємодії механізмів повторюється.

Ділильна головка може працювати як в автоматичному, так і в ручному режимі. В останньому випадку оператор лише перемикає золотник на подачу повітря в порожнину Б.

Габаритні розміри пристрою: 700×190×420 мм, маса – 70 кг.

На рисунку 7.25 показано малогабаритну ділильну головку, яка призначена для обробки заготовок циліндричної форми або з циліндричним хвостовиком на фрезерних і плоскошліфувальних верстатах під різними кутами з розворотом в трьох площинах. Ділильна головка має основу 1, на якій встановлено корпус 14. У верхній частині корпусу на осі розташовано поворотне пристосування з затискним механізмом, в якому змінними цангами 8 закріплюються заготовки.

Поворот цанги на певний кут і фіксація в неї заготовки проводиться за допомогою рукоятки 2, яка може займати два положення залежно від того, яку роль виконує (закріплює заготовку в цанзі чи повертає цангу разом з заготовкою на заданий кут). Шпindel 7 ділильної головки жорстко фіксується стопорним гвинтом 5 і силовою рукояткою 6. Розкриття цанги 8 по діаметру регулюється гайкою 3.

В ділильній головці передбачено також можливість повороту шпинделя у вертикальній площині на осі 9 з відліком кута повороту по шкалі лімба 13 і в горизонтальній площині разом з гайкою 15. Затиск корпусу 14 на основі 1 здійснюється гвинтом 11 з рукояткою 10 шляхом підтискання основи 1 і корпусу 14 до площини столу верстата через Т-подібний болт 16 і гайку 15. В кутовому положенні на столі головка базується шпонкою 12.

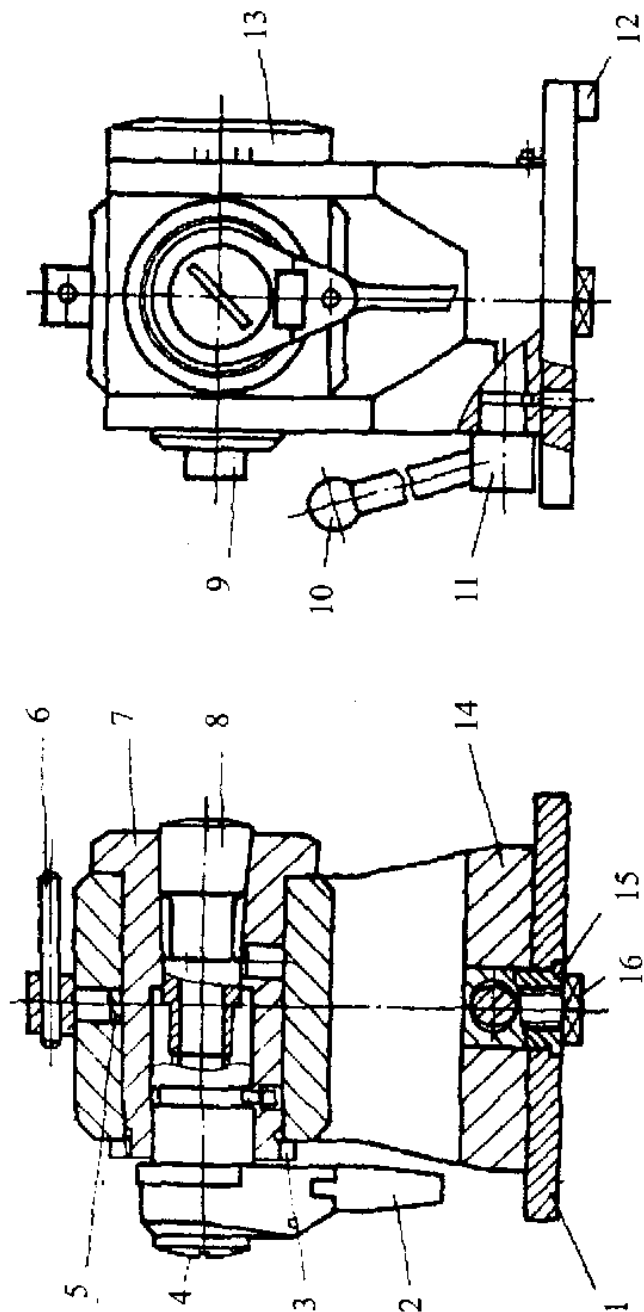


Рисунок 7.25. Малогабаритна ділильна головка

В описаній головці можна закріплювати заготовки діаметром до 20мм.

На рисунку 7.26 показано простий ділильний пристрій, який з успіхом замінює універсальну ділильну головку при фрезеруванні шестигранників та квадратів.

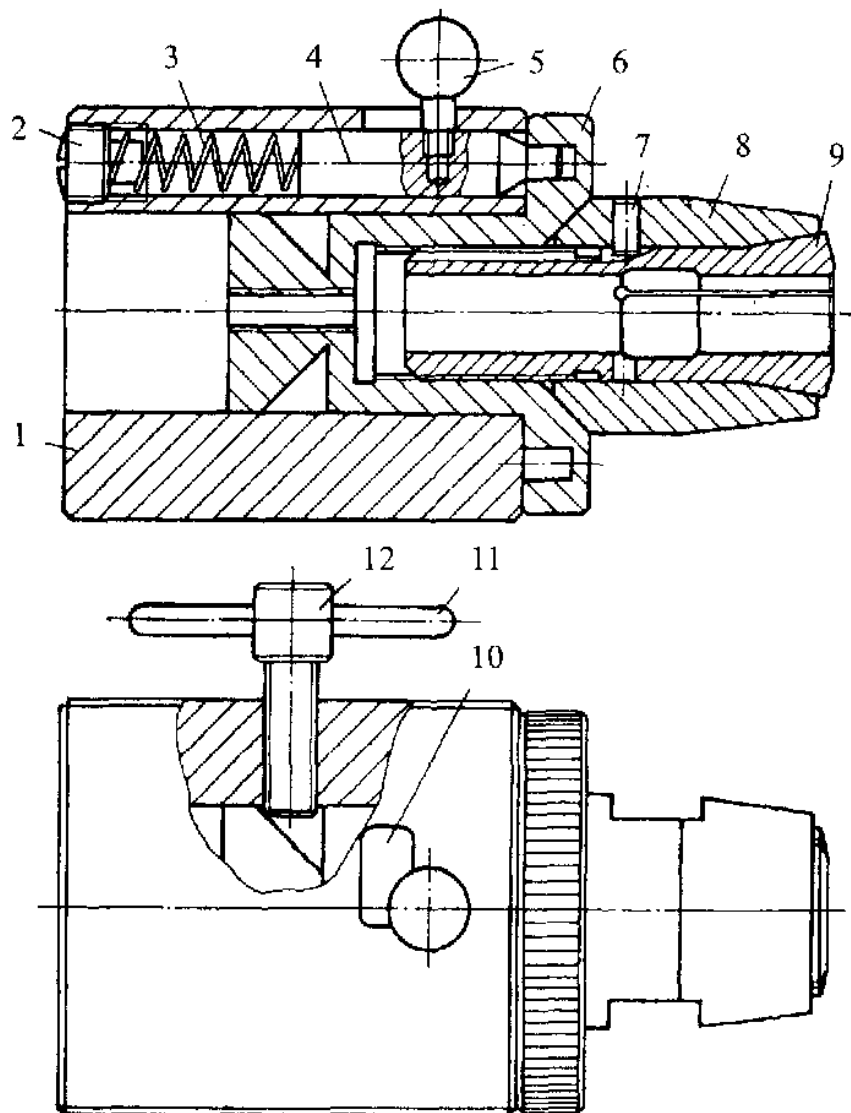


Рисунок 7.26. Ділильний пристрій

Корпус 1 пристрою має прямокутну форму (в перерізі правильний квадрат), в ньому знаходиться шпindel 6 з внутрішнім нарізним отвором під цангу 9 і з конусом під цангову втулку 8. На фланці шпинделя через кожні  $15^\circ$  по діаметру розташовані глухі отвори, в які заходять фіксатор 4, що підтискується пружиною 3. Пружина обмежена нарізною пробкою 2. Закріплення шпинделя здійснюється гвинтом 12 з силовою рукояткою 11. Рукоятка 5 фіксатора 4 переміщується по криволінійному пазу 10. Цанга 9 фіксується в цанговій втулці 8 за допомогою штифта 7, це перешкоджає радіальному переміщенню останньої відносно цанги.

Пристрій встановлюється у машинні лещата фрезерного верстата. Оброблювана заготовка вставляється в цангу 9 і затискується поворотом гайкового ключа за лиски на втулці 8. Подальша обробка провадиться, як у звичайній ділильній головці.

Пристрій застосовується при обробці заготовок діаметром до 14 мм. При необхідності його можна використовувати на свердильних верстатах.

### Ділильні столи

На рисунку 7.27 показано загальний вид стандартного поворотного стола з ручним приводом. Стіл складається з основи і поворотної частини (планшайби), яка приводиться в обертання рукояткою 1 через черв'ячну пару; після повороту планшайба жорстко закріплюється на нерухомій частині столу рукояткою 5. На планшайбі є елементи для центрування і закріплення налагоджень чи безпосередньо оброблюваних заготовок: центральний конусний отвір (конус Морзе №3 або №4) і T-подібні пази.

Ексцентрикова гільза 3 призначена для виводу із зчеплення і регулювання зазору черв'ячної пари. В потрібному положенні ексцентрикова гільза стопориться рукояткою 4.

Кут повороту планшайби може бути обмежений пересувним обмежувачем 6, який у потрібному положенні фіксується рукояткою 7. Гвинт 2 служить для закріплення лімба на рукоятці 1, а гвинт 8 фіксує положення штрихопоказчика на круговій шкалі.

До цього столу можна приєднати механічний привод.

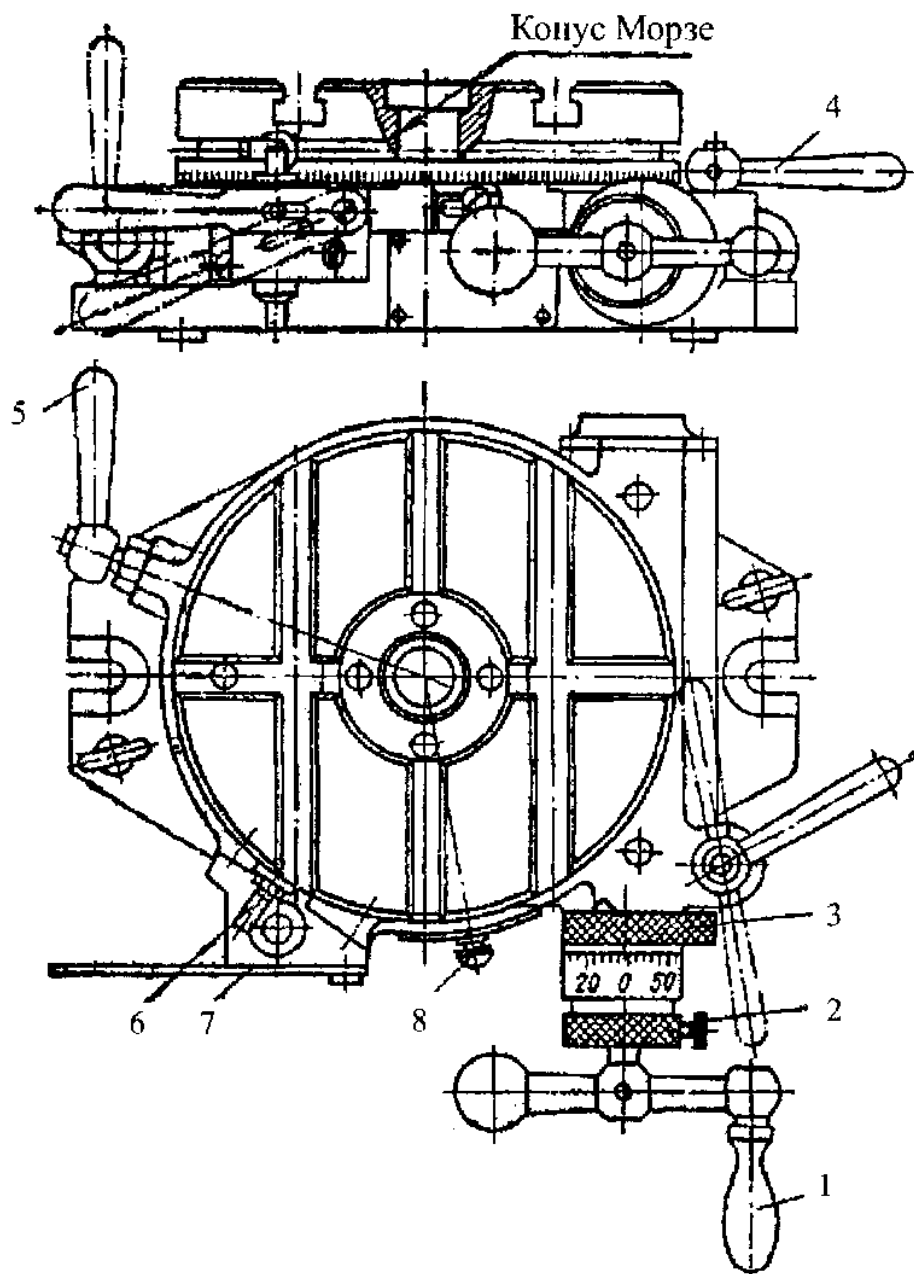


Рисунок 7.27. Загальний вид стандартного поворотного стола з ручним приводом

На рисунку 7.28 показано ділильний стіл іншої конструкції. На основі столу встановлено поворотну планшайбу 1 і змонтовано механізми її повороту і ділення. Знизу до планшайби закріплено конічну шестерню 16, яка знаходиться у зчепленні з конічною шестернею – валом 17, що жорстко зв'язаний підшипниками ковзання з основою 14. В пазу основи на осі 4 встановлено поворотний важіль 5 з вузлом 2 для фіксації його повороту і вузлом 11 для фіксації кутів повороту планшайби 1. Вузол фіксації важеля складається з фіксатора 6, стакана 8, який жорстко зв'язаний з фіксатором і пружиною 7. Вузол фіксації кутів повороту планшайби має фіксатор 12 і пружину 15. Віссю 13 фіксатор зв'язаний з коротким плечем рукоятки 19, що посаджена на вісь 10 в основі 14. З нижньої сторони в поворотному столі виконано п'ять рядів отворів, які дозволяють провадити ділення на 4, 6, 8, 12 і 24 частини. Фіксатор 12 переводиться на той чи інший ряд за допомогою вузла 2. Фіксатор 6 із отвору в центруючій плиті 3 виводиться вручну стаканом 8, а фіксатор 12 із отвору в поворотному столі – рукояткою 9, після цього важіль 5 переводиться в позицію необхідного числа ділень. Під дією пружини 7 фіксатор 6 увійде в отвір і зафіксує положення важеля 5, а фіксатор 12 розташується на рівні ряду отворів з заданим числом ділень.

Поворот столу з заготовкою на заданий кут здійснюється натисканням на важіль 9 і поворотом маховика 19 за рукоятку 18 до клацання фіксатора 12, що увійшов у черговий отвір.

Ділильний стіл відрізняється простотою і технологічністю конструкції. Ділення на ньому не потребує великих зусиль, проводиться швидко і безпомилково.

Приклад робочого налагодження поворотного столу для позиційної обробки показано на рисунку 7.29.

Пристрій призначено для послідовного фрезерування чотирьох проушин в заготовці 6. Остання встановлюється на чотири опори 5 і два пальця 7 і 10, що розміщені в плиті 13 і закріплюються двома прихватами 8. Для підсилення затиску, створюваного гвинтом 4, застосовано шарнірні важелі 9. Пристрій центрується на столі за допомогою пальця 3, який входить в центральну втулку 1. Кутове положення пристрою забезпечується, як і в інших фрезерних пристроях, за допомогою шпонки, що закріплена на плиті 13 і входить в один з пазів плити 14 поворотного столу.

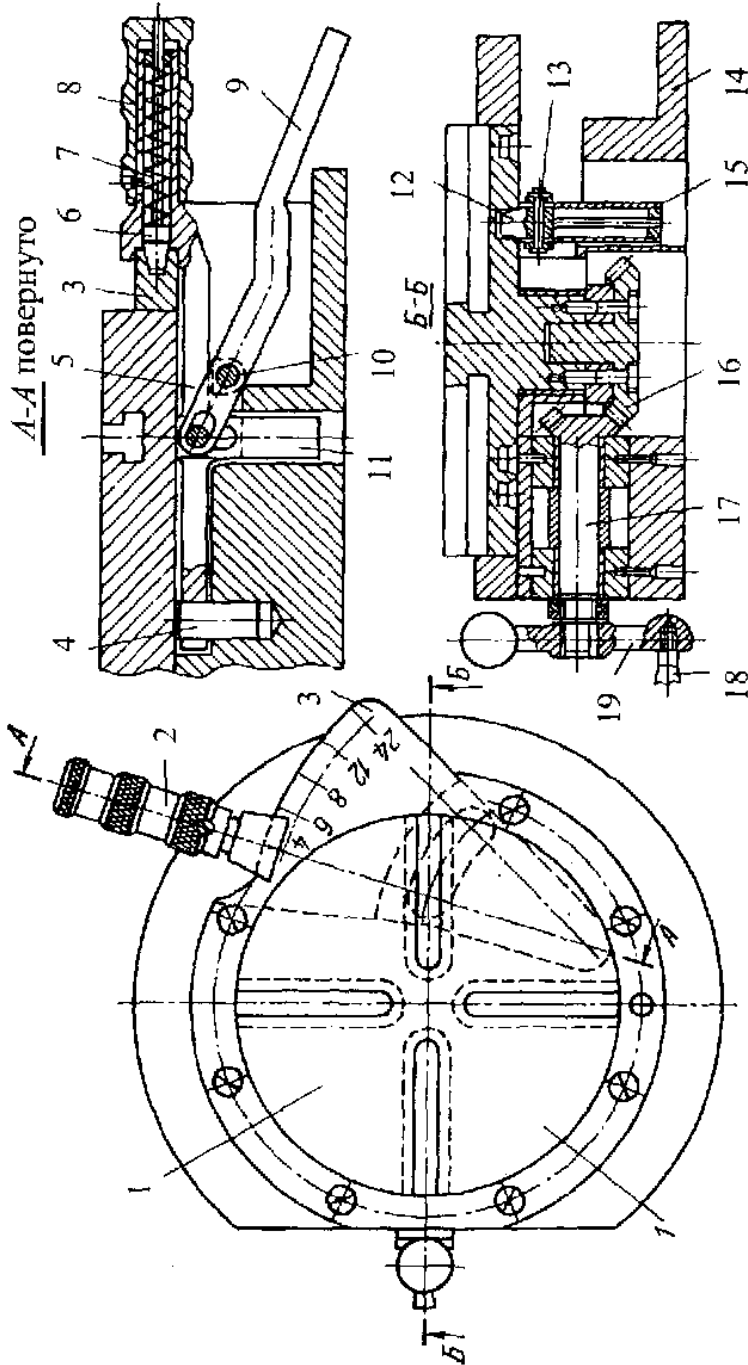


Рисунок 7.28. Ділільний стіл



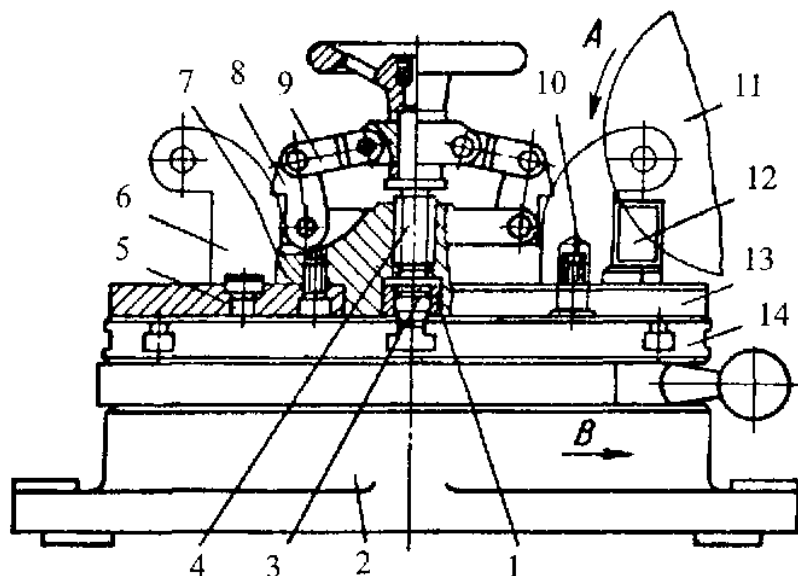


Рисунок 7.29. Приклад налагодження поворотного столу з вертикальною віссю для позиційної обробки

Установом для фрези служить кутова деталь 12, що закріплена на плиті 13 двома гвинтами і двома штифтами. Закріплення пристрою на столі провадиться чотирма гвинтами, прямокутні гайки яких розміщуються в пазах плити 14. Фреза 11 має обертатись у напрямі стрілки А при подачі столу за стрілкою В (фрезерування з попутною подачею).

Керування поворотом фрезерних пристроїв можна механізувати і автоматизувати використовуючи для цього відповідні приводи або блокуючи рухи механізмів пристрою з рухом столу верстата. Найпростішим способом механізації повороту є застосування пневмоприводу.

На рисунку 7.30 показано багатомісні налагодження для обробки площинних заготовок. На загальній основі 1 налагодження закріплено вісім призм 2. Заготовки встановлюються на торцеві поверхні пальців 5 і попередньо орієнтуються упорами 3.

Затиск кожної заготовки здійснюється вручну за допомогою прихватів 4.

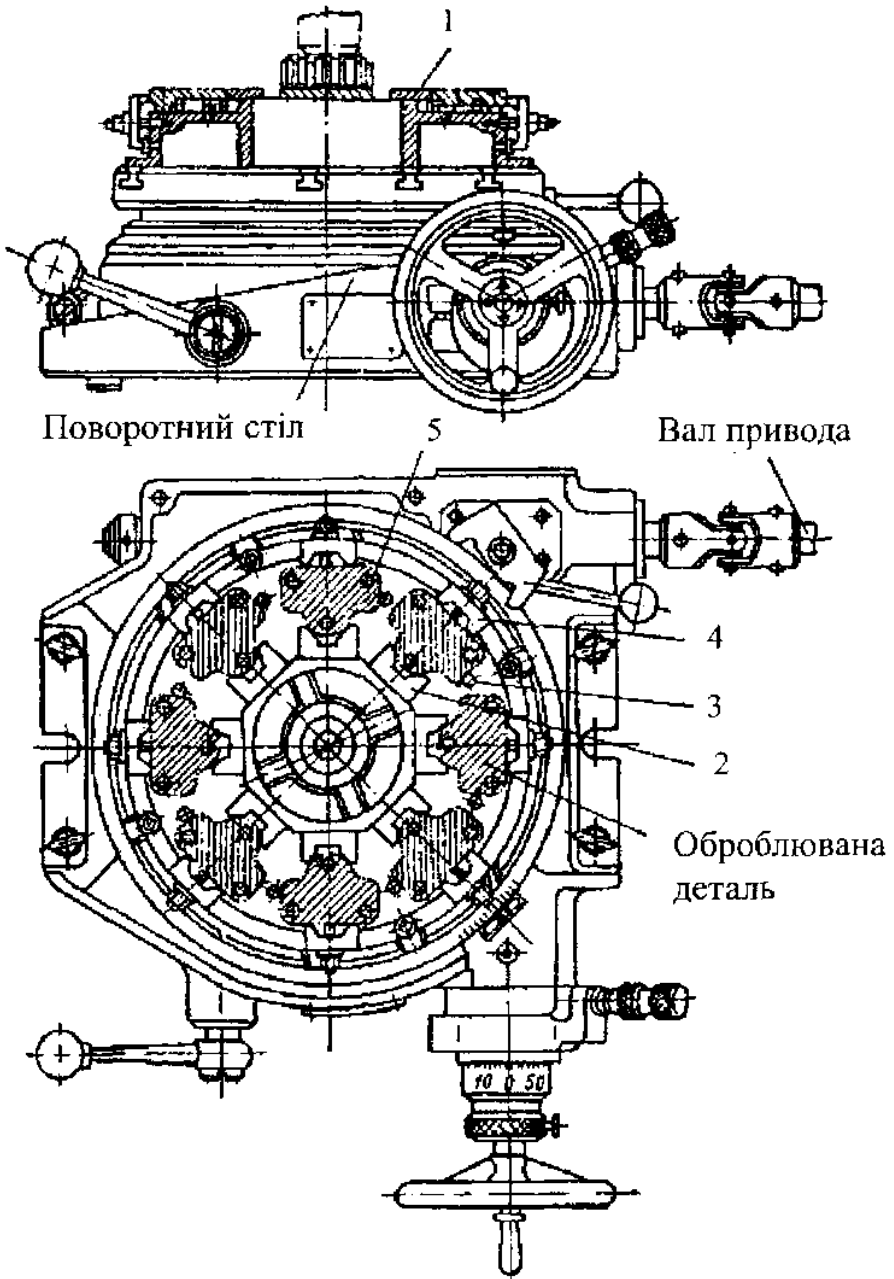


Рисунок 7.30. Багатомісцеве налагодження для обробки площинних заготовок на поворотному столі

На рисунку 7.31 показано налагодження для безперервного фрезерування вилок з гідравлічним затисканням. Дванадцять вилок базовими отворами встановлюються на пальці 2 і одним своїм боком притискується до упорів 4. Розкріплення і затискання нових вилок в зоні завантаження здійснюється тягами 1, що зв'язані зі штоками поршнів дванадцяти гідроциліндрів 3; тяги діють через швидкозйомні шайби. Розкріплення і затискання в зоні завантаження здійснюється автоматично за допомогою спеціального мастилорозподільного пристосування, яке розташовано в центрі стола, який обертається. Стіл 1 (рисунок 7.32, а) разом з дванадцятьма гідроциліндрами 11, розміщеними між дисками 2 і 4, і зв'язаними стояками 3, а також разом зі змінним диском 5, на якому монтуються налагодження, обертається відносно осі 6. Мастило під тиском надходить від пневмогідравлічного перетворювача або від гідроустаткування через штуцер 12 і по каналу К в осі 6 до верхніх 8 і нижніх 9 штуцерів, а від них по трубкам 10 надходить у верхню чи нижню порожнину гідроциліндра 11.

Оскільки втулка 7, в якій розміщено штуцери, обертається відносно осі, то через радіальні канали останньої, що зв'язані з центральним каналом К, мастило під тиском подається у відповідну порожнину циліндра лише в зоні завантаження в моменти розкріплення обробленої і закріплення нової заготовки, що встановлюється. Між віссю 6 і штуцерною втулкою 7 передбачено ущільнення кільцями круглого перерізу.

На рисунку 7.32, б показано схему центрального підведення мастила до циліндрів.

Поворотний пристрій з горизонтальною віссю обертання з ручним керуванням показано на рисунку 7.33, а. Цей пристрій дозволяє оброблювати заготовки, що закріплені в самоцентруючому патроні або встановлені на центри 8 і 9. У першому випадку, на фланці шпинделя 6 встановлюють патрон звичайної конструкції. Для цієї цілі на фланці передбачено точний циліндричний виступ і нарізні отвори. У другому випадку, заготовка встановлюється на центри і підтискується до них за допомогою пінолі 10 задньої бабки. Проти повороту відносно центрів заготовка утримується надітим на неї хомутиком, кінець якого закріплюється гвинтом в одному з пазів повідкової планшайби 11, яка надіта замість патрона.

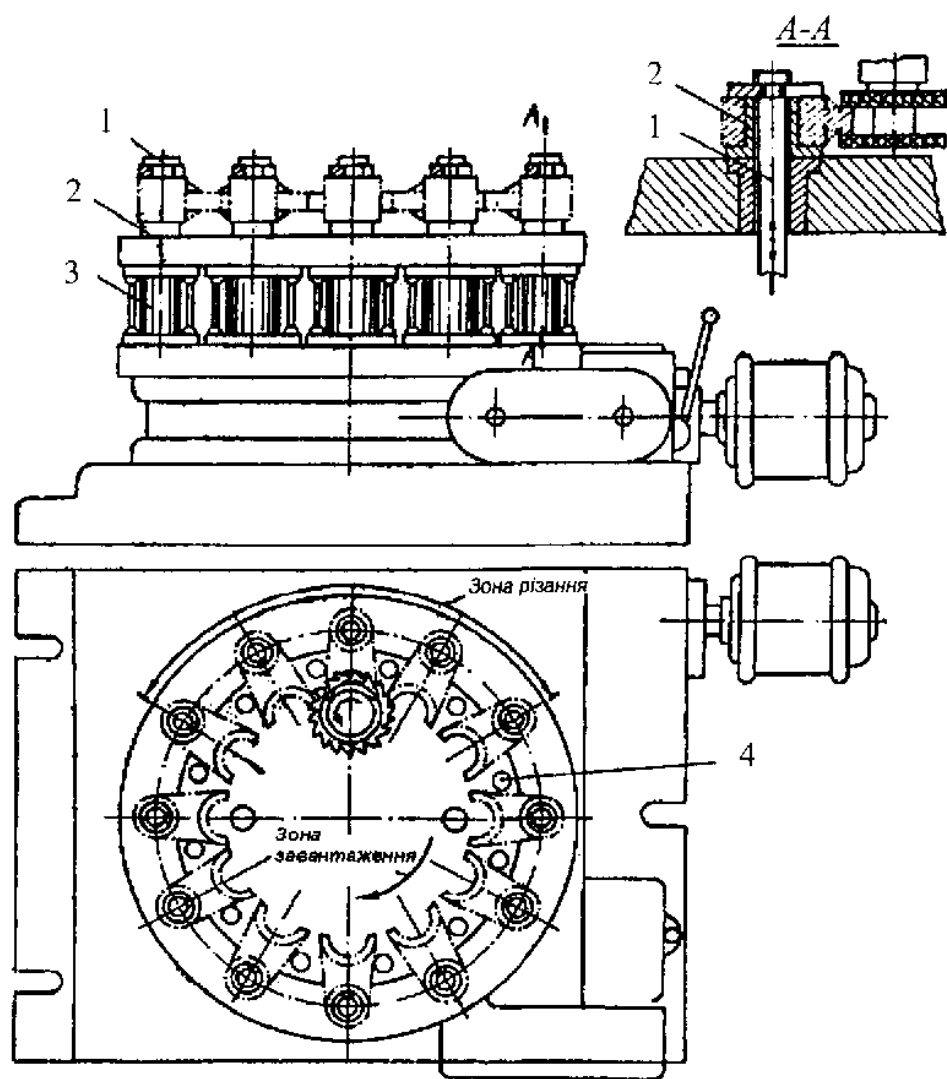


Рисунок 7.31. Налагодження для безперервного фрезерування вилок, які автоматично затискаються за допомогою гідроциліндрів

Поворот шпинделя провадиться рукоятками 1, а його затягнення в осьовому напрямі – рукояткою 4. Втулка 2 при вигвинчуванні її з нерухомої гайки 5 упирається в гайку 3 і затягує шпиндель 6. Пристрій допускає зміну діляльного диска 7 для обробки заготовок з іншим числом отворів для фіксатора 12.

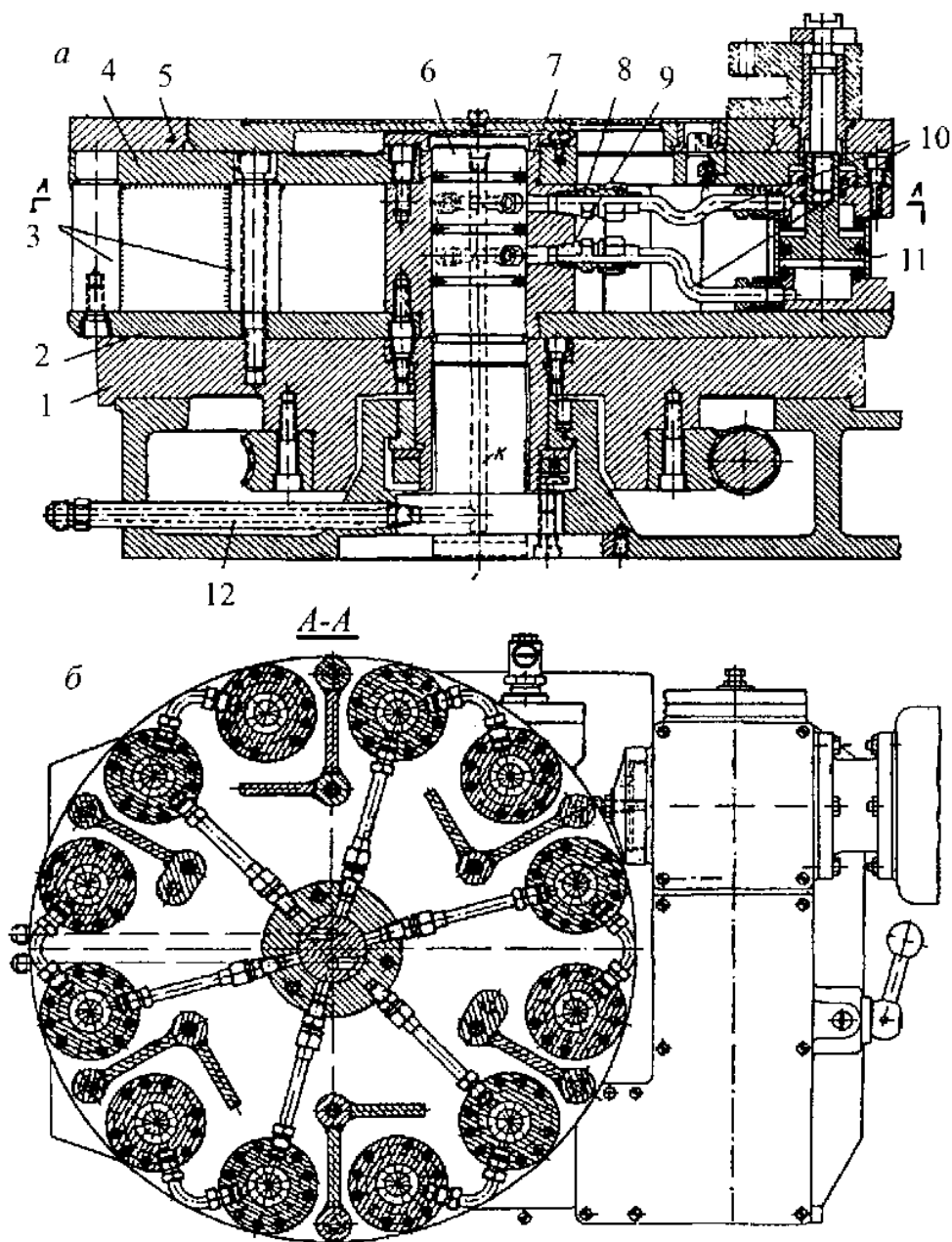


Рисунок 7.32. Гідралічне затискне пристосування змонтоване на столі, для безперервного фрезерування (а) і схема центрального підведення мастила до циліндрів (б)

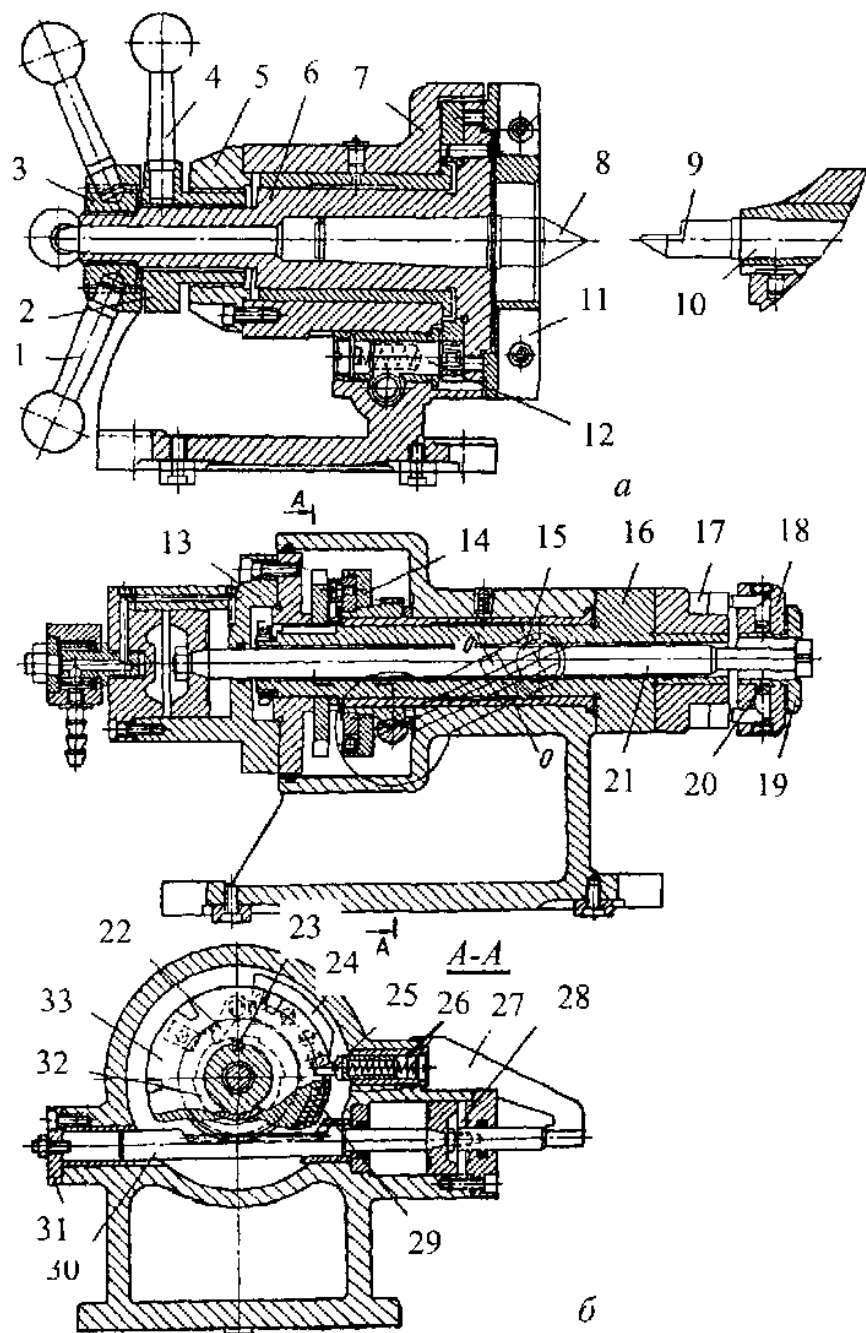


Рисунок 7.33. Поворотні пристрої з горизонтальною віссю повороту:  
 а – з ручним керуванням; б – з механізованим керуванням

Пристрій з механізованим затисканням і поворотом шпинделя 16 з оброблюваними заготовками 17 показано на рисунку 7.33, б. Поворот шпинделя 16 і його затиск провадиться при русі рейки 30 вправо за допомогою пневмопривода 28. Пружина 29 дозволяє рейці послідовно повернути шпиндель і після попадання фіксатора 25 в паз диска 33 подальшим рухом цієї рейки затиснути шпиндель упором 15 через важіль 27, який хитається навколо осі ОО. При русі рейки вліво відбувається повертання системи, що несе пружину 29 і собачку 22 відносно храповика 32, що шпонкою 23 зв'язаний зі шпинделем. При цьому гвинт 31 обмежує рух рейки для зводу собачки відносно храповика. Вимикання фіксатора провадиться за допомогою сектора 24, що закріплений до диску 14 і упирається в боковий штифт 25 фіксатора. Циліндрична частина сектора охороняє від повторного попадання фіксатора в один і той самий паз діляльного диска 33. Затискання оброблюваних заготовок провадиться приводом 13 через шток 21, втулку 19 і спеціальну пружну шайбу 18. Плуажери утримують розрізані кільця 17. Одночасна робота всіх плуажерів досягається за допомогою пластичної маси 20. В практиці знаходять застосування пристрої цієї групи з двома і більше шпинделями для одночасної обробки з автоматизацією повороту.

## 7.5. Інші пристрої для фрезерних верстатів

### Поворотні і багатошпиндельні головки

Схему поворотної головки до горизонтально-фрезерного верстата показано на рисунку 7.34, а. Корпус I головки закріплений у вертикальних напрямних станини за допомогою клина та гвинтів. Обертання від шпинделя верстата через конічний хвостовик 1, конічні зубчасті колеса 2 і 3 передаються на шпиндель 4 головки. Поворотну частину II головки можна встановлювати під будь-яким кутом до горизонтальної площини, користуючись градуванням на циліндричному пояску.

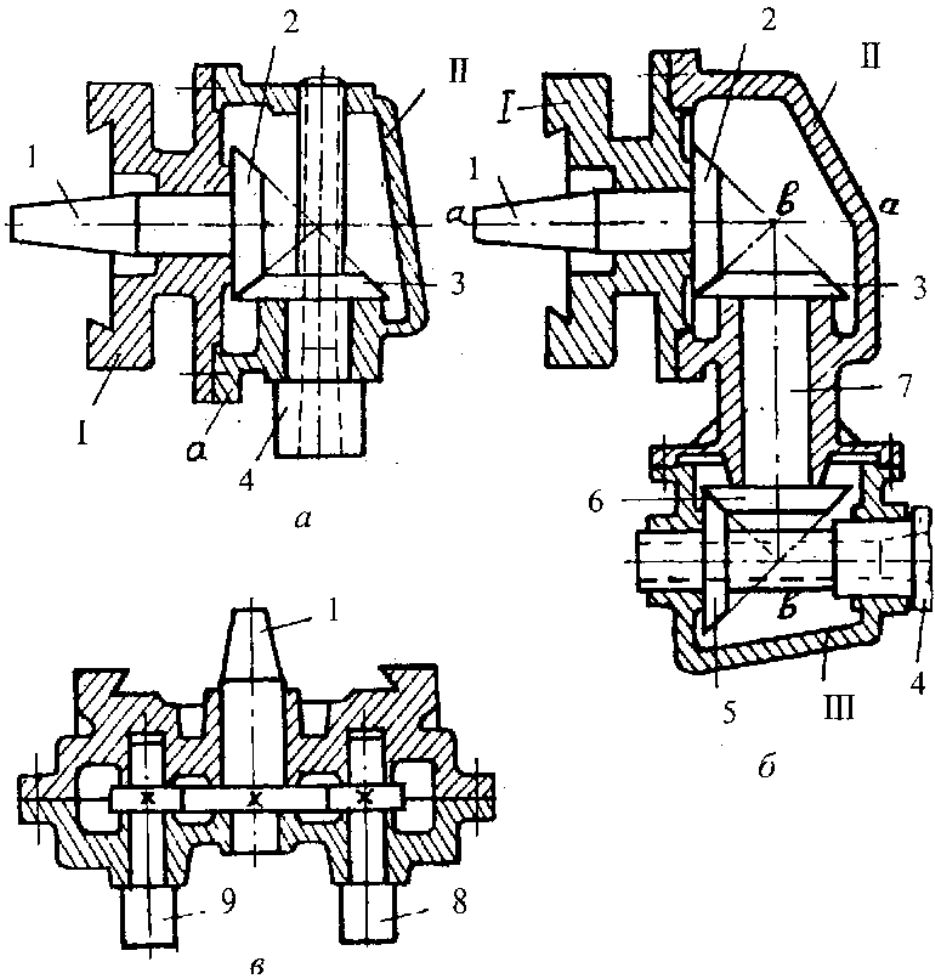


Рисунок 7.34. Схеми поворотних і багатшпindelних головок до фрезерних верстатів

Схему універсальної поворотної головки до горизонтального верстата показано на рисунку 7.34, б. Ця схема складається з нерухомого корпусу I, проміжної поворотної навколо осі  $a-a$  частини II і поворотної навколо осі  $b-b$  частини III, яка несе робочий шпindel головки. Механізм головки складається з хвостовика 1, з'єднаного зі шпинделем верстата, проміжного валика 7 та шпинделя 4, які несуть дві пари конічних зубчастих коліс 2, 3 і 5, 6.



Можливість повороту навколо двох осей дає змогу встановлювати шпindelь головки під будь-яким кутом до горизонтальної та вертикальної площин.

Шпинделі головок розглянутих типів мають конічні отвори для закріплення інструментів. Застосовують їх в умовах одиничного та малосерійного виробництва, поширюючи технологічні можливості горизонтально-фрезерних верстатів.

Схему двошпindelьної головки до горизонтально-фрезерного верстата показано на рисунку 7.34, в. Корпус головки закріплюють на верстаті так само, як і в розглянутих раніше конструкціях. Момент від шпинделів верстата через ведучий хвостовик 1 передається на шпинделі 8 і 9 циліндричними зубчастими колесами. Головки подібної конструкції можуть бути виконані в багатошпindelьному виконанні для горизонтальних та вертикальних фрезерних верстатів. У поєднанні з багатомісними пристроями ці головки в кілька разів підвищують продуктивність фрезерних верстатів. Один верстат, оснащений багатошпindelьною головкою, замінює кілька звичайних універсальних верстатів. Витрати на виготовлення спеціальних фрезерних головок звичайно окупаються за короткий час.

На рисунку 7.35 показано фрезерну головку для обробки площин у важкодоступних місцях. Головка дає можливість фрезерувати площини, що розташовані паралельно осі шпинделя. При незначному переналагодженні можна обробляти шпонкові і шліцьові пази в отворах діаметром більше 150 мм.

Перехідник 1 головки закріплюється до корпусу верстата болтами. Хвостовик 2 встановлюється в шпindelь верстата і з'єднується через проміжну штангу 3 з конічною шестернею 4, яка зв'язана з шестернею 6. Шестерні змонтовані в корпусі 8. На торець оправки 5, що зв'язана з шестернею 6, закріплюється фреза. Два штифта 7 утримують фрезу від провороту. За допомогою набору шайб з базою відносно поверхні А встановлюють фрезу на заданий розмір В. Корпус 8 фрезерної головки жорстко з'єднаний з пиноллю 9, яка проходить через отвір ділильної втулки 10 з закріпленою в неї шпонкою 12. Фіксатор 11 усуває поворот всієї системи відносно корпусу перехідника.

Головка може бути використана на горизонтально-розточувальних верстатах.

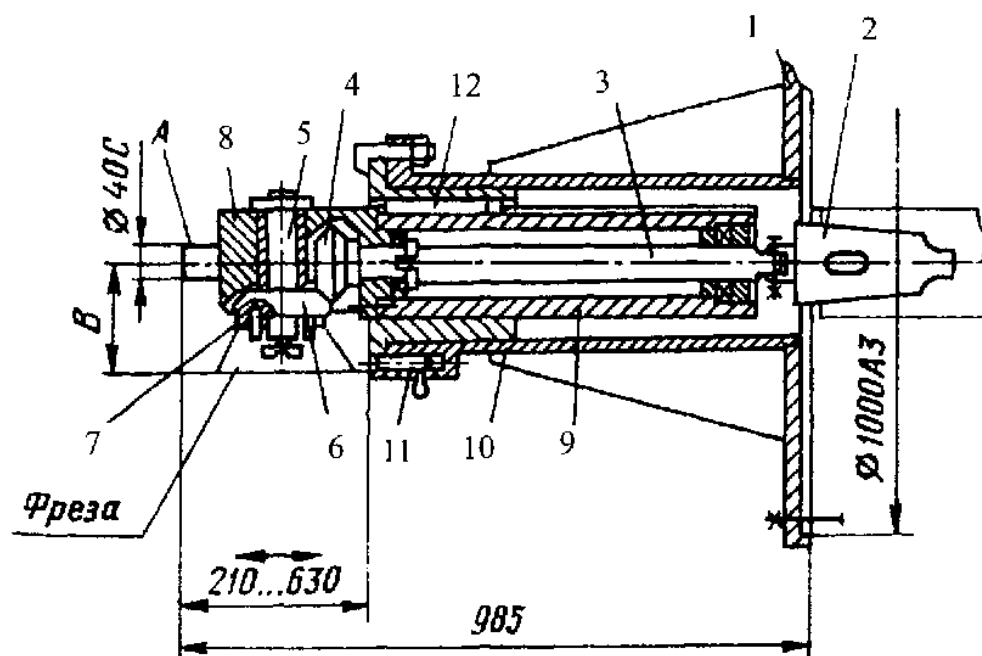


Рисунок 7.35. Фрезерна головка для обробки площин у важкодоступних місцях

### Довбальні пристрої

На рисунку 7.36 показано довбальний пристрій, який встановлюється на фрезерних верстатах.

Корпус 1 головки виконано у виді циліндричної гільзи, в ньому розміщено інструментальний повзун 2 з отвором 16 для встановлення і закріплення гвинтом 15 довбального різця. Інструментальний повзун з'єднаний з оправкою 9 за допомогою валика 14, що знаходиться в радіальному отворі оправки на двох кулькових підшипниках 13. Зазори в підшипниках вибираються гайкою 6. Валик сполучений з криволінійним замкнутим пазом 7, який закрито у верхній частині секторною планкою 8, що закріплена гвинтами до торцю повзуна 2.

На зовнішній поверхні повзуна два точних паза 12, в які заведено ролики 5, і які утримуються гвинтами 4 на осях 3. Завдяки цьому повзун позбавлений можливості повороту в отворі корпусу.

Головка хвостовиком оправки заводиться в конічний отвір шпинделя 10 (як звичайна оправка) і закріплюється за фланець корпусу до шпинделя верстата гвинтами 11.

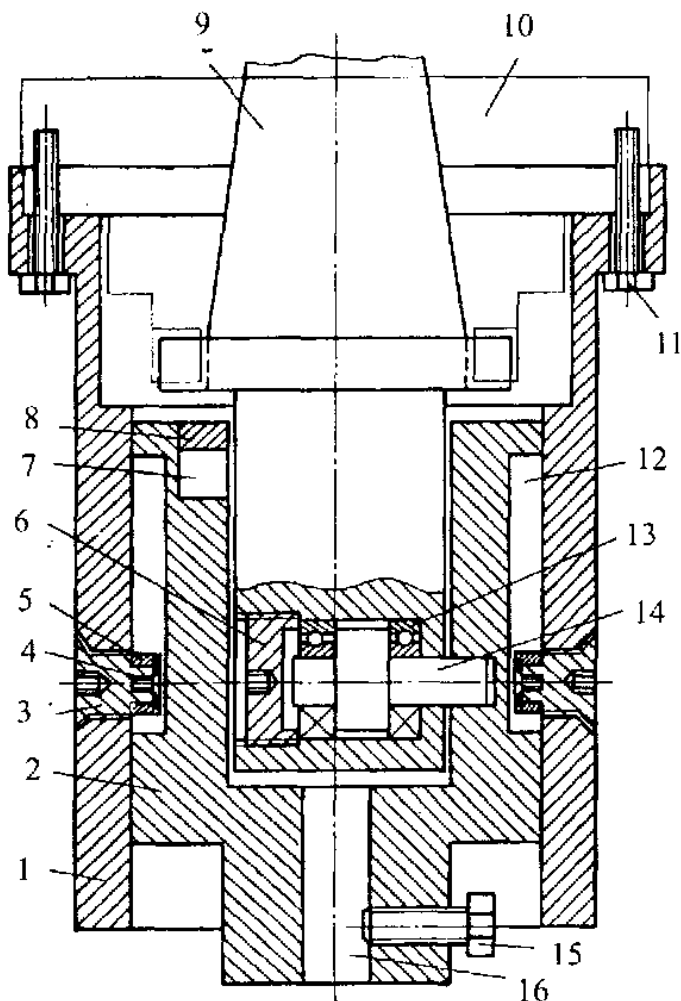


Рисунок 7.36. Довбальна головка

При обертанні шпинделя разом з ним обертається і оправка 9. Оскільки корпус головки нерухомий, а інструментальний повзун також не може обертатись, то валик 14 обкочується по поверхні криволінійного паза 7 і надає повзуну зворотньо-поступальний рух.

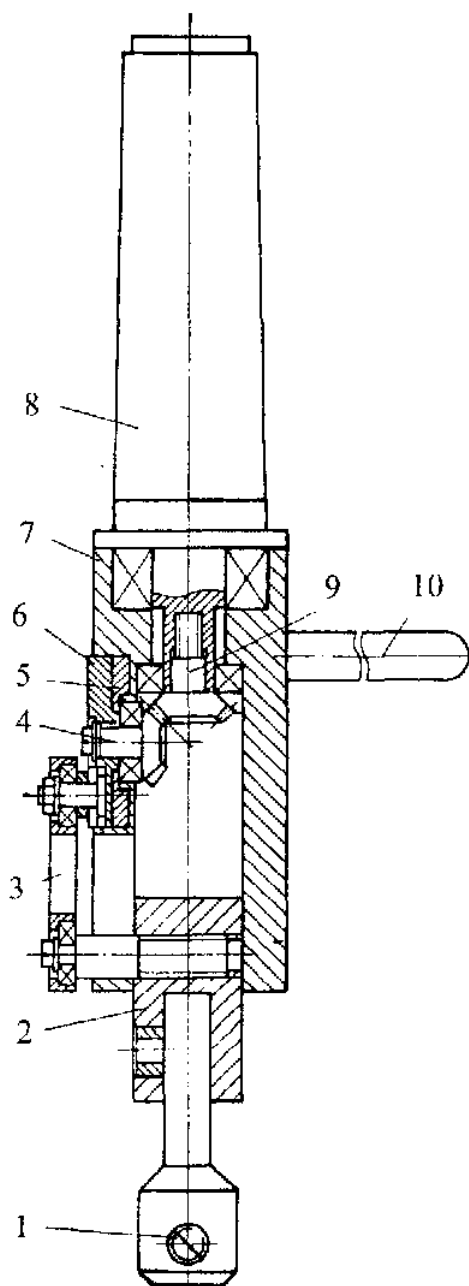


Рисунок 7.37. Довбальний пристрій

На рисунку 7.37 показано малогабаритний довбальний пристрій для обробки невеликих вікон з прямими кутами або дрібних шпонкових пазів. Пристрій закріплюється в шпиндель верстата за допомогою конусного хвостовика 8. На циліндричній частині корпусу 7 на підшипниках встановлюється втулка 5 з конічною шестернею 4, яка взаємодіє з шестернею 9, і диск 6 з Т-подібним пазом. В пазу за допомогою болта закріплюється один кінець шатуна 3. Другий його кінець з'єднується з циліндричним повзуном 2. Нарешті, в отворі повзуна гвинтом 1 затискується довбальний різець.

При роботі корпус пристрою за допомогою стержня 10 фіксується, а хвостовик 8 обертається, передаючи через шестерні 9 і 4 обертання диску 6. При цьому шатун забезпечує зворотно-поступальний рух повзуну 2 з інструментом. Регулювання ходу повзуна проводиться переміщенням шатуна 3 по Т-подібному пазу диска 6.

Пристрій може використовуватись на вертикально-фрезерних верстатах без додаткового переналагодження, оскільки закріплюється як звичайна фреза. Хід повзуна – до 30 мм.

## Запитання для самоконтролю

1. В чому полягають конструктивні особливості фрезерних пристроїв?
2. Яку роль виконують установи на фрезерних пристроях? Їх види та вимоги до них.
3. За якими ознаками класифікують фрезерні пристрої?
4. Перелічіть найбільш поширені пристрої, що застосовуються на фрезерних верстатах, надайте їх коротку характеристику.
5. Накресліть конструктивну схему машинних лещат, та надайте коротку характеристику їх основних складових частин.
6. За якими ознаками класифікують машинні лещата? Надайте характеристики окремих класифікаційних груп.
7. Яким машинним лещатам слід віддавати перевагу при їх застосуванні у серійному виробництві?
8. Назвіть найбільш характерні експлуатаційні показники машинних лещат.
9. Накресліть схему лещат з ручним гвинтовим затискачем. Коли і де вони застосовуються? Їх переваги та недоліки.
10. Те ж саме для лещат з ексцентриковим затискачем.
11. Те ж саме для універсальних поворотних лещат.
12. Те ж саме для полегшеної конструкції лещат з гвинтовим затискачем.
13. В чому полягають конструктивні особливості самоцентруючих лещат? Коли і де їх застосовують? Їх переваги та недоліки.
14. Накресліть схему лещат з тягнучим затискачем і механізованим приводом. Коли і де вони застосовуються? Їх переваги та недоліки.
15. Як розраховується потрібна сила затиску заготовки при застосуванні лещат з механізованим приводом?
16. Накресліть схему пневмогідролічних лещат. Коли і де вони застосовуються? Їх переваги та недоліки.
17. В чому полягають конструктивні особливості лещат для закріплення заготовок при груновій обробці на фрезерних верстатах? Їх переваги та недоліки.

18. Наведіть приклади налагодження машинних лешат при обробці заготовок на фрезерних верстатах.

19. За рахунок яких засобів можна підвищити точність та скоротити допоміжний час при встановленні і вивірці машинних лешат на столі фрезерного верстата?

20. В чому полягають конструктивні особливості універсальних і групових пристроїв для обробки на фрезерних верстатах?

21. Наведіть приклади налагодження універсальних пристроїв для фрезерної обробки.

22. Те ж саме щодо групових пристроїв.

23. Накресліть схему універсального столу з гідравлічним приводом. Коли і де він застосовується? Його переваги та недоліки.

24. Те ж саме для пневмогідравлічного столу.

25. Наведіть приклади групового налагодження на круглий стіл для фрезерної обробки.

26. Накресліть принципову схему конструкції ділильної головки. Які існують їх різновиди? Коли і де вони застосовуються? Їх переваги та недоліки.

27. На які основні групи можна поділити пристрої для безперервного фрезерування? Надайте коротку характеристику цих груп. Їх переваги та недоліки.

28. Накресліть конструктивну схему простого ділильного пристрою. В чому полягають його переваги?

29. Накресліть схему стандартного ділильного столу з вертикальною віссю повороту. Коли і де вони застосовуються? Їх переваги та недоліки.

30. Наведіть приклади налагодження на круглий стіл для позиційної обробки.

31. Те ж саме для безперервної обробки.

32. Накресліть схему поворотного пристрою з горизонтальною віссю повороту. Коли і де вони застосовуються? Їх переваги та недоліки.

33. Накресліть схему поворотної головки для фрезерних верстатів. Коли і де вона застосовується? Їх переваги та недоліки.

34. Те ж саме щодо багатошпindelної головки.

35. Накресліть схему довбального пристрою. Коли і де він застосовується? Його переваги та недоліки.

# ТЕМА

# 8

## Пристрої для зубооброблювальних і протяжних верстатів

### 8.1. Пристрої для зубооброблювальних верстатів

#### Загальні відомості

Для центрування і закріплення заготовок, що обробляються на зуборізальних і зубовікінчувальних верстатах, застосовуються різні оправки та інші centruючі пристосування. За типом обладнання їх прийнято поділяти на такі групи:

- 1) для зубофрезерних верстатів;
- 2) для зубодовбальних верстатів;
- 3) для зубостругальних верстатів.

В межах кожної групи залежно від конфігурації зубчастих коліс пристрої можуть бути поділені на підгрупи:

- для обробки коліс з маточиною;
- для плоских коліс;
- для дво- і багатовінцевих блоків;
- для зубчастих валиків і под.

На конструкцію пристрою безпосередній вплив чинять також розміри зубчастих коліс, ступінь їх точності, форма і розміри базових поверхонь, а також посадочних місць стола чи шпинделя верстага, з якими пристрої сполучаються.

Залежно від довжини маточини і загальної конфігурації зубчастого колеса основною установчою базою може бути отвір або торцева поверхня маточини чи обода. При довгому отворі воно звичайно приймається за основну базу (подвійна напрямна); тоді торець використовується як опорна база (одна точка). У плоских коліс і зубчастих вінців основною базою є торцева поверхня (три точки), а отвір служить подвійною опорною базою (дві точки); в цьому випадку центрування треба виконувати по вузькій циліндричній ділянці.

При нарізанні зубчастих коліс з невисоким ступенем точності, а також на операціях попереднього нарізання зубів для центруван-

ня використовують жорсткі оправки, на які заготовки встановлюються з невеликим зазором (посадки H7/h6 H7/g6). При підвищених вимогах до точності центрування треба виконувати з натягом або з вивіркою по індикатору, оскільки при центруванні з зазором зміщення осі отвору відносно осі обертання верстата призводить до радіального биття основного і ділильного кола вінця, яке дорівнює подвійному ексцентриситету чи максимальному зазору ( $S_{\text{вих}}$ ). Для точного центрування звичайно застосовують оправки з пружною оболонкою, які деформуються за допомогою того чи іншого середовища (гідропласт, мастило, тарілчасті пружини тощо).

У більшості конструкцій оправок механізми центрування і затиску розділені, тобто заготовку спочатку центрують, а потім закріплюють, причому для закріплення звичайно використовують ручний гвинтовий затискач. В останній час замість оправок з ручним затискачем широко застосовують пристрої з пневматичним чи гідравлічним приводом, а у великосерійному і масовому виробництві здійснюється повна автоматизація всього процесу зубонарізання.

### **Форми посадочних місць верстатів для встановлення пристроїв**

На точність зубообробки впливає точність центрування самих пристроїв, вісь яких повинна збігатись з віссю обертання столу.

Спосіб центрування і закріплення пристроїв залежить від форми посадочних місць верстатів. Так, наприклад, на зубофрезерних і зубодовбальних верстатах пристрої мають вертикальну вісь і центруються за одним з чотирьох методів:

- 1) циліндричним хвостовиком корпусу (підставки) по циліндричному отвору в столі верстата;
- 2) конусним хвостовиком по конусному гнізді в столі;
- 3) в центрах;
- 4) з вивіркою по індикатору.

Биття встановленої на верстаті оправки необхідно перевіряти. Воно не повинно перевищувати 0,005 мм, а для особливо точних шестерень – 0,0025 мм.



На рисунку 8.1, *а* показано стіл і підтримуючий кронштейн зубофрезерних верстатів (що випускались раніше) з посадочними місцями для встановлення оправок.

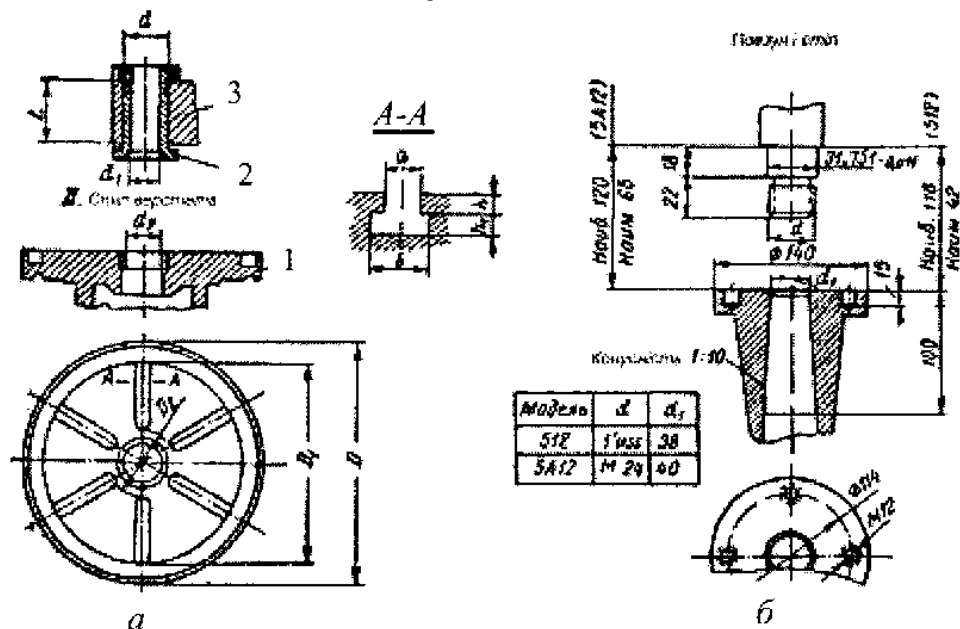


Рисунок 8.1. Посадочні місця для встановлення оправок:  
*а* – на зубофрезерних верстатах; *б* – на зубодовбальних верстатах

Підставка під оправку (рисунок 8.1, *а*) центрується циліндричним виступом в отворі  $d_2$  стола 1 верстата по посадках Н7/н6 або Н7/ј6, вивіряється по індикатору і закріплюється болтами, які заводяться в Т-подібні пази. Верхній кінець оправки додатково підтримується підшипником 2 або центром, який вставляється в отвір кронштейна 3.

На рисунку 8.1, *б* надано параметри посадочних місць зубодовбальних верстатів (що випускались раніше). Як видно з рисунку, в цих верстатах пристрої центруються конусними хвостовиками, з вершиною конуса, зверненої в бік повзуна з довбляком, і закріплюються на фланці шпинделя через нарізні отвори.

## Приклади конструкцій пристроїв

При обробці зубчастих коліс на зубофрезерних верстатах рекомендується одночасно встановлювати декілька заготовок, щоб підвищити продуктивність верстата шляхом використання значного ходу супорта фрези (рисунки 8.2, а). Пристрій закріплено на горизонтальному столі верстата болтами, розташованими в Т-подібних пазах. Суміщення осей пристрою і столу перевіряється індикатором. Конструкція забезпечує надійне кріплення оброблюваних заготовок і мінімальний час на встановлення й зняття заготовок. Досягається це за допомогою пневматичного діафрагменного привода односторонньої дії.

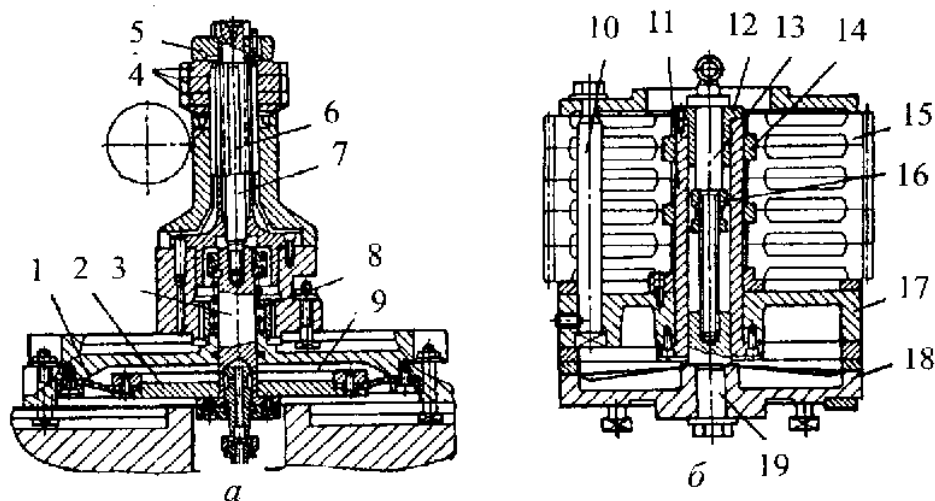


Рисунок 8.2. Пристрої до зубофрезерних верстатів

При надходженні повітря в порожнину 9 опускається державка 2 кільцевої діафрагми 1. Спираючись на фланець штока 3, державка опускає шток і тягу 7, яка надійно притискує зйомну шайбу 5 до оброблюваних заготовок 4. Останні утримуються на оправці 6 за допомогою зубчастого шліцьового з'єднання.

При видаленні повітря з порожнини 9 пружина 8 піднімає шток 3 і тягу 7, шайба 5 при цьому легко знімається, а потім знімають і оброблені колеса, оскільки діаметр отвору в них декілька більше діаметра головки тяги 7.

В серійному виробництві нерідко доводиться використовувати пристрій для обробки інших зубчастих коліс з різними діаметрами отворів або вінця. В таких випадках використовують наявну оправку і основу пристрою. Оправку можна використовувати тільки тоді, коли діаметр отвору іншого колеса відрізняється від діаметра оправки настільки, що допускає застосування проміжної втулки. Для встановлення зубчастих коліс з великим зовнішнім діаметром змінюють опорні кільця, затискну шайбу і, якщо потрібно, проміжні кільця.

Для обробки зубчастих коліс діаметром більше 400 мм іноді, щоб не затримувати верстат тривалою зміною заготовок, пристрій передбачається в двох комплектах; під час роботи одного з них другий комплект звільняється поза верстатом від оброблених заготовок і споряджується необробленими (рисунк 8.2, б). Основу 18 з centruючим пальцем 19, в середині якого нарізано отвір, закріплено на столі постійно. На палець і на основу 18 надівається пристрій з установленими на ньому зубчастими колесами 15 і закріплюється нарізним стержнем 13 через нарізний отвір пальця 19.

Корпус 17 пристрою може бути виливаним з чавуну. Оправка 11 виготовляється порожнистою для зменшення її маси і щоб в неї можна було розмістити стержень 13 з муфтою 16. Остання дійдучи до втулки 12, дозволяє зняти пристрій за вушко стержня 13. Закріплення зубчастих коліс здійснюється трьома або чотирма болтами 10. Кільця 14 служать лише для центрування зубчастих коліс по точній виточці в їх маточинах.

Як було відмічено вище, центруванню коліс при їх нарізанні, особливо на чистових операціях, треба приділити велику увагу, і для цього використовуються високоточні і швидкодіючі оправки і патрони з гідроластмасою.

На рисунку 8.3, а показано приклад однієї з таких оправок, яка призначена для закріплення коліс (показано два варіанти: зліва – широковінцеве колесо, справа – вузьке великого діаметра) по внутрішній чисто обробленій циліндричній поверхні. Оправка 3 своїм конусним хвостовиком розміщується в корпусі 2 і надійно закріплюється в ньому гайками 1. Колесо 6 надівається на тонкостінну оболонку 10, яка заповнена гідроластмасою 11. Положення колеса вивіряється за допомогою відкидного фіксатора 5, який своєю кулькою вставляють в один з попередньо нарізаних пазів

між зубами колеса. За допомогою перехідників 4 і 7 визначається положення колеса в осьовому напрямку. Підтисканням пластмаси гвинтом 12 здійснюється центрування колеса, а гайкою 8 і шайбою 9 – остаточне його закріплення.

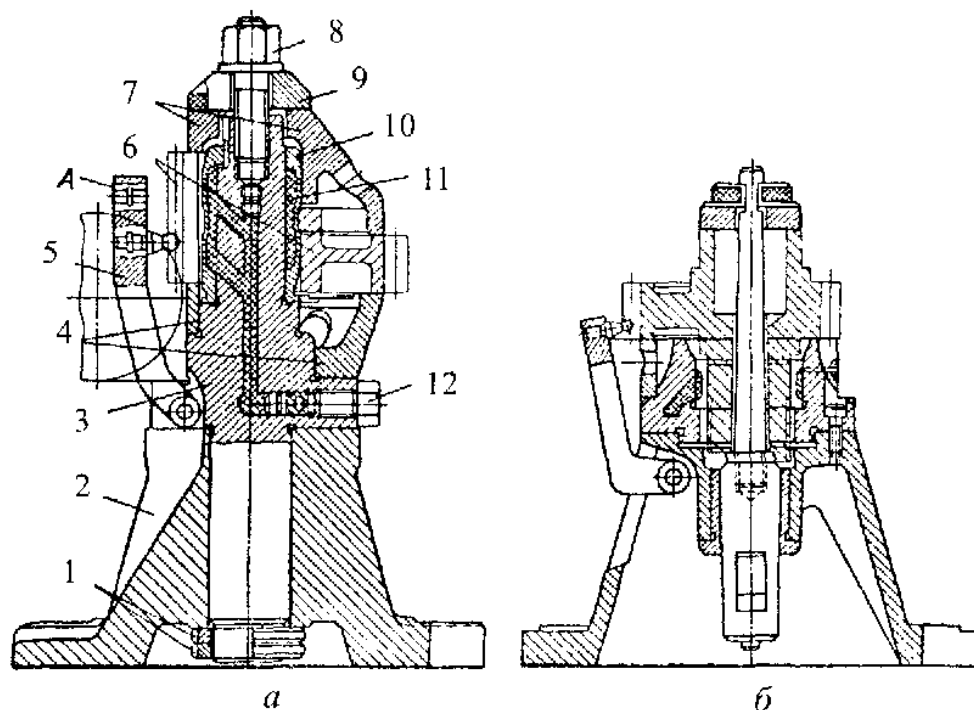


Рисунок 8.3. Опранки з гідропластмасою

На рисунку 8.3, *б* наведено приклад аналогічно діючої опранки для затиску зубчастого валика по зовнішній циліндричній поверхні. За допомогою цієї опранки (патрона) також можна оброблювати колеса великих і малих діаметрів.

Пристрій (рисунку 8.4, *а*) для обробки круглим довбляком на зубодовбальному верстаті циліндричного зубчастого колеса 3 складається з опорної шайби 2, опранки 1, перехідної втулки 6, затискної шайби 4 і гайки 5. Опранка 1 закріплюється нерухомо на столі верстата, що обертається, і утримується від провертання в результаті самозаклинювання в конічному гнізді стола. Застосуванням перехідних втулок досягається використання однієї опранки для встановлення зубчастих коліс з різними діаметрами центрального отвору.

Закріплення заготовки в таких пристроях треба здійснювати по можливості ближче до місця обробки. В наведеній схемі шайба 4 діє не на маточину зубчастого колеса, а на його вінець. Затискна шайба повинна мати зовнішню виточку для зручності захвату рукою. Гайку 5 при змінюванні обробленої заготовки вигвинчують повністю. При багатOVERSTATному обслуговуванні рекомендується застосовувати швидкозйомні шайби для закріплення заготовок.

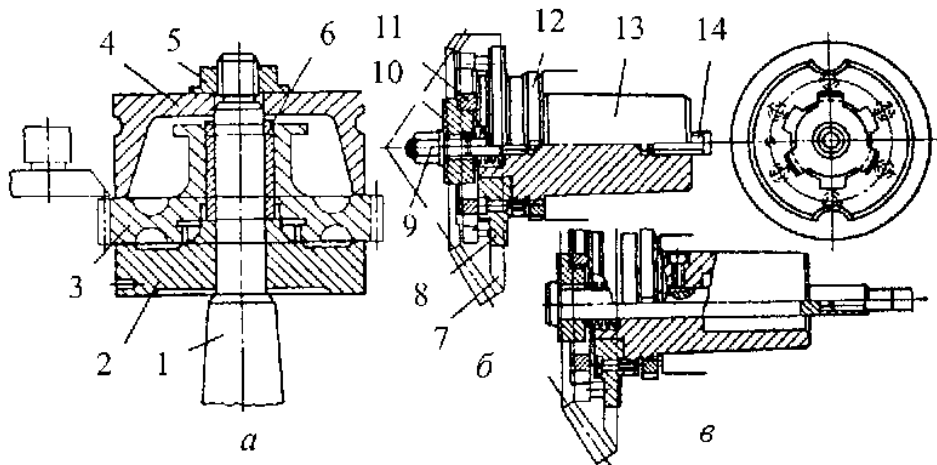


Рисунок 8.4. Типові пристрої до зубостругальних і довбальних верстатів

В пристрої для обробки на зубостругальному верстаті кінцевих зубчастих коліс (рисунок 8.4, б) оброблювана заготовка 7 надівається на змінний фланець 8 оправки 13 і затискується ключем за допомогою гайки 9 і шайб 10 і 11 або тягою (рисунок 8.4, в) відповідного механізованого привода. Для того, щоб шайбу 11, що розташована у поглибленні зубчастого колеса, можна було зняти, її провертають до суміщення трьох вийомок з відповідними виступами шайби 10. Оправку 13, що розміщена в шпинделі верстата, додатково затягують тягою 14. Гайка 12 полегшує зняття пристрою.

Прагнення підвищити продуктивність операції попередньої обробки зубів коліс призвело до створення пристроїв (рисунок 8.5), за допомогою яких можлива одночасна обробка всіх зубів. Оброблюване колесо 1 встановлюється і закріплюється не на столі

зубодовбального верстата, як звичайно (див. рисунок 8.2–8.4), а на шпинделі 2 верстата, який служить для закріплення довб'яка. Як інструмент використовується багаторізцева головка 4 зі спеціальними різцями 3. Після кожного робочого ходу шпинделя з колесом у напрямку стрілки *A* корпус головки, в конусну проточку якого входять хвостовики різців, злегка піднімається, переміщуючи різці в напрямку стрілок *B* (для запобігання тертя між різцями і зубами колеса при холостому ході). Після кожного холостого ходу шпинделя по стрілці *A'* корпус, навпаки, опускається, вимушуючи різці зближуватись у напрямку стрілок *B*. Різцева головка центрується в нерухомому стакані 2, який закріплюється на столі верстата у положенні, узгодженому з віссю оброблюваної заготовки.

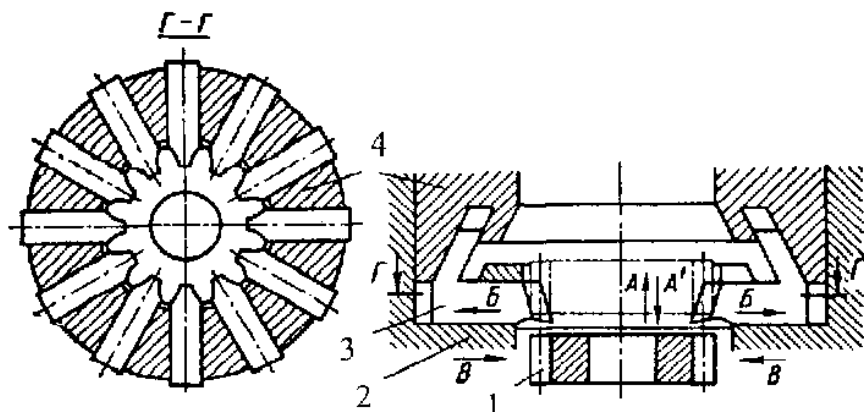


Рисунок 8.5. Схема одночасної обробки зубів

## 8.2. Пристрої для протяжних верстатів

### Загальні відомості

Обробка поверхонь протягуванням є високопродуктивним процесом, при якому машинний час в декілька разів менше часу, що витрачається, наприклад, на фрезерування чи стругання тих же самих поверхонь. В цих умовах ефективність використання протяжних верстатів і підвищення їх продуктивності майже цілком залежить від рівня механізації і автоматизації обробки і скорочення допоміжного часу на завантаження і розвантаження верстатів.

Обробка протягуванням поділяється на два види:

1) внутрішніс протягування наскрізних отворів круглого чи фасонного профілю;

2) зовнішніс протягування відкритих поверхонь-площин, пазів і поверхонь ступінчастого чи фасонного профілю.

Застосовується одночасна обробка протягуванням декількох заготовок або протягування однієї заготовки декількома протяжками, а також позиційне протягування.

Із загального парка протяжних верстатів основна частка припадає на горизонтальнопротяжні верстати для внутрішнього протягування. Випускають верстати з зусиллям протягування 5, 10 і 40Т. Випускаються також вертикальнопротяжні верстати для внутрішнього і зовнішнього протягування. Вертикальнопротяжні верстати використовують переважно у великосерійному і масовому виробництві; горизонтальнопротяжні для внутрішнього протягування - в серійному і малосерійному виробництві. На горизонтальних верстатах, застосовуючи спеціальні пристрої, можна виконувати і зовнішніс протягування.

Поряд зі швидкодіючими установчо-затискними пристроями для заготовок велике значення у скороченні допоміжного часу і полегшення праці робітників має оснащення верстатів внутрішнього протягування механізмами для підведення, супроводження і виведення протяжок, що виключає необхідність ручного їх завантаження і розвантаження після обробки кожної заготовки.

Сучасні верстати оснащуються такими механізмами і при відповідному оснащенні можуть бути налагоджені на напівавтоматичний чи автоматичний цикл роботи.

При проектуванні оснастки до протяжних верстатів треба знати параметри установчих місць для закріплення пристроїв, а також патронів чи інструментальних плит для протяжок. Крім того, необхідно знати граничні переміщення столів і протяжок.

### **Пристрої для внутрішнього протягування**

При внутрішній обробці інструмент протягується через попередньо просвердлений чи розточений отвір і по мірі проходження надає йому відповідну форму, розміри і шорсткість поверхні. Протяжка з'єднується з кареткою штока протяжного верстата спеціальним патроном тієї чи іншої конструкції.

При протягуванні отворів, за виключенням випадків координатного протягування, оброблювана заготовка центрується напрямною ділянкою (шийкою) протяжки і зусиллям різання притискується до опорної поверхні планшайби верстата. Тому пристрої для внутрішнього протягування не мають спеціальних затискних механізмів і відрізняються простотою.

На рисунку 8.6 показано пристрої для протягування отворів у заготовок з обробленим базовим торцем, перпендикулярним до осі отвору. В пристрої (рисунок 8.6, а) для протягування круглого отвору опорний фланець 2 зцентрований і закріплений на планшайбі 1 верстата. В пристрої на рисунку 8.6, б для протягування шліцьового отвору протяжка напрямляється по попередньо розточеному отвору заготовки, сама ж заготовка центрується обробленим хвостовиком в змінній втулці 3, що встановлена в перехідній планшайбі 2; 1 – планшайба (стіл) верстата. Якщо базовий торець заготовки не оброблений, чи не точно перпендикулярний до осі, вона повинна мати можливість самоустановлюватись (центруватись) по осі протяжки, інакше остання в процесі обробки буде згинатись, що може призвести до поламки. В цих випадках застосовують пристрої зі сферичною самоустановною опорою.

На рисунку 8.7 показано стандартизовані пристрої а в таблиці 8.1–8.2 надано їх розміри.

Пристрій (рисунок 8.7, а) призначений для протягування отворів круглого і фасонного профілю в дисках, шестернях, втулках та інших заготовках, складається з планшайби 1 зі сферичною поверхнею, кульової самоустановної шайби 2 і змінної втулки 3, яка закріплюється до шайби 5; шайба утримується на планшайбі 1 чотирма плоскими пружинами 4. Застосування сферичної опори дозволяє заготовці з необробленим або косим торцем, центруватися по осі протяжки. Для того щоб сферична опора була самоустановною, необхідно при її конструюванні додержувати умову

$$\frac{H}{R} \geq \sin \varphi,$$

де  $H$  – відстань від осі сферичної опори до точки прикладання сили  $W$ , яка діє на торець цієї опори;  $R$  – радіус сферичної опори;  $\varphi$  – кут тертя в сполученні по сфері;  $\operatorname{tg} \varphi = f$  ( $f$  – коефіцієнт тертя).



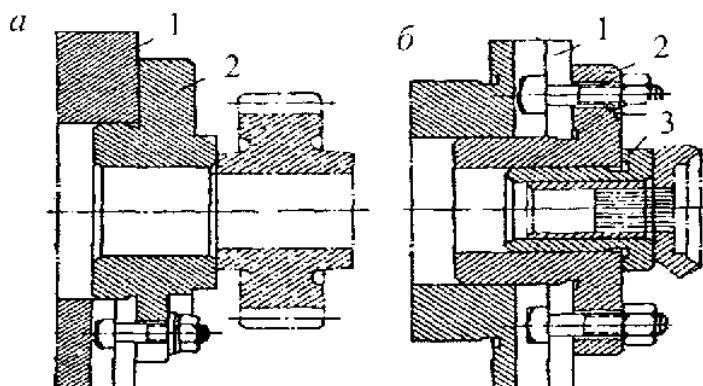


Рисунок 8.6. Пристрої для протягування отворів

Таблиця 8.1 – Основні розміри пристрою, мм (рисунок 8.7, а)

$D$	$D_1$	$D_2(h_6)$	$d$	$k$	$R$
220	180	100	151–45	12	6
240	200	120	20–60	9	4,5
240	200	130	30–60	14	7
260	230	150	30–70	14	7
300	260	180	40–80	18	9
300	260	165,5	40–80	11	5,5

Таблиця 8.2 – Основні розміри пристрою, мм (рисунок 8.7, б)

$d(g6)$	$B(H7)$	$d_1\left(\frac{H7}{h6}\right)$	$\ell$	$d_2$	$h$
10–14	4	30	Довжина отвору, що протягується + 5мм		Береться по протяжці
14–18	5				
18–24	6				
24–30	8				
30–36	10	45			
36–42	12				
42–48	14				
48–55	16	75			
55–65	18				

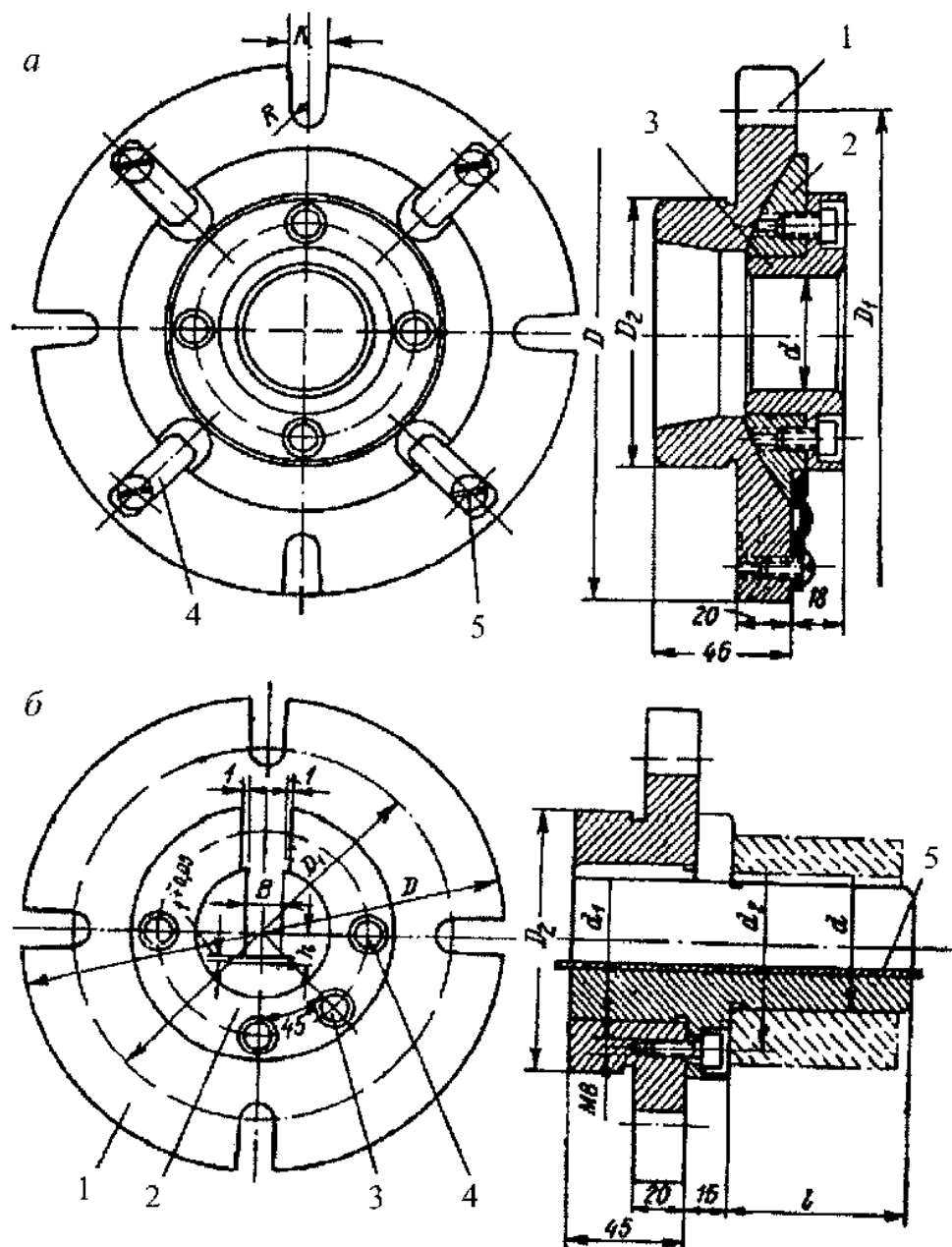


Рисунок 8.7. Стандартизовані пристрої для протягування отворів (а) і шпонкових пазів (б)

Пристрій, що показано на рисунку 8.7, б служить для протягування шпонкових пазів і складається з планшайби 1 і прямої втулки 2, що закріплена до планшайби за допомогою установчого штифта 3 і гвинтів 4, 5 – сталева загартована змінна підкладка.

Прямна втулка 2 служить для забезпечення симетричного розташування протяжки відносно вертикальної площини, яка проходить через вісь отвору, а також для збереження незмінного положення опорної площини протяжки по відношенню до осі отвору заготовки в процесі обробки.

У випадку, коли необхідно протягнути шпонковий паз в кінчному отворі, втулку 2 виконують кінчною згідно з конусом отвору і встановлюють її під кутом з таким розрахунком, щоб твірна конуса була горизонтальною. Тоді протягування провадиться як звичайно в циліндричному отворі.

На звичайних горизонтальних верстатах можна провадити протягування спіральних пазів будь-якого профілю з кутом нахилу спіралі до  $45^\circ$ ; протяжка повинна мати зубці, також розташовані по спіралі. Протягування можна провадити за методом обертання заготовки чи за методом обертання протяжки.

На рисунку 8.8 показано пристрої для протягування пазів з кутами нахилу спіралі до  $10^\circ$ , коли заготовки чи протяжка обертаються лише під дією зусилля різання; при протягуванні пазів з кутами нахилу  $\alpha > 10^\circ$  оброблюваній заготовці чи протяжці необхідно надати примусове обертання.

В пристрої (рисунок 8.8, а), що призначений для обробки обертаючої заготовки, остання встановлюється по напрямній частині протяжки і зусиллям різання притискується до торця втулки 1. При лінійному переміщенні протяжки радіальна складова сили різання вимушує обертатися втулку 1 разом з притиснутою до неї оброблюваною заготовкою і начебто нагвинчує її на протяжку. Для запобігання заїдання, втулка 1 змонтована на упорному кульковому підшипнику 2, який прикрито кожухом 3. Втулка 1 зцентрована і закріплена у фланці 4, що закріплений на планшайбі верстата.

Для обробки за методом обертання протяжки при нерухомій заготовці кульковий підшипник 1 встановлюють не під опору оброблюваної заготовки, а на патроні 2 для закріплення протяжки (рисунок 8.8, б).

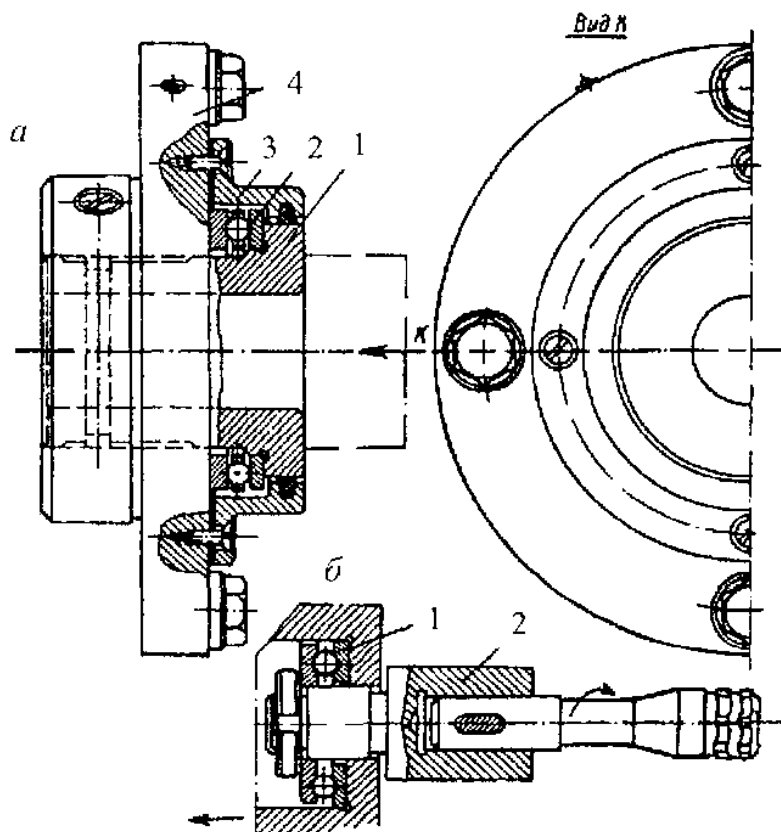


Рисунок 8.8. Пристрої для протягування спіральних пазів

На рисунку 8.9 показано пристрої для протягування спіральних пазів з примусовим обертанням заготовки чи протяжки. В корпусі 1 пристрою (рисунок 8.9, а), встановленого на планшайбі верстата, запресована втулка 2, на яку через кульки 3 спирається конічна шестерня 4; по виточці і торцю цієї шестерні базується оброблювана заготовка. У приливку корпуса 1 пристрою встановлено валик 6 з шестернями 5 і 7; шестерня 7 обкочується по рейці 8, що зв'язана з кареткою 9 штока протяжного верстата. В процесі протягування рейка через шестерні 7, 5 і 4 вимушує обертатись оброблювану заготовку з кутовою швидкістю, узгодженою з кутом нахилу спіралі.

Пристрій, що показано на рисунку 8.9, б забезпечує примусове обертання протяжки при нерухомій заготовці. По копірній

лінійці 1, що закріплена на станині протяжного верстата, котиться ролик 2, зв'язаний з зубчастою рейкою 3. Остання, переміщуючись поступально разом з кареткою 4 штока верстата, одночасно через шестерню 5, жорстко встановлену на корпусі патрона 6, обертає протяжку. Для різних спіралей копірна лінійка встановлюється під різними кутами.

В тих випадках, коли отвір, що протягується, зв'язаний точними координуючими розмірами або співвідношеннями з іншими або поверхнями деталі, останні приймаються за бази при встановленні заготовки в пристрої.

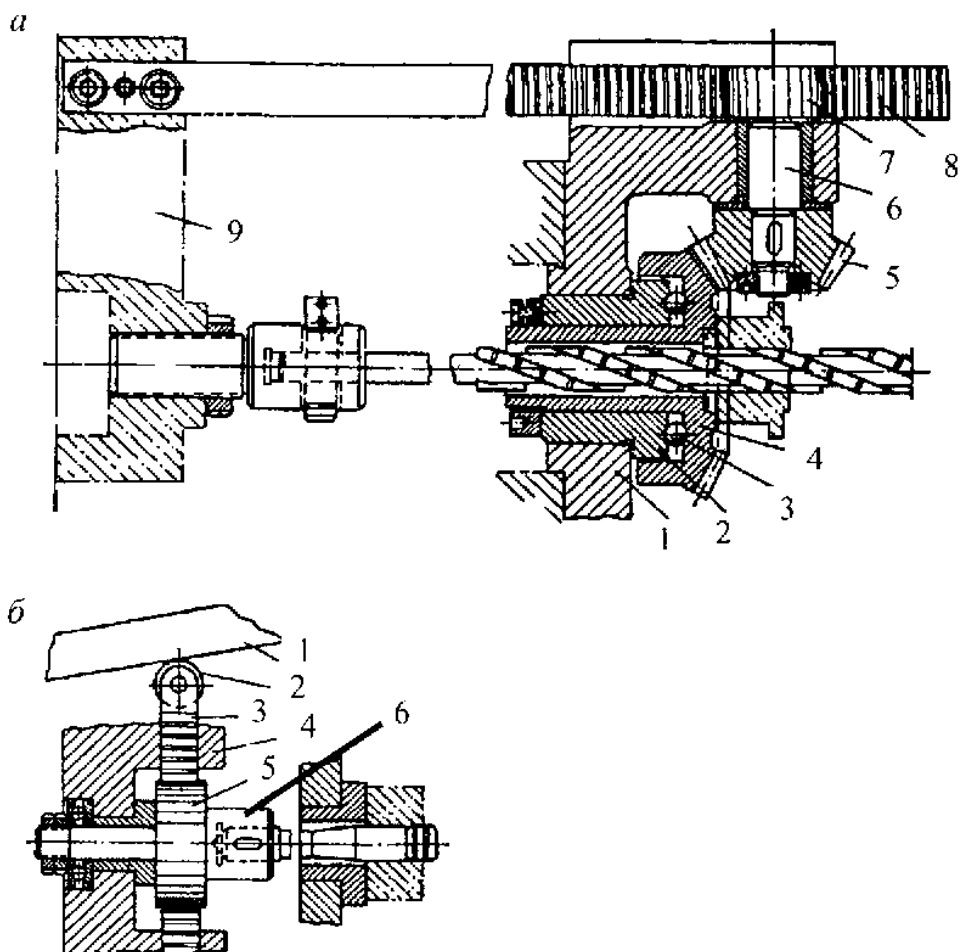
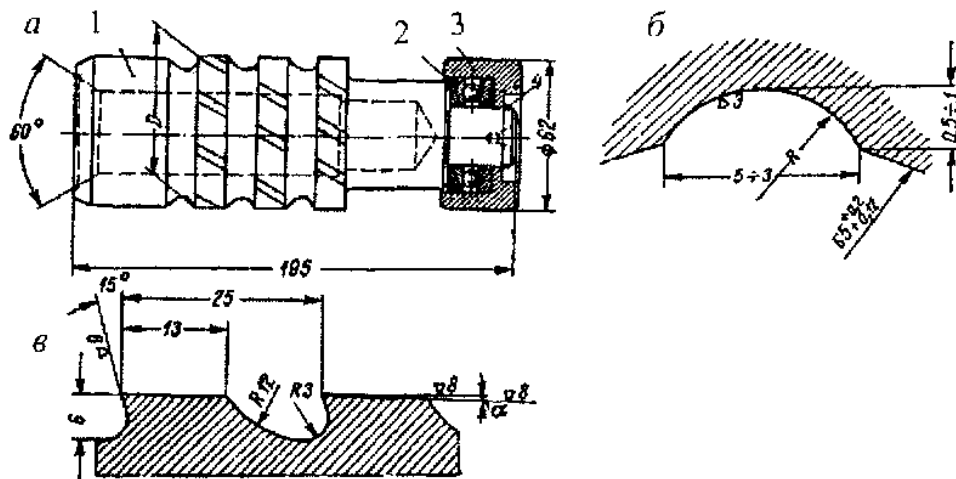


Рисунок 8.9. Пристрої для протягування спіральних пазів

На рисунку 8.10, а показано інструмент для протягування (прошивання) спіральних мастильних канавок у підшипникових втулок на пресі; профіль канавок показано на рисунку 8.10, б. Різальна частина протяжки має всього три зуба з розмірами: перший і другий зубці –  $D = 65,2$  і  $66,2$  мм, задній кут  $\alpha = 2^\circ$ ; у третього зуба  $D = 67,2$  мм,  $\alpha = 1^\circ$ . Допуск на діаметр  $\pm 0,02$  мм.

Геометрію зуба показано на рисунку 8.10, в.



Рисуюнок 8.10. Прошивання спіральних мастильних канавок

Оброблювана втулка ставиться на стіл вертикального преса. Своїм циліндричним хвостовиком 1 протяжка вставляється в отвір втулки. При вмиканні преса шток його натискує на торець обойми 3 і через кульковий упорний підшипник 2 передає зусилля на протяжку. Під дією зусилля різання протяжка одночасно з повздовжнім переміщенням повертається, прорізуючи при цьому в оброблюваній втулці канавки під заданим кутом. Кільце 4 з'єднує обойму 3 з протяжкою і охороняє її від випадання.

### Патрони для закріплення протяжок при внутрішньому протягуванні

Протяжки з'єднуються з кареткою штока верстата за допомогою спеціальних патронів. Корпус звичайного патрона закріплюється своїм нарізним кінцем до каретки штока, а хвостовик протяжки вставляється в отвір патрона і закріплюється в ньому

або клином, якщо на хвостовику є поперечне вікно, або скобою, якщо на кінці протяжки передбачено спеціальні вирізи.

На рисунках 8.11–8.13 показано конструкції швидкодіючих патронів. На рисунку 8.11 в корпусі 5 патрона розміщено два кулачки 4. Сферичною частиною кулачки впираються в гнізда корпусу. Під дією штовхачів 3 і пружин 2 загострені частини кулачків постійно зведені разом. Зусилля пружин регулюють гвинтами 1. В каретці протяжного верстата патрон закріплюється через вікно в хвостовику клином.

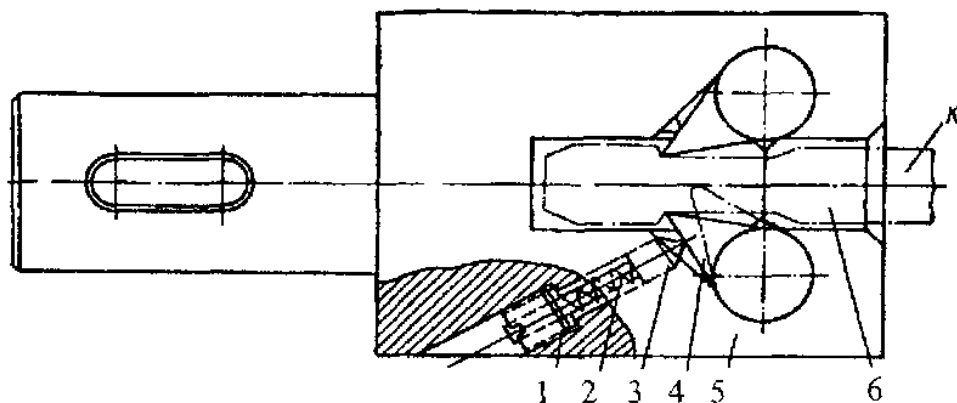


Рисунок 8.11. Швидкодіючий патрон для закріплення протяжок

Протяжка 6 з оброблюваною заготовкою заводиться з правого торця патрона. Кулачки 4, долаючи опір пружини, розходяться, а потім заскочують в заплечики хвостовика і утримують протяжку під час протягування. По закінченні операції протяжку піднімають уверх і виводять через проріз корпусу.

На рисунку 8.12 показано універсальний стандартизований патрон зі змінними вкладишами. В глухий отвір К корпуса 1 патрона (рисунком 8.12, а) вставляється змінна перехідна оправка (рисунком 8.12, б) з поперечним вікном і запирається клиновим затвором 2. Нарізний кінець оправки, виготовлений відповідно до розміру нарізного посадочного місця в каретці штока верстата, вгвинчується в каретку і закріплюється гайкою.

Правий кінець корпусу 1 становить собою нерухому нижню губку захвата протяжки. Верхня губка 4 монтується в проушину корпусу на осі 3 і через клиновий виступ 5 затискується важелем 7. Пружина 8 служить для автоматичного підйому губки 4 при звільненні протяжки. Патрон розкривається після легкого натискання на рукоятку 7, під час якого п'ята 6 ковзає по клину 5.

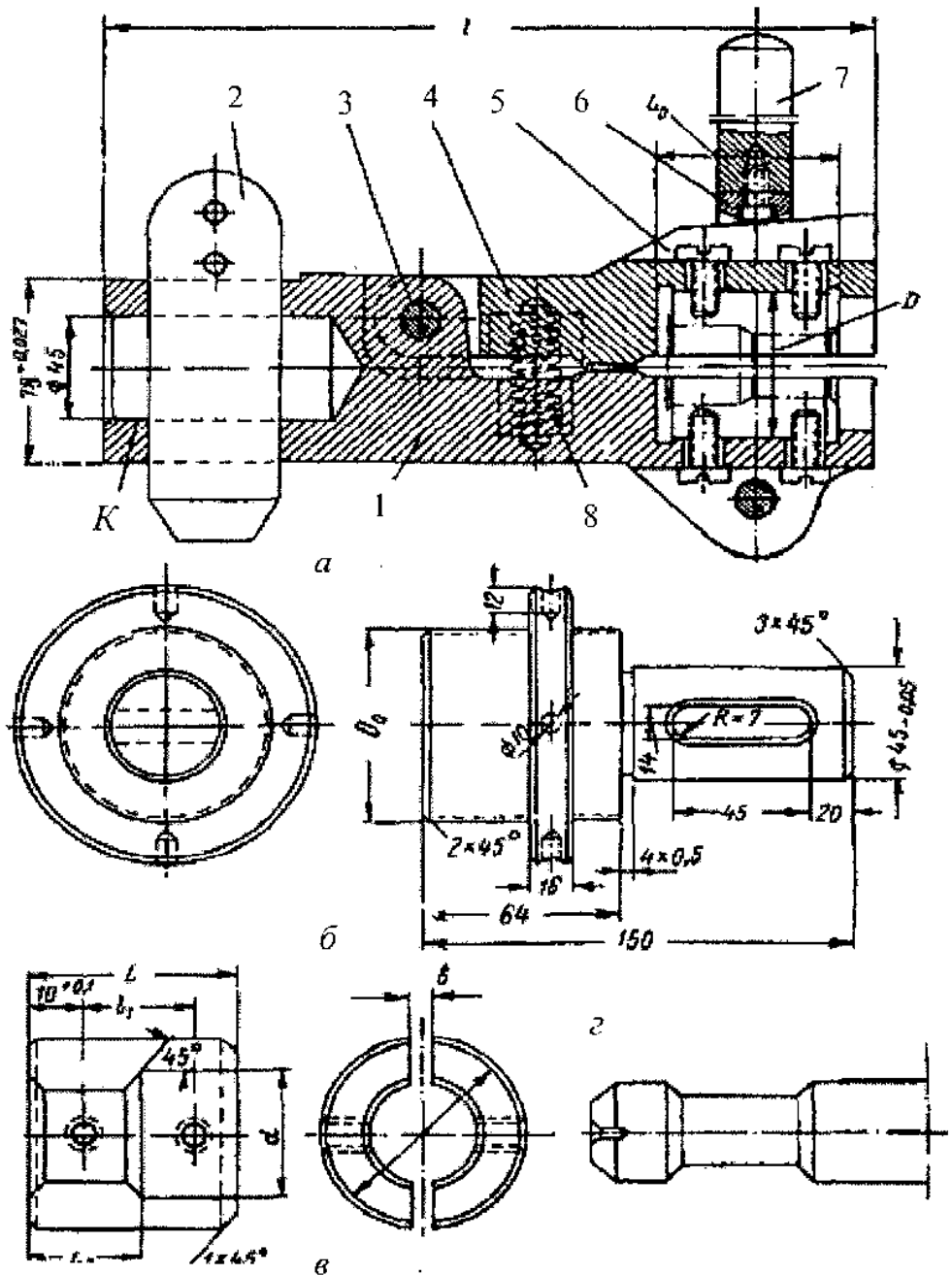
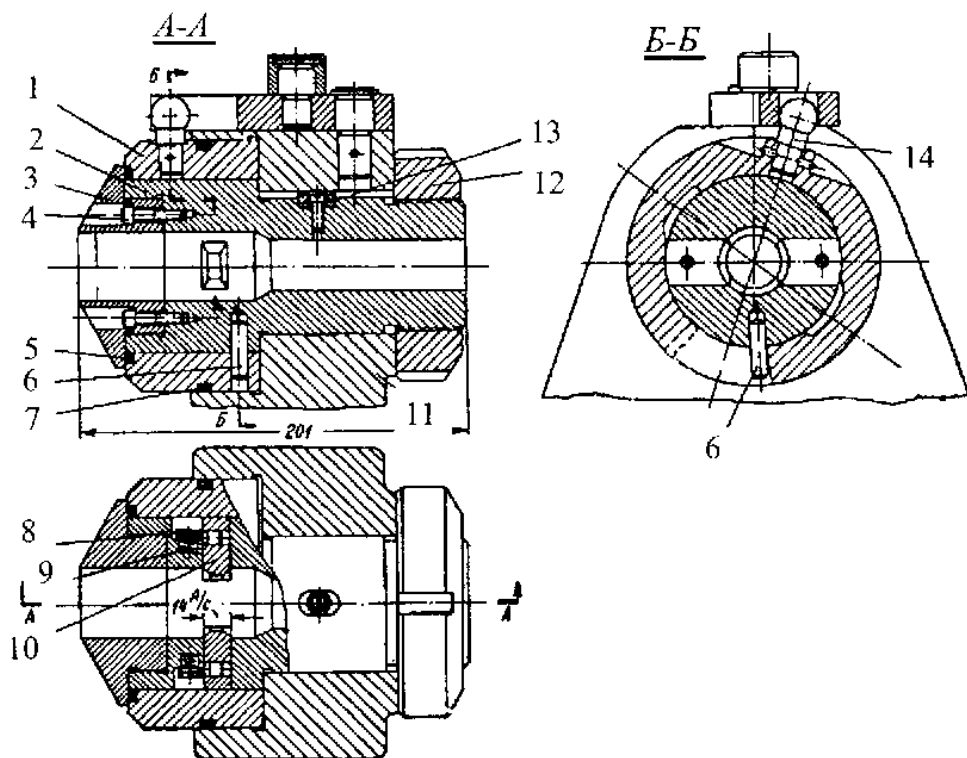


Рисунок 8.12. Універсальний патрон зі змінними вкладишами





**Рисунок 8.13. Автоматично діючий патрон до вертикально протяжного верстату**

Щоб зменшити кількість застосовуваних патронів, в правий отвір корпуса патрона встановлюється і закріплюється гвинтами змінні вкладиші (рисунок 8.12, в), які складаються з двох половинок; розміри стандартизованих вкладишів узгоджені з розмірами гнізда в патроні і з формою і розмірами стандартизованих хвостовиків (рисунок 8.12, з) протяжок.

На рисунку 8.13 показано автоматично діючий патрон, який застосовується на вертикальнопротяжних верстатах для внутрішнього протягування.

Кільце 1 патрона провертається на певний кут навколо втулки 2, яка має два вікна прямокутного перерізу, в яких встановлено кулачки 10. Внутрішні поверхні патрона захищаються від стружки кільцями 5 і 7 з мастилостійкої гуми. Патрон орієнтується в каретці 11 верстата за допомогою шпонки 13 і закріплюється гайкою



## Пристрої для зовнішнього протягування

Протягування зовнішніх поверхонь деталі застосовується у великосерійному і масовому виробництві і підвищує продуктивність праці у 3–8 разів проти фрезерної обробки. Цей метод забезпечує високу точність розмірів (до 0,025мм) і низьку шорсткість оброблюваної поверхні. При цьому методі оброблювану заготовку необхідно надійно закріплювати за допомогою ручних, пневматичних і гідравлічних затискачів.

Іноді з метою зменшення допоміжного часу застосовують поворотні багатопозиційні столи, на яких чергова оброблювана заготовка встановлюється осторонь від місця обробки, а оброблена заготовка може зніматись без відкидання затискача.

На рисунку 8.15 показано пристрій для протягування різних плоских і круглих заготовок. Поворот і затиск верхніх і нижніх губок здійснюється гідравлічно. При затиску мастило надходить в робочу порожнину А циліндра 1; шток 2 переміщується вгору. На кінці штока закріплюється рейка 3, яка зчеплюється з зубчастим колесом 4 вала 12. Зубчасте колесо 4 знаходиться у зчепленні з колесом 5, яке, перемішуючи рейку 6 рухомих губок 7 здійснює затиск заготовки.

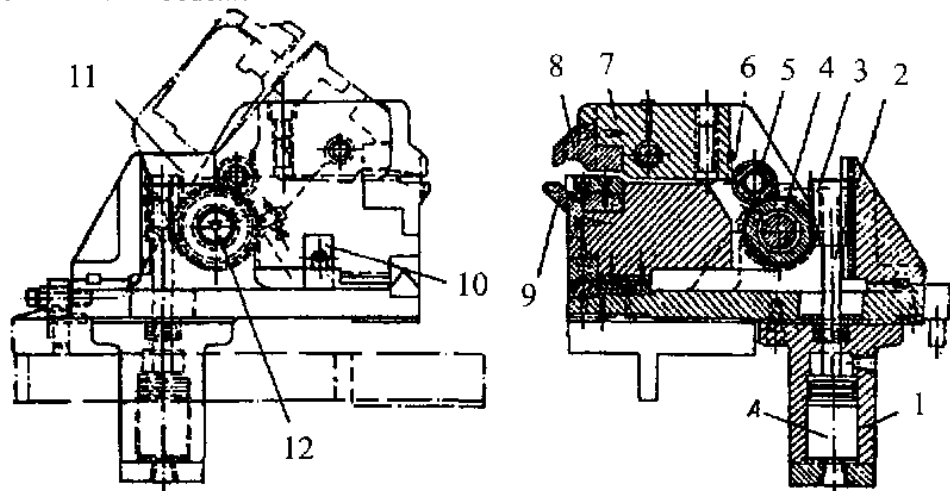


Рисунок 8.15. Пристрій для закріплення заготовок при зовнішньому протягуванні

Губки 8 і 9 змінні і конструюються відповідно до форми і розмірів оброблюваних заготовок. В результаті передачі руху до рухомої губки 7 від великого зубчастого колеса до меншого спочатку відбувається затиск заготовки, а потім остаточний поворот вала 12 в робоче положення. Для контролю роботи пристрою є шляхові вимикачі 10 і 11.

Пристрій, що показаний на рисунку 8.16, застосовується для протягування площин стику і установчих площадок кришок корінних підшипників двигуна.

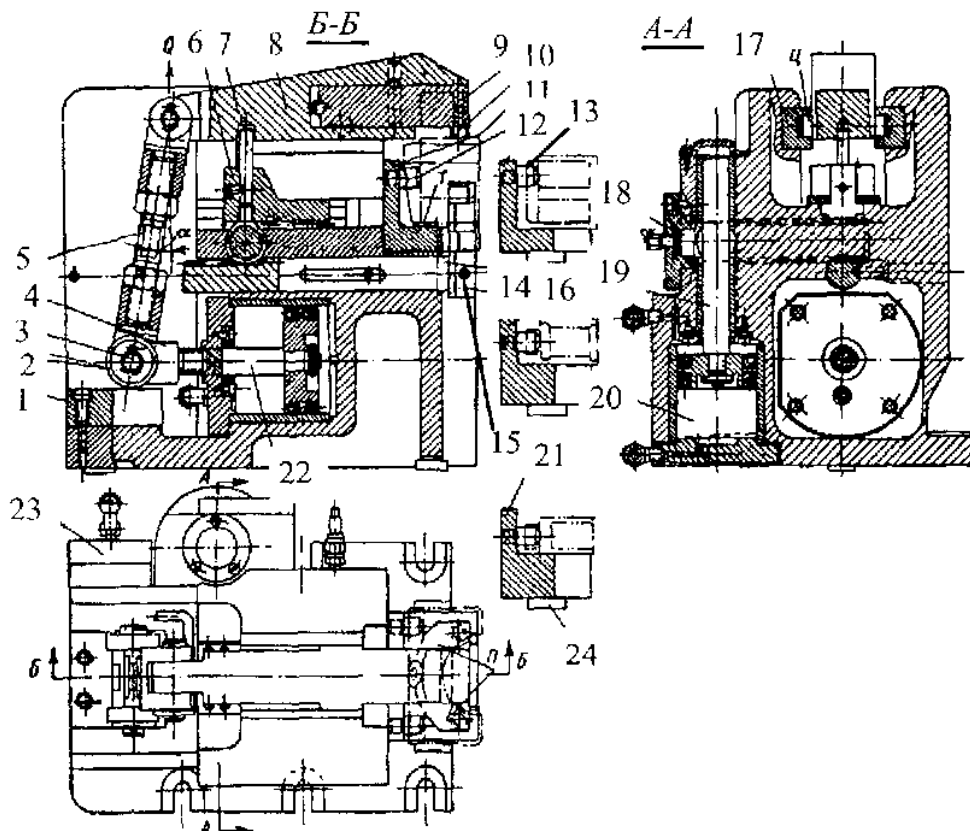


Рисунок 8.16. Пристрій для кріплення кришок підшипника при зовнішньому протягуванні

В пристрої протягуються чотири різні кришки, для чого передбачено чотири опорних змінних косиця 11, 13, 16 і 21, які

центруються на корпусі пристрою виступами М і закріплюються болтами.

Оброблювана заготовка встановлюється на косинець до упора в сухарі 12. Поворотом рукоятки крана 23 стиснуто повітря подається в циліндр 20, шток 19 якого, обертаючи нарізаними на ньому зубцями валик 18, переміщує скалку 14 з закріпленою на неї планкою 15; циліндричними поверхнями П планка центрує заготовку і підтискує її до сухарів 12. Одночасно зубчастий валик 18 переміщує повзун 6, який штифтом 7 насуває на оброблювану заготовку затискну планку 8, що хитається на цапфах Ц в пазах нерухомих планок 17. Подальшим поворотом рукоятки крана 23 приводиться в дію шток 22 другого пневматичного циліндра. Через розпорну штангу 5 шток повертає планку 8 на цапфах Ц. Заготовка притискується до опорної площини Т косинця сухарями 10 гойдалки 9, що встановлена своїм циліндричним хвостовиком в планці 8.

Поворотом рукоятки крана у початкове положення заготовка звільнюється, планка 8 зсувається вліво, відкриваючи установче гніздо пристрою для знімання обробленої заготовки і встановлення нової.

Важільно-шарнірний механізм регулюється обертанням розпорної штанги 5 з лівою і правою нарізкою. Кут  $\alpha$  в положенні затиску повинен бути в межах  $5-8^\circ$ ; при такому куті сила  $Q$  в 5–6 разів більша зусилля ніж на штоці 22.

Отвір для осі 3 у вушці 4 має овальну форму, що дозволяє ролику 2 постійно бути в контакті з опорою 1 і запобігає згинанню штока 22.

### Запитання для самоконтролю

1. На які групи поділяються пристрої для зубооброблювальних верстатів? Надайте коротку характеристику цих груп.
2. В чому полягають конструктивні особливості пристроїв для зубооброблювальних верстатів?
3. Які пристосування застосовують для центрування коліс при зубонарізанні? Надайте їх коротку характеристику.

4. Те ж саме. Пристосування для закріплення коліс.
5. Якої форми виконуються посадочні місця для встановлення пристроїв при зубонарізанні та зубодовбанні, та яким чином закріплюються пристрої?
6. Наведіть приклади конструкції пристроїв для зубофрезерних верстатів.
7. Те ж саме. Для зубодовбальних верстатів.
8. Те ж саме. Для зубостругальних верстатів.
9. В чому полягають особливості обробки на протяжних верстатах і як з цим пов'язані конструктивні особливості пристроїв?
10. Наведіть приклади конструкції пристроїв для внутрішнього протягування.
11. Наведіть приклади конструкції патронів для закріплення протяжок при внутрішньому протягуванні.
12. Наведіть приклади конструкції пристроїв для зовнішнього протягування.

**ТЕМА****9****Пристрої для верстатів  
з ЧПК****9.1. Загальні вимоги**

Механізація та автоматизація технологічних процесів є основним напрямком технічного прогресу і підвищення продуктивності в машинобудуванні. При цьому велику роль, особливо для мало-серійного і серійного виробництва, відіграють металорізальні верстати з ЧПК. Вони є основним і найпоширенішим засобом автоматизації зазначених типів виробництва. Так, відомо, що застосування верстатів із ЧПК замість універсальних при контурно-фрезерних операціях дає змогу одержати вигоду у продуктивності в 2,5–3 рази, при обробці деталей типу плоских панелей – у 1,5–2 рази, а тил обертання – у 1,5 рази. При цьому частка спеціального оснащення знижується до 32,7%, відповідно збільшується обсяг універсального та переналагоджуваного оснащення, зменшується частка браку до 45,8% і підвищується якість продукції.

Необхідно особливо зазначити, що ефективність використання верстатів із ЧПК значною мірою залежить від застосовуваного технологічного оснащення.

Експлуатація верстатів із ЧПК має забезпечити різке скорочення тривалості підготовчо-заключного процесу, пов'язаного з переналагодженням верстата для обробки нової партії заготовок, що особливо актуально в малосерійному виробництві. Витрати часу на налагодження системи керування верстата зводяться лише до зміни програмоносія. Найбільше часу витрачається на транспортування, встановлення, закріплення, розкріплення і знімання пристроїв та інструменту. Це призводить до збільшення простоїв верстатів із ЧПК.

Час простоїв верстатів визначається також допоміжним часом, який витрачається на встановлення, закріплення і знімання заготовки після обробки. Цей час також залежить від застосовуваного технологічного оснащення. Лише при мінімальних витратах часу на простої, який залежить переважно від технологічного оснащення,

ня, верстати з ЧПК будуть максимально ефективними. Тому застосування прогресивних пристроїв, сконструйованих чи добраних для кожного конкретного випадку, може дати великий економічний ефект.

## **9.2. Основні особливості оснащення, яке застосовується на верстатах із ЧПК**

Як зазначалося, ефективність використання верстатів із ЧПК безпосередньо залежить від застосування відповідного оснащення. За допомогою верстатів із ЧПК можна обробляти максимальну кількість поверхонь заготовки з одного встановлення. Це забезпечує різке збільшення машинного часу. Тому частка допоміжного часу, який витрачається на встановлення і закріплення заготовки, у загальному балансі штучно-калькуляційного часу зменшується порівняно з обробкою деталей на звичайних універсальних верстатах. Незважаючи на це, верстати з програмним керуванням є дорогим обладнанням, простої якого мають бути мінімальними, отже, до пристроїв для верстатів із ЧПК висуваються особливі вимоги щодо продуктивності.

Однією з основних особливостей обладнання з ЧПК є підвищена жорсткість, яка забезпечує високопродуктивну обробку деталей на чорнових переходах, коли знімаються великі припуски. Необхідно, щоб у загальній технологічній системі пристрій не виявився найслабшою ланкою. Тому до пристроїв, які застосовують на верстатах із ЧПК, висуваються особливі, підвищені порівняно з усіма іншими пристроями вимоги щодо жорсткості.

Верстати з програмним керуванням, як правило, мають підвищену точність. А оскільки пристрої безпосередньо впливають на точність обробки деталі, то їх потрібно виготовляти з більшим ступенем точності, ніж пристрої для універсальних верстатів. Для цього деталі пристроїв виготовляють із легованих сталей з термічною обробкою або з модифікованих чавунів. За допомогою верстатів із ЧПК можна обробляти до чотирьох-п'яти поверхонь з одного встановлення заготовки. Це означає, що пристрій має відкривати підхід інструменту до всіх оброблюваних поверхонь, а також допускати зміну заготовок під час роботи верстата.

При розробці конструкцій пристроїв для верстатів із ЧПК важливою є вимога забезпечення їх швидкої зміни (встановлення і знімання з верстата), а також можливість швидкого переналадод-



ження, перебудови елементів пристрою, можливість швидкого від'єднання і приєднання гідравлічної або пневматичної системи.

Характерною особливістю верстатів із ЧПК є перенесення центра ваги людської праці з безпосереднього виконання технологічної операції на її підготовку. Тут неможливо обійтися без витрат часу на технологічну підготовку навіть при застосуванні верстатів, які працюють в автоматичному циклі.

Практика свідчить, що в багатьох випадках найдоцільніше використовувати прості пристрої, скомпоновані із заздалегідь виготовлених уніфікованих вузлів і деталей. Для забезпечення цього особливе значення мають нормалізація та стандартизація елементів і деталей пристроїв.

При обробці невеликих деталей на верстатах фрезерно-свердильної групи доцільно використовувати багатомісні пристрої. При їх застосуванні збільшується продуктивність обробки деталей завдяки різкому скороченню допоміжного часу, який витрачається на закріплення та розкріплення заготовок. Збільшення ж часу на переміщення столу або інструменту від однієї заготовки до іншої неістотно впливає на продуктивність.

При обробці заготовок, на верстатах будь-якого типу необхідна орієнтація пристроїв відносно верстата. На верстатах із ЧПК, крім того, відносне переміщення заготовки та інструменту здійснюється в системі певних координат. Тому тут потрібне не лише встановлення заготовки в пристрій, а й встановлення самого пристрою відносно "нульової точки" – початку координат верстата.

Нині на більшості моделей верстатів не передбачені елементи для орієнтації пристроїв, що спричинює додаткові витрати часу на встановлення заготовки з вивіркою. Тому для швидкої та точної орієнтації пристроїв на верстаті доцільно використовувати жорстко встановлювані або знімні накладні плити з Т-подібними пазами і координатною сіткою отворів. Такі плити закріплюють на столі верстата, а пристрої встановлюють на них.

Конструкції та особливості роботи верстатів із ЧПК передбачають обробку отворів свердлінням, розвертанням, розточуванням без використання елементів для орієнтації та напрямлення інструменту або борштанг (напрямних елементів). Орієнтація інструментів для обробки отворів відбувається автоматично за заданою програмою.

### 9.3. Особливості конструкції установчих елементів

У пристроях для верстатів із ЧПК установчі елементи призначені для орієнтації заготовки відносно початку відліку координат системи верстата. При встановленні заготовки (базуванні) бажано забезпечити принцип суміщення технологічної та вимірювальної баз. До установчих елементів пристроїв для верстатів із ЧПК висувають підвищені вимоги (порівняно з пристроями для інших верстатів):

- більша жорсткість для зменшення пружних деформацій і, отже, підвищення точності обробки;
- вища стійкість проти спрацювання, що також спричинюється забезпеченням потрібної точності. Для виконання цієї вимоги при конструюванні установчих елементів застосовують відповідні матеріали – високолеговані, вуглецеві сталі та сталі, які цементують із відповідною термообробкою;
- можливість регулювання та переналагодження при переході до обробки інших заготовок;
- можливість легкої та швидкої зміни спрацьованих частин;
- вищий ступінь точності розмірів і форми, а також жорсткість робочих поверхонь.

При встановленні тіл обертання на токарних верстатах базовими поверхнями заготовки є зовнішні або внутрішні поверхні обертання, а установчими елементами пристроїв можуть бути кулачки патронів або зовнішні поверхні різних оправок, а також центруючі пальці або отвори.

При встановленні заготовок корпусних деталей базами можуть бути три площини; площина й два отвори; дві площини й отвір. Перша схема встановлення найпростіша і найнадійніша. Установчими елементами є опорні пластини та опорні штирі, як і в пристроях для звичайних верстатів. При встановленні заготовки за другою схемою установчими елементами є опорна пластина та пальці – центруючий (циліндричний) і фіксуючий (ромбічний). При використанні третьої схеми базування заготовку встановлюють двома площинами на опорні пластини або штирі та за допомогою грибового або індикаторного центрошукача виставляють за отвором, тобто заготовку в цьому разі часто встановлюють із

вивіркою за отвором. В усіх випадках опорні площини заготовок (бази) попередньо оброблюють на універсальних верстатах.

При встановленні корпусних заготовок на свердлильні, фрезерні та розточувальні верстати з ЧПК застосовують установчі елементи, які закріплюють у Т-подібних пазах стола верстата. Як установчі елементи використовують різні підкладки, планки, упори, домкрати тощо. Форма та розміри деяких з них регламентовані відповідними стандартами [7].

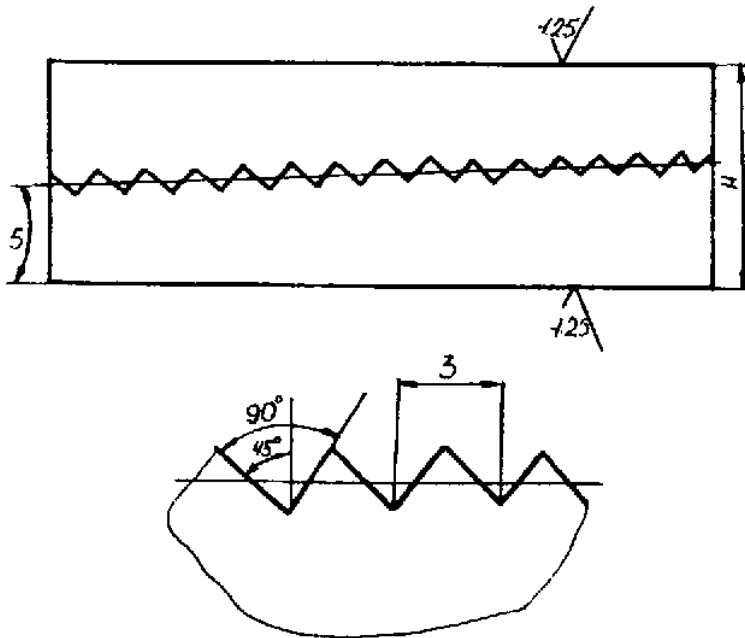


Рисунок 9.1. Схема регульованої зубчастої підкладки

Для встановлення заготовок на потрібній висоті від столу верстата використовують набори мірних підкладок і переналагоджувані регульовані підкладки і підставки, які дають змогу скоротити їх номенклатуру і час, що виграчається на добір потрібної висоти. Схему такої регульованої підкладки показано на рисунку 9.1. Підкладка складається з двох частин, на яких нарізані зуби. Висота  $H$  підкладки змінюється поздовжнім переміщенням верхньої частини підкладки відносно нижньої. При переміщенні верхньої планки на один зуб висота підкладки змінюється на 0,3 мм.

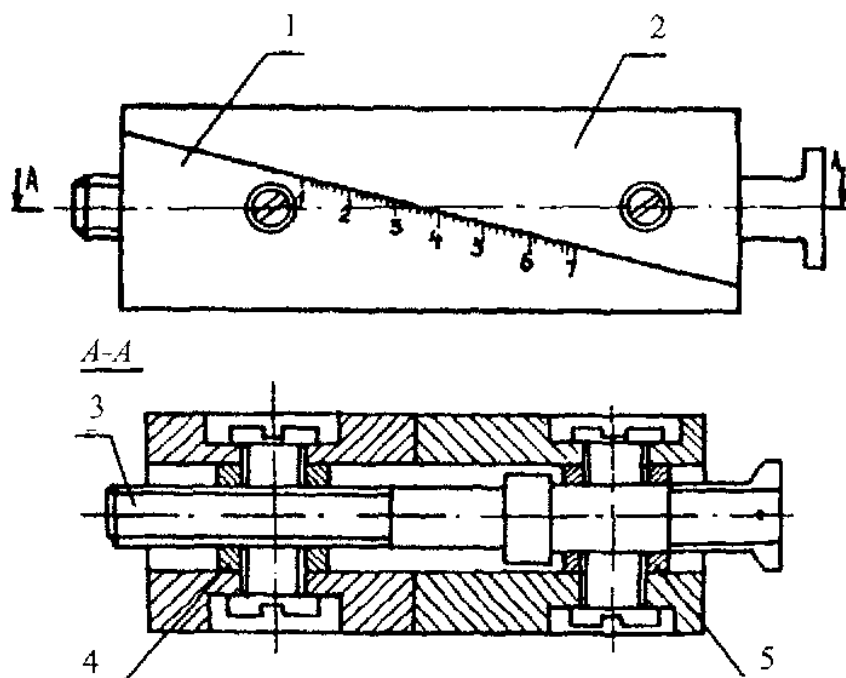


Рисунок 9.2. Схема регульованої нарізної підкладки

Широко використовують також нарізні підкладки (рисунки 9.2). Нарізна підкладка складається з трьох основних частин: верхньої 2 і нижньої 1, а також регульовального гвинта 3. Планки можуть переміщуватись одна відносно одної за напрямними типу ластівчин хвіст. При цьому висота підкладки змінюватиметься. Для здійснення такого переміщення використовують гвинт із накатною головкою, який обертають вручну. Гвинт з'єднується з гайкою 4, шарнірно закріпленою в нижній планці, і має осьовий упор у шарнірно закріплену втулку 5. Загальна висота підкладки може змінюватись до 7 мм. Переміщення верхньої планки по шкалі на 1 мм відповідає зміні висоти підкладки на 0,1 мм.

#### 9.4. Особливості конструкцій затискачів пристроїв

Затискачі пристроїв призначені для забезпечення надійного контакту заготовки з опорами пристрою та запобігання переміщенням і вібраціям заготовки при її обробці. Затискачі в пристроях для верстатів із ЧПК відіграють особливу роль.

Практика використання верстатів із ЧПК показує, що найчастіше заготовки встановлюють і закріплюють тоді, коли верстат не працює. При цьому навіть неістотне скорочення часу на закріплення заготовки може набагато підвищити ефективність використання верстатів із ЧПК. З огляду на це при конструюванні пристроїв особливу увагу звертають на швидкодію затискачів.

Оскільки при обробці заготовок на верстатах із ЧПК необхідно прагнути до якомога більшої кількості оброблюваних поверхонь без переустановлення деталей, конструкції затискачів не повинні перешкоджати підведенню різальних інструментів до всіх оброблюваних поверхонь. Ця вимога особливо важлива при використанні обробних центрів, коли працює багато різних інструментів.

Особливі вимоги до затискачів висуваються щодо забезпечення достатності затискних зусиль і надійності закріплення, а також до жорсткості елементів затискачів, оскільки від цього безпосередньо залежить точність обробки.

У пристроях для верстатів із ЧПК використовують як ручні, механізовані, так і автоматизовані затискачі. Ручні затискачі застосовують в основному для закріплення заготовок корпусних деталей, на обробку яких витрачають багато часу, а на закріплення і розкріплення в загальному балансі штучного часу витрачають небагато часу. При конструюванні ручних затискачів необхідно прагнути до використання стандартних і нормалізованих деталей і вузлів. Для цього, наприклад, доцільно застосовувати різні прихвати, опори для прихватів, клинові затискачі та інші елементи. Доцільно використовувати також універсальні переналагоджувані затискачі, які забезпечують закріплення заготовок із великим діапазоном розмірів. Наприклад, ефективно використовувати збірно-розбірні затискачі, що складаються з уніфікованих кріпильних елементів типу прихватів, опор, болтів і гайок; швидко переналагоджувані затискачі зі швидкознімними гайками, ексцентриками, механогідравлічними приводами; універсальні плити з гідрозатискачами.

Механізовані затискачі частіше використовують на одноопераційних верстатах із ЧПК, на закріплення заготовки яких витрачають багато допоміжного часу. Конструюють їх, як правило, із застосуванням швидкодійних пневматичних та гідравлічних приводів.

При цьому необхідно намагатися вмонтувати в конструкцію затискача нормалізовані пневмо- та гідроциліндри, що сприяє істотному зниженню вартості всього пристрою.

Дуже ефективними є затискачі з пневмогідравлічними підсилювачами тиску. Вони забезпечують достатню швидкодію, високий тиск робочої рідини (мастила), прості та зручні в експлуатації. Такі затискачі застосовують тоді, коли потрібні великі зусилля затиску. Одна з переваг таких приводів полягає в тому, що підсилювач тиску (пнеumoциліндр) може бути виконаний окремо й обслуговувати кілька гідроциліндрів одночасно.

Автоматизовані затискачі застосовують рідше, ніж ручні та механізовані, їх можна використовувати тоді, коли верстат із ЧПК (або дільниця верстатів) працює повністю в автоматичному режимі, оброблена заготовка встановлюється і знімається автоматично. У цьому разі широко використовують промислові маніпулятори. Керування автоматичними затискачами здійснюється за програмою верстата з ЧПК.

## **9.5 Пристрої для попереднього розмірного налагодження інструменту**

Використання числового програмного керування верстатами ґрунтується на застосуванні інструментів певних розмірів і певного розташування їх різальних кромek відносно початку координат верстата. Тому попередньо налагоджувати інструменти на потрібні розміри необхідно поза верстатом, що сприяє істотному зменшенню часу його простоїв при переналагодженні. За деякими даними, економія підготовчо-заключного часу завдяки попередньому налагодженню інструментів для верстатів із ЧПК токарної групи може досягати 45%, для горизонтально-розточувальних та інших верстатів – 30%. При цьому за координатними розмірами інструменти налагоджують незалежно від конкретної програми.

Ідея попереднього налагодження інструментів не нова. Спеціальні, агрегатні верстати та автоматичні лінії попередньо налагоджують вже давно. Проте при цьому використовують спеціальні пристрої, які недоцільно застосовувати для верстатів із ЧПК. Ці пристрої, як і самі верстати з ЧПК, повинні мати велику гнучкість, а також можливість швидкого переналагодження при переході до обробки інших заготовок. Точність встановлення координат різальних кромek інструментів безпосередньо впливає на точність обробки деталей. Тому до цих пристроїв висуваються особливі вимоги

щодо точності налагодження за однією або кількома координатами.

Конструкція і робота пристроїв для попереднього налагодження інструментів може ґрунтуватися на трьох основних методах.

1. Контактний метод – за допомогою індикатора. Точність налагодження залежить від ціни поділки приладу.

2. Оптичний метод – за допомогою окулярного або проєкційного мікроскопа.

3. Метод відліку за таблом.

За функціональним призначенням пристрої для попереднього налагодження інструментів поділяють на три групи:

- для налагодження мірного осевого інструменту;
- для налагодження токарних різців;
- для налагодження борштанг з обертовим інструментом.

Перша група пристроїв призначена для налагодження різальних інструментів (свердел, зенкерів, розверток, мітчиків) за однією координатою (вздовж осі). Інструмент встановлюють у регульовані перехідні втулки, за допомогою яких можна змінювати координату (відстань різальних кромок відносно посадочного місця втулки). Типовим представником цієї групи є універсальний пристрій, схему якого зображено на рисунку 9.3. На основі 1 закріплені два стояки 2 і 3, в які вставлено валики 4 і 5. У стояк 2 запресовано постійну втулку 6, що призначена для встановлення в неї різних змінних втулок 7. Інструмент налагоджують за допомогою еталона довжини, який є валиком довжиною  $L_1$ . При цьому спочатку встановлюють положення відкидної скоби 8 відносно кільця 9, скобу закріплюють за допомогою гвинта 10. Потім налагоджуваний блок інструменту разом із регульованою втулкою встановлюють у змінну втулку 7.

Після цього відкидну скобу 8 встановлюють у робоче положення. Довжину інструменту регулюють за допомогою гайок до упору інструменту в торець скоби 8. При цьому виліт інструменту відповідатиме  $L_1$ .

Пристрої для налагодження токарних різців призначені для надання різальним кромкам інструменту двох потрібних координат – за радіусом і вздовж осі обробки. При налагодженні різальні інструменти (різці) розташовують у тих самих інструментальних блоках, що й на верстаті з ЧПК. Положення різальних кромок

контролюють за допомогою оптичного методу із застосуванням окулярних мікроскопів із 30-кратним збільшенням. Вітчизняною промисловістю випускається кілька моделей таких пристроїв:

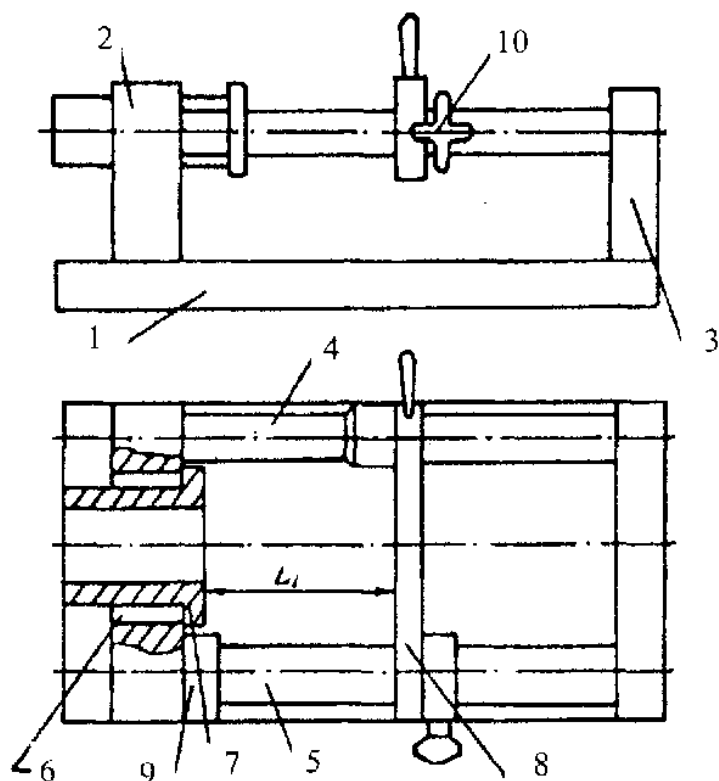


Рисунок 9.3. Схеми універсального пристосування для попереднього налаштування довжини осевого інструменту

Модель 2010 – призначений для попереднього встановлення в двох горизонтальних координатах як різців в інструментальних блоках верстатів токарної групи, так і обертаючого інструмента в оправках і на борштангах верстатів свердлильної і розточувальної групи; моделі 2011, 2026 – для розмірного налаштування різців до верстатів токарної групи; модель 2012 – для попереднього налагодження різального інструмента в інструментальних блоках карусельних верстатів з ЧПК по заданим розмірам в двох горизонтальних площинах; моделі 2015, 2027 – для розмірного налагодження інструменту для верстатів свердлильної, розточувальної і фрезерної груп, та ін.



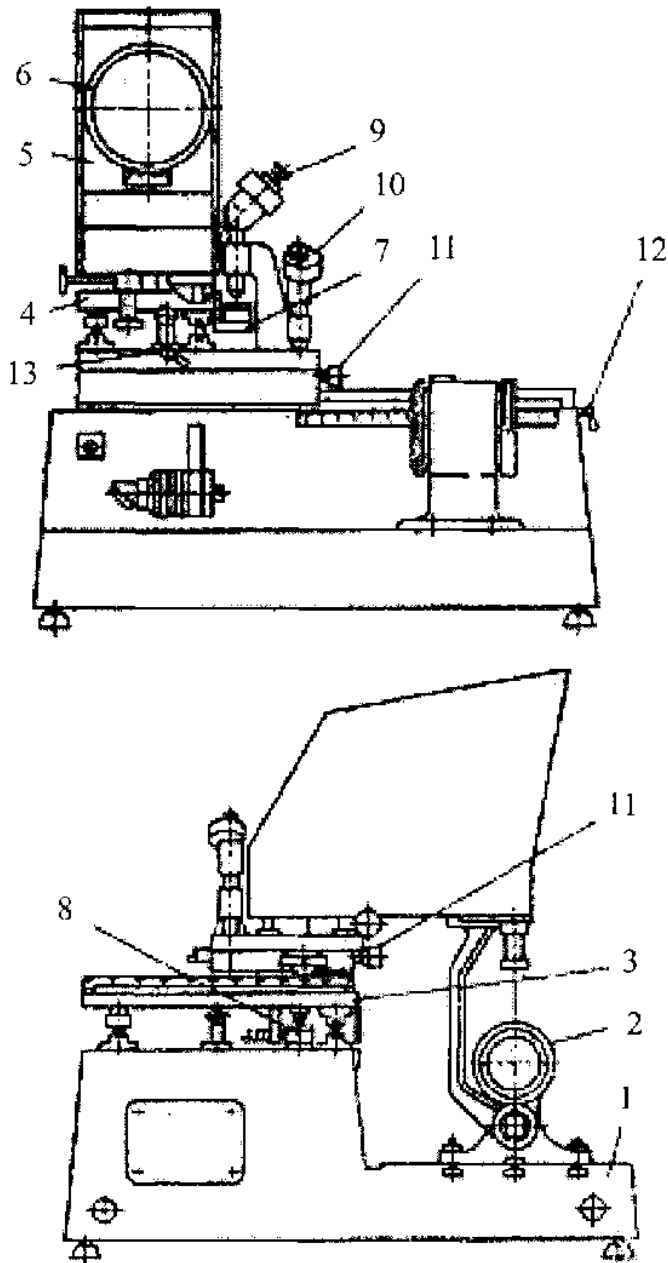


Рисунок 9.4. Прилад для розмірного налагодження інструмента моделі 2010

На рисунку 9.4 показано схему приладу моделі 2010. Прилад складається зі ступінчастої станини 1, на площини нижнього східця якої є Т-подібні пази для встановлення перехідників – адаптерів (що імітують базуючи поверхні верстатів токарної групи для встановлення інструментальних блоків), або шпindelної бабки 2 для встановлення борштанг. На верхній поверхні станини знаходяться нижня 3 і верхня 4 каретки, які переміщуються відповідно у повздовжньому і поперечному напрямках. На верхній каретці встановлено візирне пристосування 5, виконане у виді проєкційного мікроскопу. На поворотному екрані 6 проєктора є штрихове перехрестя.

Для встановлення інструментальних блоків на поверхні приладу встановлюють змінні перехідники-адаптери. Встановлення адаптера по двох координатах відносно нульових точок системи відліку провадиться по контрольному шаблону, який імітує дві грані різця з певними розмірами відносно базових поверхонь шаблону. Каретки з проєктором встановлюють на координати, що відповідають розмірам контрольного шаблону. Адаптер з шаблоном встановлюється і закріплюється на станині приладу таким чином, щоб грані шаблону збіглись з перехрестям проєктора. Потім калібр знімається з адаптера, і проєктор налагоджується на розмір інструмента згідно з координатами, що вказані в карті налагодження. Попереднє встановлення проєктора на задані координати здійснюється переміщенням каретки по оптичних шкалах 7 і 8 скляних лінійок і відлікових мікроскопах 9 і 10. Точне встановлення проєктора здійснюється мікрометричними гвинтами 11. Після встановлення проєктора на задані координати положення кареток фіксується стопорними гвинтами 12. Налагодження інструмента на задані розміри координат здійснюється переміщенням різця гвинтами настроювання в положення, при якому його різальні кромки будуть збігатись з перехрестям проєктора, після чого різець закріплюється. Точність налагодження інструмента по кожній координаті 0,005 мм. Перевірка положення різальної кромки інструмента по вертикалі здійснюється індикатором годинникового типу, який встановлено на окремому стояку. При необхідності встановлення різця на потрібний кут перехрестя попередньо встановлюється по кутомірній головці.

Технічна характеристика приладу наведена нижче.

### Технічна характеристика приладу

Збільшення проектора, крат	30
Лінійне поле зору об'єктива проектора, мм	6,5
Робоча ділянка екрана проектора, мм	200
Відстань від базової площини основи до різальної кромки інструмента, мм	$200 \pm 2$
Відстань від різальної кромки інструмента до оправи об'єктива проектора, мм	$80 \pm 2$
Робоче переміщення кареток, мм:	
повздовжнє	300
поперечне	200
Межа допустимої похибки встановлення, координат, мм:	
поперечної	0,015
повздовжньої	0,015
Ціна поділки і крок дискретності, мм	0,001
Габаритні розміри, мм	700×970×960

Пристрої для налагодження обертального інструменту, як правило, виконують вертикально. За допомогою таких пристроїв налагоджують борштанги з інструментом для верстатів фрезерної, свердлильної та розточувальної груп за двома координатами – діаметром і довжиною. Для налагодження державку або борштангу з інструментом встановлюють у конічне гніздо шпинделя пристрою. Після налагодження інструменту за допомогою оптичної системи його жорстко прикріплюють до борштанги або державки. Точність налагодження не перевищує 0,01 мм.

### 9.6. Пристрої для зміни заготовок і пристроїв

Обробка на верстатах із ЧПК має передбачати мінімальний допоміжний час, який в основному визначається зміною оброблюваних заготовок і пристроїв для них. Для скорочення часу простоїв верстатів використовують два основних методи:

- зміну заготовок поза робочою зоною, верстата;
- зміну заготовок поза верстатом.

Основний принцип скорочення часу простоїв полягає в суміщенні зміни заготовок із часом роботи верстата.

Перший метод можна реалізувати, застосовуючи кілька різних пристроїв. Розглянемо їх.

1. На вертикальних фрезерно-свердлильно-розточувальних верстатах при обробці заготовок невеликих габаритних розмірів дуже ефективно застосовувати пристрої для маятникової або човникової обробки. Тут передбачається використання одночасно двох однакових або різних (за конструкцією і призначенням) пристроїв. Обидва пристрої встановлюють на столі верстата:

перший – у робочій позиції, другий – у позиції завантаження. У першому пристрої заготовка оброблюється за заданою програмою, у другому знімається оброблена заготовка та закріплюється нова. Час простою верстата зводиться до мінімуму, оскільки він витрачається лише на транспортування пристроїв з однієї позиції в іншу. Транспортним механізмом є стіл верстата, який переміщується з однієї позиції в іншу з великою швидкістю холостого ходу. Обидва пристрої певним чином орієнтуються на столі верстата відносно його "нульової точки". При використанні двох однакових пристроїв-дублерів у кожному з них по черзі оброблюється одна й та сама група поверхонь заготовки за однією програмою. При встановленні двох різних за конструкцією пристроїв оброблюються різні групи поверхонь однієї заготовки з її переустановленням або двох різних заготовок, кожної в певному пристрої за певною програмою. І в першому, і в другому випадку необхідний запас лише однієї заготовки. Розглянутий спосіб зміни заготовок незважаючи на підвищені витрати на виготовлення двох (замість одного) пристроїв виявляється дуже ефективним, особливо при коротких циклах обробки, коли час на зміну заготовки займає велику частину штучного часу.

2. Спосіб зміни заготовки поза робочою зоною верстата оснований на використанні двопозиційних поворотних столів, які встановлюють на основний стіл верстата. Принцип суміщення часу на зміну заготовки з часом роботи верстата аналогічний розглянутому. Відмінність полягає лише в тому, що позиція пристрою змінюється не поступальним рухом, а обертальним переміщенням поворотного столу на кут  $180^\circ$ . Застосовують три типорозміри поворотних столів.

3. Скоротити час простоїв верстатів із ЧПК можна також застосовуючи багатопозиційні пристрої, які встановлюють на поворотних столах. У цьому разі основним елементом пристрою є корпусні деталі, які виконують у вигляді косинців або блоків коробчастого перерізу. Косинці мають дві робочі поверхні з отворами для монтажу установчих і затискних пристосувань. Блоки коробчастого перерізу мають відповідно чотири робочі поверхні. Час простою верстата при використанні таких пристроїв визначається часом повороту столу на кут  $180$  або  $90^\circ$ .

4. Зміну заготовок поза верстатом широко застосовують при обробці заготовок корпусних деталей на обробних центрах. При цьому використовують комплект із двох пристроїв, які по черзі встановлюють на столі верстата разом із закріпленою в них заготовкою. У пристрої, встановленому на столі верстата, обробка виконується за заданою програмою, а в пристрої, знятому з верстата, розкріплюється і знімається оброблена заготовка та встановлюється наступна. За рахунок такого суміщення часу допоміжних дій з часом обробки простої верстата з ЧПК зводяться до мінімуму і визначаються лише часом, який витрачається на встановлення пристрою. Пристрої разом із встановленими в них заготовками транспортуються кранами.

Пристрої встановлюють і закріплюють на перехідних плитах, які називають ще **палетами**, або **піддонами**. Вони мають сітку Т-подібних пазів для закріплення різних пристроїв. Як перехідні плити можна використовувати також базові плити УЗП. При переході до обробки нової партії заготовок пристрої змінюють у процесі обробки останньої заготовки з попередньої партії. Для зменшення часу на переустановка пристрою замість традиційних напрямних шпонок, які пригвинчують знизу до корпусу пристрою, у корпусі роблять паз, а центруючі елементи – високі шпонки в великих західних фасках – встановлюють у Т-подібний поз столу верстата. Для швидкого закріплення та розкріплення пристроїв застосовують швидкодіючі ручні або механізовані затискачі з відсовуваними або поворотними прихватами. Широко використовують також універсальні пневмогідрравлічні та гідрравлічні затискачі для закріплення перехідних плит. При використанні ручних затискачів для закріплення пристроїв застосовують механічні, пневматичні, гідрравлічні та електричні гайковерти. Затискачі виконують, як правило, найпростішими,

ручними, оскільки заготовки встановлюють під час роботи верстата. Крім того, підведення робочого середовища до пневмо- чи гідрозатискачів пристроїв, які встановлюють на стіл верстата по черзі, є досить складною проблемою. Подальшим напрямом скорочення часу простоїв верстатів із ЧПК є механізація та автоматизація зміни заготовок і пристроїв. При цьому найперспективнішим є використання промислових роботів – швидкопереналаджувальних маніпуляторів із програмним керуванням.

### **9.7. Особливості конструкцій пристроїв до фрезерно-свердлильно-розточувальних верстатів і обробних центрів**

Серед пристроїв для верстатів даної групи особливе місце належить універсальним переналаджувальним пристроям, таким як трикулачкові патрони, косинці, ділильні столи, стояки, лещата та ін. Використання таких пристроїв сприяє істотному зменшенню вартості оснащення порівняно зі спеціальними, а також скороченню термінів підготовки виробництва. Розглянемо основні різновиди цих пристроїв.

1. Найширше використовують верстатні лещата різних конструкцій. Силовим органом у них найчастіше є гвинтові пари, рідше – пневматичні циліндри та пневмокамери, гідравлічні циліндри, механо- та пневмогідравлічні приводи. Лещата використовують двох типів – поворотні та стаціонарні. Матеріалами для виготовлення деталей є високоміцні чавуни, вуглецеві та леговані сталі, які піддають відповідній термообробці та шліфуванню робочих поверхонь, що сприяє підвищенню точності та надійності закріплення заготовок. Часто використовують змінні кулачки, які забезпечують встановлення заготовок різної конфігурації та розмірів. Взаємне розташування губок лещат можна регулювати. Відносно "нульової точки" верстата лещата орієнтують за допомогою трьох загартованих шпонок, які встановлюють на нижній поверхні корпусу.

2. Для обробки заготовок з отворами, осі яких розташовані по колу, застосовують ділильні столи з програмним керуванням. Оброблювану заготовку, яку встановлюють на такому столі, закріплюють за допомогою змінних затискачів і установчих елемен-

тів, що входять у комплект столу. Зміною позиції оброблюваної заготовки керує програмонасій верстат з ЧПК. Такі столи можна використовувати також для обробки заготовок корпусних деталей по черзі з кількох боків на верстатах із горизонтальним розташуванням шпинделів.

3. За допомогою ділильних столів оброблюють отвори, пази, вікна, канавки, розташовані на поверхнях різних боків заготовок. Їх поділяють на одно- та двоопорні. Оброблювану заготовку встановлюють і закріплюють або безпосередньо на планшайбі ділильного стола, або в установчо-затискних елементах, змонтованих на ній. Повертати ділильний стол на потрібний кут можна або вручну, або автоматично за рахунок числового програмного керування.

4. Для встановлення та закріплення заготовок при обробці на верстатах з горизонтальним шпинделем на багатьох підприємствах використовують косинці та блоки коробчастого перерізу, які встановлюють на поворотних столах. Косинці мають дві, а блоки коробчастого перерізу – відповідно чотири площини, призначені для закріплення на них заготовок за допомогою змінних елементів, які монтують на сітці Т-подібних пазів. Форма та конструкція цих пристроїв забезпечують велику жорсткість, а отже, і високу точність обробки. Схеми таких блоків показано на рисунку 9.5.

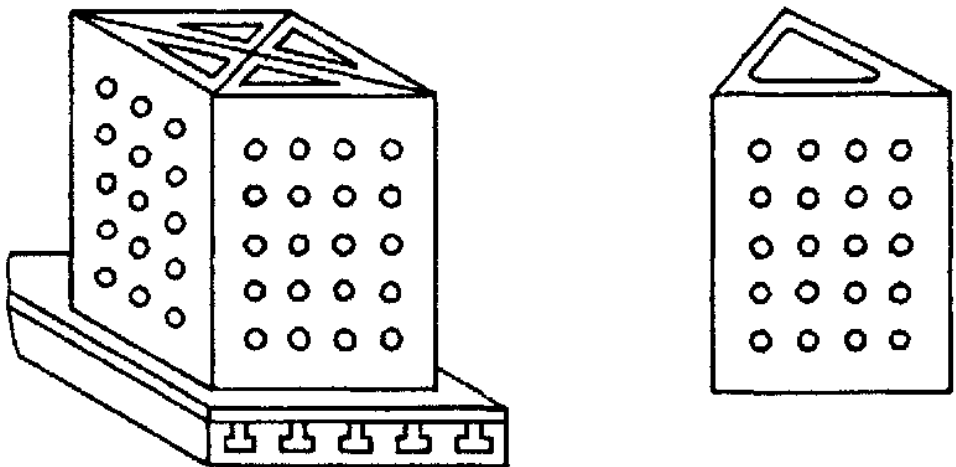


Рисунок 9.5. Схема комплекту базових пристроїв

## 9.8. Особливості конструкції допоміжного інструменту

Конструкція допоміжного інструменту (для встановлення та закріплення різальних інструментів) істотно впливає на час, який витрачається на зміну, підналагодження інструментів, а також на точність обробки та ефективність використання верстатів із ЧПК у цілому.

Пристрої для встановлення та закріплення обертового інструменту (свердел, зенкерів, розверток, мітчиків, борштанг) мають забезпечувати високу точність обробки деталей при передачі максимального крутного моменту й осьової сили. Напрямні елементи (кондукторні втулки) на верстатах із ЧПК не застосовують, оскільки це ускладнює умови роботи обертового інструменту. Тому до таких пристроїв висуваються підвищені вимоги щодо точності, жорсткості, міцності та вібростійкості. Крім того, допоміжний інструмент має забезпечувати можливість регулювання положення інструменту та його легкої і швидкої заміни.

Для встановлення в шпинделі верстата обертових інструментів застосовують перехідні патрони, оправки і втулки різних конструкцій. При цьому інструмент можна змінювати як вручну (ручний допоміжний інструмент), так і автоматично.

Допоміжний інструмент для верстатів з автоматичною зміною інструментів повинен мати ще одну конструктивну особливість – наявність спеціальних місць для захоплення інструменту маніпулятором і кодуєчих кілець для автоматичного вибору інструменту з магазину.

Конструкція перехідних патронів і оправок передбачає використання як циліндричних, так і конічних хвостовиків для встановлення їх у шпиндель верстата.

Застосування перехідних патронів і оправок із циліндричним хвостовиком передбачає наявність центруючо-затискних механізмів для закріплення їх у шпинделі верстата, що є суттєвим недоліком, оскільки при цьому набагато ускладнюється конструкція шпинделя. Другий недолік таких пристроїв – можливість осьового зміщення в процесі обробки, невисока жорсткість у радіальному напрямі.

З огляду на зазначене ширше застосовують перехідні патрони й оправки з конічним хвостовиком – із коротким крутим конусом 7:24. Вони мають вищу точність центрування, більшу жорсткість,



вібростійкість, не потребують складних центруючих пристроїв. Недоліки – похибка встановлення в осьовому напрямі та відсутність можливості регулювання інструменту за довжиною.

В наш час для верстатів із ЧПК свердлильно-розточувальної групи розроблено систему інструментального оснащення, що складається з набору уніфікованих допоміжних і різальних інструментів. Ця система дає змогу створити комплект оснащення для обробки будь-яких поверхонь корпусних деталей середньої складності. Пристрої, що входять у комплект, призначені для встановлення свердел, зенкерів, розверток, мітчиків, фрез як з конічним, так і з циліндричним хвостовиками. Виготовляють їх зі сталі 20Х або 18ХГТ із цементуванням і загартуванням до *HRC 53...57* для забезпечення великої жорсткості та стійкості проти спрацювання [9].

Для автоматичної зміни інструменту на багатоопераційних верстатах із ЧПК його потрібно закодувати. При цьому передбачається, що послідовність завантаження магазину інструментом може бути будь-якою, а кожний конкретний інструмент не має певного місця в магазині. Кодування інструменту полягає в установленні на нього в певній послідовності набору кілець різного діаметра. При повороті магазину оправка, яка проходить через кінцевий вимикач-датчик, замикає кільцями його контакти. Якщо код оправки збігається з кодом, записаним у програмі, магазин зупиняється, і гніздо магазину з потрібним інструментом перебуватиме в позиції зміни інструменту. Необхідний інструмент відшукується в процесі роботи верстата, що скорочує час простою останнього. Кількість кілець має відповідати кількості позицій кінцевих вимикачів. Для цього в багатьох закордонних фірмах застосовують набір із 15 кілець, який забезпечує кодування 32767 інструментів без повторення коду.

Допоміжний інструмент для токарних верстатів із ЧПК принципово відрізняється за конструкцією від пристосувань для закріплення обертових інструментів. Найчастіше його виконують у вигляді державок, які встановлюють на револьверних головках або поперечних супортах верстатів. До допоміжного інструменту для токарних верстатів висувають такі вимоги:

- підвищена жорсткість в усіх напрямках прикладання зусиль різання;
- мінімальна похибка встановлення державки на верстаті;

- можливість легкого та швидкого налагодження різального інструменту на потрібний розмір поза верстатом;
- підвищення надійності закріплення інструментів;
- простота конструкції та невелика трудомісткість виготовлення;
- можливість встановлення різних типів інструментів і борштанг.

Для встановлення державок у револьверну головку останні виконують із циліндричним хвостовиком або з напрямними типу ластівчин хвіст; для встановлення їх у поперечні супорти передбачають лише напрямні.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Яку особливу роль відіграють пристрої при обробці деталей на верстатах із ЧПК?
2. Основні особливості оснащення, яке застосовують на верстатах із ЧПК.
3. Особливості конструкції установчих елементів.
4. Особливості конструкції затискачів пристроїв.
5. Пристрої для попереднього налагодження за розмірами інструменту: призначення, вимоги до них, переваги та недоліки. Наведіть приклади конструкцій.
6. Механізми для зміни заготовок і пристроїв: типи, принцип дії, переваги та недоліки, приклади.
7. Особливості конструкції пристроїв до фрезерно-розточувальних верстатів і обробних центрів: типи, принцип дії, переваги та недоліки, приклади.
8. Особливості конструкції допоміжного інструменту.

# ТЕМА 10

## Пристрої для автоматизованого виробництва

Залежно від типу та стадії підготовки в автоматизованому виробництві застосовують:

- 1) універсальні верстати, що дають змогу швидко переналагоджувати їх на виробництво нових виробів;
- 2) спеціальні верстати, переважно агрегатні;
- 3) спеціальні верстати, що працюють за замкненим циклом.

Кожний вид обладнання потребує відповідного технологічного оснащення, яке можна поділити на дві групи:

- пристрої для універсального та спеціального обладнання;
- пристрої для агрегатних верстатів та автоматичних ліній.

### 10.1. Автоматизація пристроїв для універсального та спеціального обладнання

Аналіз різних операцій механічної обробки та складання показує, що частка допоміжного часу в штучному часі часто перевищує 40%. Зменшення основного часу призводить до збільшення частки допоміжного часу. Тому намагаються автоматизувати роботу пристроїв, забезпечуючи підвищення продуктивності, полегшення праці та вивільнення обслуговуючого персоналу.

При частковій автоматизації пристроїв виконують один або кілька прийомів роботи: встановлення та знімання заготовок, закріплення та відкріплення, виштовхування заготовок із робочої зони після виконання операції, обертання, фіксацію та закріплення поворотних частин багатопозиційних пристроїв, обмірювання заготовок при обробці. У найдосконалішому вигляді вимірювальний пристрій керує механізмами подачі та зупинки верстата, виконуючи функції активного контролю.

При повній автоматизації пристрою та циклу обробки ця технологічна операція може виконуватися без участі робітника, який повинен лише своєчасно завантажувати заготовками бункер (магазин) і стежити за роботою верстата та пристрою.

Застосування автоматизованих пристроїв дає змогу автоматизувати технологічні процеси, використовуючи дешеві універсальні верстати і "перетворюючи" їх на напівавтомати та автомати.

Проте в цьому разі потрібно мати допоміжні керуючі та транспортуючі механізми.

В автоматизованих пристроях має виключатися неправильне встановлення заготовки. Для цього застосовують блокувані та запобіжні засоби, а також габарити (в автоматичних лініях). При неправильному положенні (або відсутності) заготовок верстат зупиняється.

Привод автоматизованих пристроїв можна виконувати механічним, пневматичним, гідравлічним, пневмогідравлічним, електричним і комбінованим.

Керування приводами здійснюють кулачками, упорами, сервозолотниками та кінцевими вимикачами. На ці елементи звичайно діють органами верстата, що переміщуються (столами фрезерних верстатів), шпинделями розточувального або свердлильного верстата. Для цього застосовують також командоапарати.

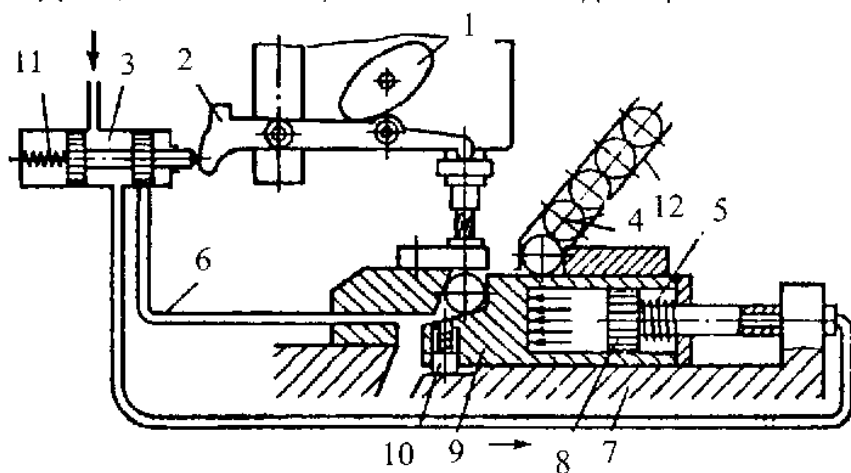


Рисунок 10.1. Схема автоматизованого свердлильного пристрою

Розглянемо деякі автоматизовані пристрої. На рисунку 10.1 показано схему автоматизованого свердлильного пристрою. Для одержання безперервного зворотно-поступального руху шпинделя верстата на валу колеса рейкового механізму подачі встановлено кулачок 1 подачі, який знаходиться у постійному зіткненні з роликком кулачка 2. При обертанні вала кулачок 1 діє на кулачок 2, правий кінець якого натискає на фланець шпинделя верстата, відбувається робоча подача шпинделя. Зворотний хід шпинделя здійснює контрвантаж, що розміщений у станині верстата. Кулачок 2 керує гідро-

розподільником 3, який регулює надходження повітря в пневмоциліндр 9. Пристрій складається з нерухомого корпусу 7 з закріпленому на ньому штоком і поршнем 8, затискного пристосування і рухомого пневмоциліндра 9. Завантаження заготовок 4 відбувається з магазину 12. Після того, як отвір просвердлено і шпindel піднімається вверх, кулачок 2 повертається своєю западиною до штока гідророзподільника 3. І під дією пружини 11 поршні гідророзподільника переміщуються вправо, перекриваючи отвір для подачі стиснутого повітря і з'єднуючи робочу порожнину пневмоциліндра 9 з атмосферою. Під дією пружини 5 циліндр починає переміщуватись вправо. При цьому просвердлена заготовка скочується вниз, а відпрацьоване повітря, виходячи через канал 6, очищує робочу зону пристрою від стружки. Переміщення вправо відбувається до тих пір, поки чергова заготовка з магазину не опуститься в паз циліндра. Кулачок 1 обертається безперервно, і при опусканні шпінделя кулачок 2 змістить поршень гідророзподільника вліво і знову з'єднає пневмоциліндр 9 з мережею, що підводить повітря. Пневмоциліндр 9 починає переміщуватись вліво і подасть заготовку в зону обробки. Від випадіння при переміщенні заготовку утримує підпружинений плунжер 10.

Загальний вид пристрою, що діє від черв'яка механізму подачі свердлильного верстата типу 2125, показано на рисунку 10.2, *а*. Поворотний стіл 2, встановлений на столі 1 верстата, приводиться в обертання шарнірним валиком 3. Подача свердлильної головки 4 здійснюється безперервно обертаючим кулачком 5 за допомогою важеля 6. Зворотне переміщення головки здійснюється контрвантажем, розташованим в станині верстата. Шарнірний валик 7 приєднаний до черв'яка (рисунок 10.2, *б*). В кронштейн 19 верстата встановлено втулку 9 з підшипником 8 для черв'яка 7. Муфта 18 з'єднує черв'як з валиком 17, який через дві шарнірні муфти 13 і 14 передає обертання механізму поворотного стола 2. Муфта 14 зв'язана з валиком 17 за допомогою сегментної шпонки 15 і одночасно підвішена на ковзаючій втулці 16. Виступ 10 цієї втулки використовується для вмикання ділильного механізму стола 2. Вмикання провадиться регульованим упором 11, який зв'язаний з головкою 4 (рисунок 10.2, *а*) за допомогою планки 12 (рисунок 10.2, *б*). Після закінчення свердління, тобто при русі головки вверх, упор 11, діючи на виступ 10 втулки 16, піднімає її і вмикає ділильний механізм поворотного столу.



Надто перспективна механізація і автоматизація повороту пристроїв за допомогою пневматики. Проте, надмірна швидкість дії пневмоприводу створює великий розгін поворотної планшайби і при використанні для її повороту храпового механізму призводить до того, що планшайба втрачає зв'язок з цим механізмом, а фіксатор під дією пружини не встигає потрапити у чергову втулку, або це попадання супроводжується ударом, що призводить до передчасного зношування деталей і до втрати точності ділення. Щоб запобігти цьому, застосовують гідравлічні демпфери для регулювання швидкості руху пневмоштока або спеціальні гальма для гальмування обертаючої планшайби.

Спеціальний тормоз показано на рисунку 10.3. Диск 5, що несе собачку 6, своїм зубчастим сектором переміщує рейку 4, яка притискує гальмівну колодку 2 до циліндричного кільця 3, закріпленому на нижній площині поворотної планшайби 7. Гайки 1 дозволяють регулювати час і силу гальмування.

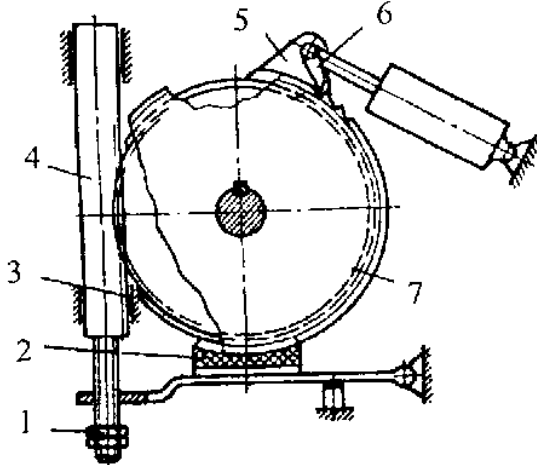


Рисунок 10.3. Гальмо до поворотного диску стола

Для запобігання зсуву планшайби при відносно малих кроках повороту використовують, так звані, “крокуючі” механізми у виді двох клинів, що послідовно переміщуються (рисунок 10.4, а). При повороті зубчастого колеса 2 по стрілці А на деякий кут клин 3 виходить із втулки 4, а клин 1, що зміщений відносно втулки 6 на половину кроку, западає в цю втулку і повертає диск 5 пристрою на половину кроку. Коли колесо 2 повертається у зворотний бік, клин 3 поверне диск 5 ще на половину кроку. Оскільки один з клинів частково завжди знаходиться в одній з втулок, виключається довільний розгон і зсув диска відносно фіксатора (клина).

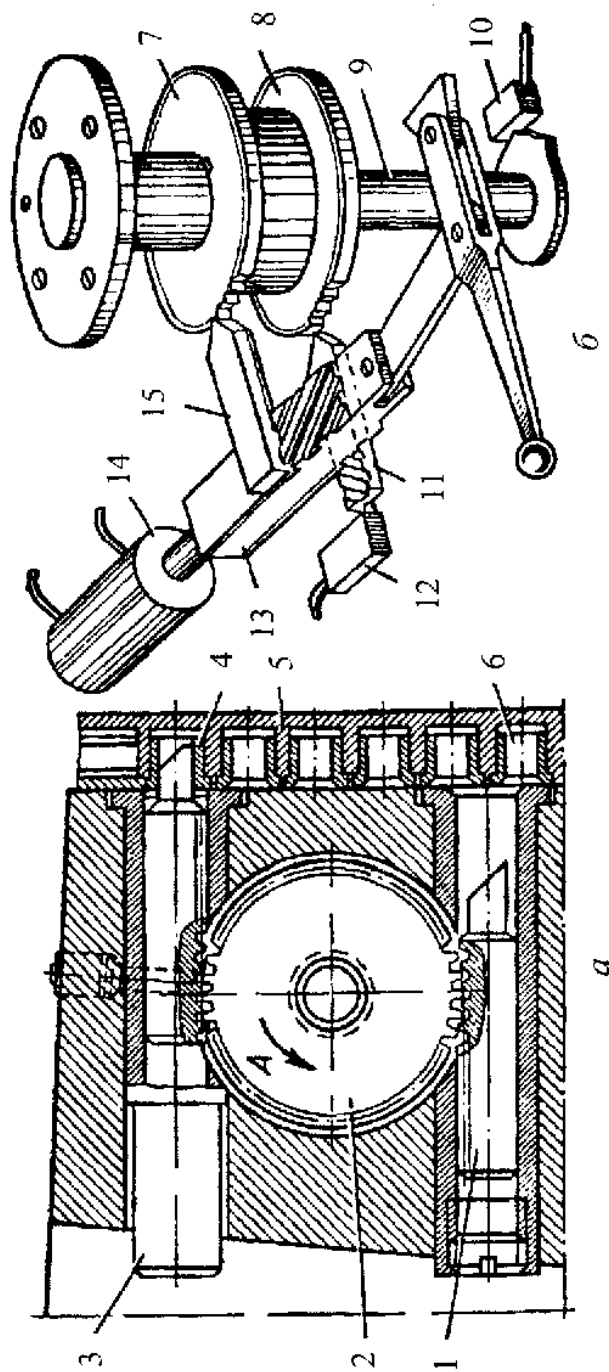


Рисунок 10.4. Двоклинові „крокуючі” механізми



Керування цим механізмом може бути ручним, механізованим і автоматизованим.

Гранично малий крок ділення визначається розмірами зовнішніх діаметрів втулок і мінімальною перемичкою між ними. Довільно малий крок повороту можна отримати, застосувавши два ділильні диска на одній осі (рисунок 10.4, б). На осі 9 поворотного пристрою закріплено два ділильні диска 7 і 8 з однаковою кількістю пазів, але зміщених один відносно одного на половину кроку. Клини 11 і 15 переміщуються поступально в протилежні боки за допомогою двобічної косозубої рейки 13, яка приводиться в дію пневмоприводом 14. За допомогою кінцевих вимикачів 12, що діють на соленоїди золотників, можлива повна автоматизація роботи ділильного механізму. Кінцевий вимикач 10 служить для автоматичної зупинки пристрою через кожні  $360^\circ$ . У випадках, коли зміна заготовок провадиться під час роботи верстата, необхідність у даному вимикачі відпадає.

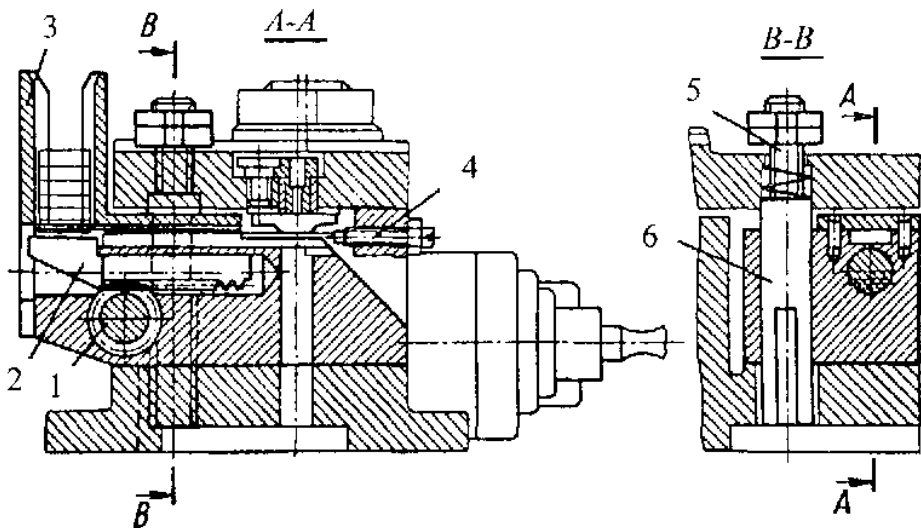


Рисунок 10.5. Схема автоматизації скальчастого кондуктора

Скальчастий кондуктор, в якому завантаження і видалення заготовок, а також очищення установчих поверхонь від стружки виконують автоматично, показаний на рисунку 10.5. При повороті рукоятки, якою звичайно здійснюється підйом і опускання кондукторної плити, рейковий валик 6 приводить в дію зубчастий валик 1 і рейку 2. Валик 1 і рейка 2 служать для подачі заготовок із бункера

З до робочого місця (під кондукторну втулку). При підйомі кондукторної плити рейка 2 переміщується вліво настільки, що чергова оброблювана заготовка падає з бункера і пересувається виступом рейки вправо при опусканні плити. Одночасно відбувається переміщення вправо по горизонтальному напрямному жолобу всіх заготовок, включаючи і оброблену, причому остання падає на стіл верстата, а чергова, дійшовши до гвинта 4, що опустився разом з плитою, займає місце обробленої заготовки. При переміщенні заготовок по жолобу одночасно відбувається очищення його від стружки. В розглядуваній конструкції передбачено пружину 5, без якої внаслідок відхилень розмірів довжин заготовок неможливо здійснити одночасно закріплення заготовки і підтискання її до гвинта 4.

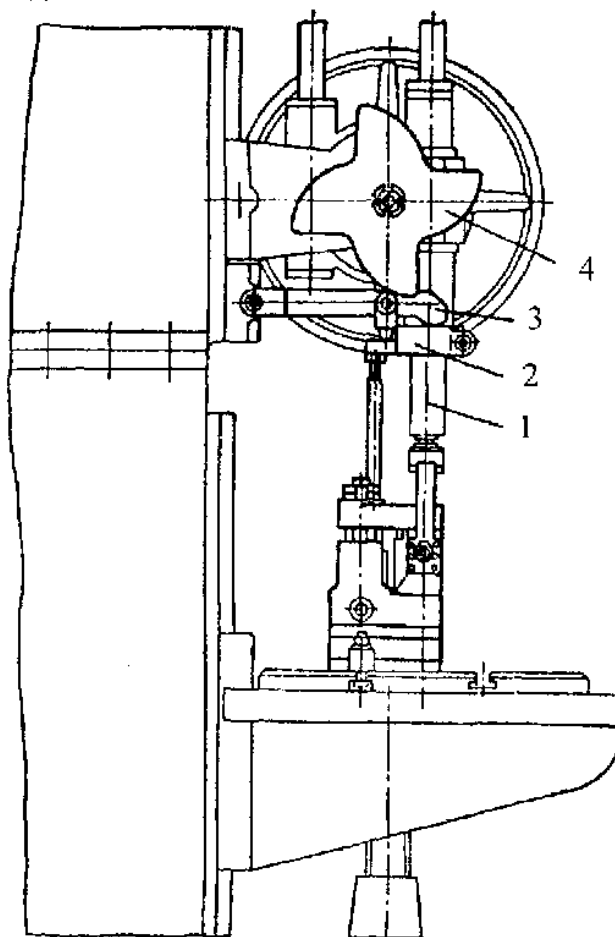


Рисунок 10.6. Схема встановлення автоматизованого кондуктора

Рух кондукторної плити у розглядуваному пристрої провадиться вручну. Тому подальшим кроком удосконалення скальчастих кондукторів є передача ручних функцій механізму подачі шпинделя верстата.

Модернізований механізм подачі показано на рисунку 10.6. Встановлення деталей не потребує додаткової доробки корпуса верстата. На місце зубчастого валика свердлильної головки верстата встановлено порожнистий валик з закріпленням на його кінці кулачком 4. При обертанні кулачок діє на важіль 3, який за допомогою хомута 2 здійснює подачу шпинделя 1.

Зворотний рух шпинделя здійснюється контрвантажем, розміщеним в станині верстата.

Подальша механізація скальчастих кондукторів може бути спрямована на заміну ручного привода пневматичним. Оскільки керування золотником пневматичного пристосування може здійснюватися ногою педаллю, при використанні таких пристосувань звільняються обидві руки робітника.

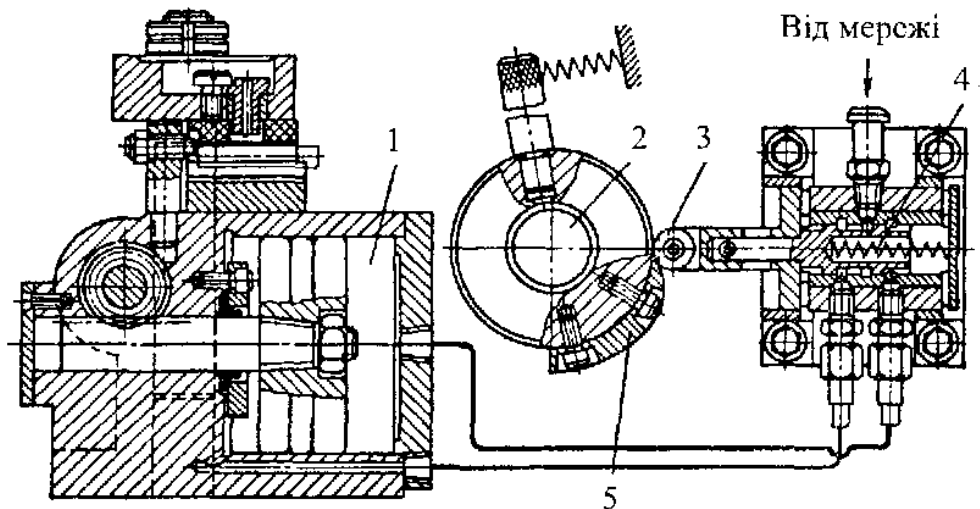


Рисунок 10.7. Пневматичний скальчастий кондуктор з автоматично діючим повітрярозподільним краном

Конструкція пневматичного скальчастого кондуктора з горизонтальним розташуванням циліндра і з автоматичним перемиканням повітря показана на рисунку 10.7. Для перемикання повітря використано розподільний кран. На валу 2 керування подачею верстата

закріплено кулачок 5, який при своєму обертанні разом з валом, діючи на ролик 3 крана, забезпечує впуск повітря в циліндр 1 для затиску заготовки. У вихідне положення кран приводиться пружиною 4.

Схему автоматизованого пристрою до двостороннього верстата для зняття фасок в отворах втулок показано на рисунку 10.8, а. Пристрій має два гідроциліндри. Циліндр 1 використовують для закріплення заготовок, циліндр 2 – для подачі заготовок з лотка 3 на робочу позицію 4 і виштовхування з неї оброблених деталей. Керування циліндрами 1 і 2 (рисунком 10.8, б) здійснюється золотниками 6 і 7, на які діє кулачок 5, закріплений на одній із шпindelних бабок.

Схему автоматизованого пристрою до плоскошліфувального верстата для обробки торців кілець показано на рисунку 10.9. Заготовки 1 кілець із магазину 2 подаються на електромагнітний стіл 3 за допомогою сепаратора 4, який періодично повертається на кут  $60^\circ$ . Сепаратор 4 скидає прошліфовані кільця з патрона. Постійний струм в обмотки столу подається і вимикається в потрібний момент переривником 5.

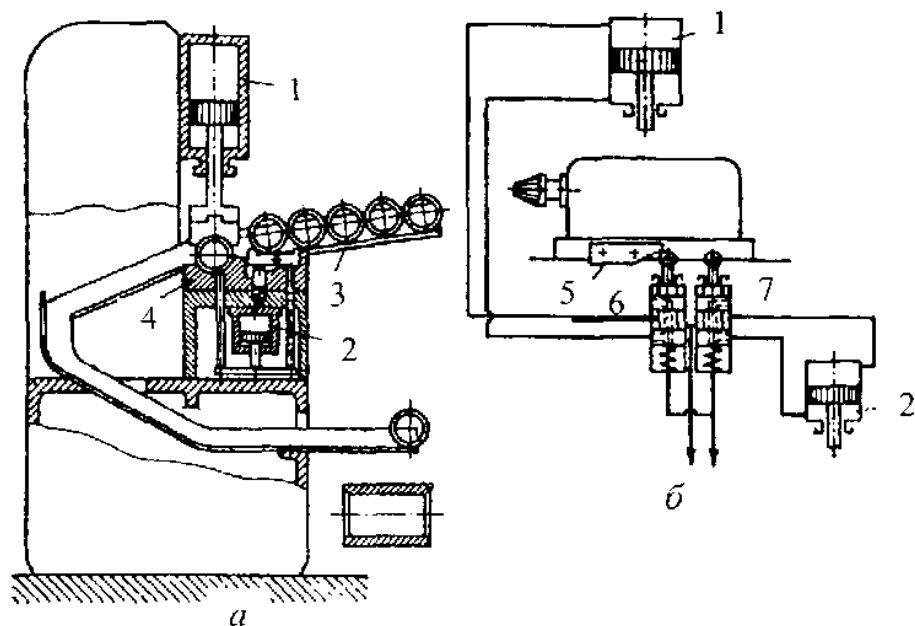


Рисунок 10.8. Схема автоматизованого пристрою до двшпindelного верстата для зняття фасок у втулках

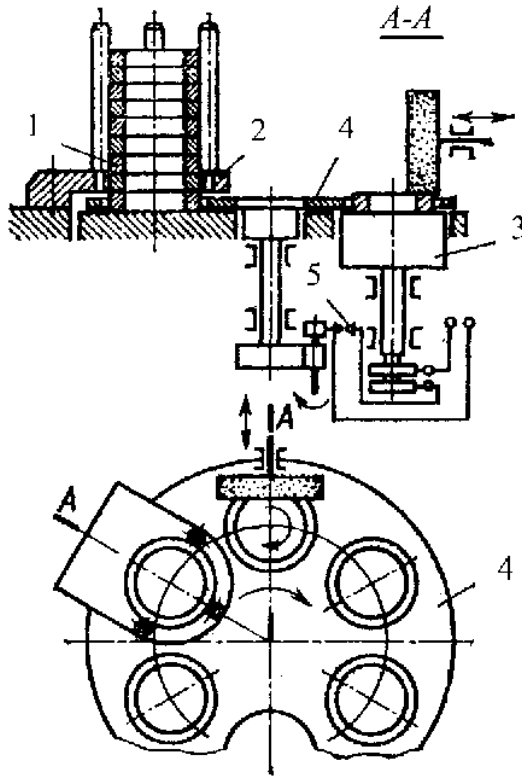


Рисунок 10.9. Схема автоматизованого пристрою до плоскошліфувального верстата

Схему кондуктора до багатошпindelного свердильного верстата з магазином для плоских заготовок показано на рисунку 10.10. При опусканні шпindelів автоматичний золотник спускає стиснене повітря в ліву порожнину циліндра 1 і повзун 2, переміщуючись вправо, притискує нижню заготовку 3 до упора 4. При підніманні шпindelів повітря подається в праву порожнину циліндра. При переміщенні повзуна вліво собачка 5 зіштовхує оброблену деталь у жолоб 6.

У розглянутих схемах автоматизації верстатних пристроїв потрібні похилі лотки або магазини, куди робітник періодично завантажує оброблені заготовки в орієнтованому положенні, що пов'язано з додатковими витратами часу. Повна автоматизація пристроїв забезпечується за допомогою бункерних завантажувальних механізмів. Заготовки завантажують у бункер навалом через великі інтервали часу. Це спрощує функції робітника, який

повинен лише стежити за роботою завантажувального механізму і верстата.

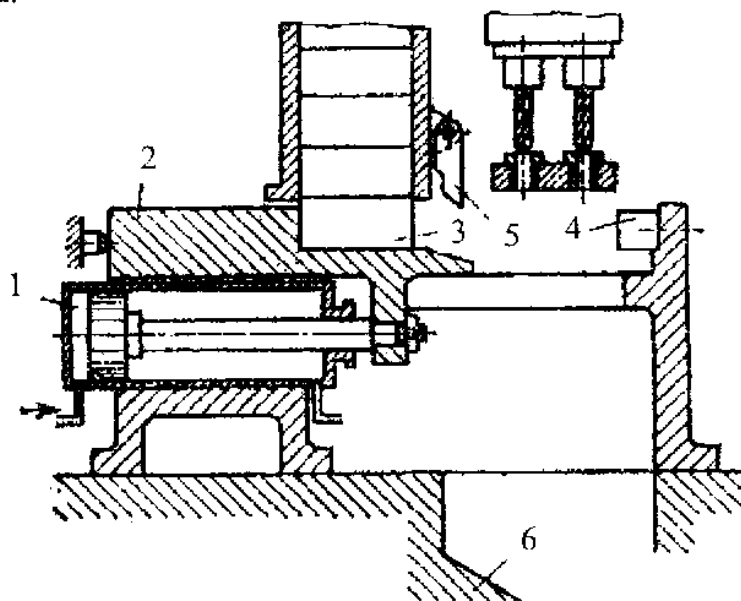


Рисунок 10.10. Схема кондуктора для багатшпindelного верстата з магазином

Схема автоматизованого пристрою для безперервного накочування прямозубих рифлень на фрезерному верстаті показано на рисунку 10.11. Черв'ячна передача 1 і 3 одержус рух від індивідуального електродвигуна. На одному валу з черв'ячним колесом розташовано кулачки 4 і 5, які обертаючись з колесом, керують хитанням важелів 6 і 7. Важіль 6 керує подачею заготовок 8 з бункера 9 в робочу зону. Важіль 7 через плунжер 10 керує важелем 11, який підтримує заготовку при подачі її з бункера і при обробці.

Після закінчення обробки виступ кулачка 5 через деталі 7, 10 повертає важіль 11 і заготовка скочується. Робочий інструмент 2 приводиться в обертання від шпинделя верстата і виконує обробку при русі ролика 12 по циліндричній ділянці поверхні кулачка 4.

Схема автоматизованого пристосування для встановлення зубчастих коліс на центри шевінгувального верстата показана на рисунку 10.12. Пристрій складається з рухомої каретки 2, на якій розташовано поворотні захвати 5, 6 і циліндр 4, який здійснює підйом і опускання захватів.

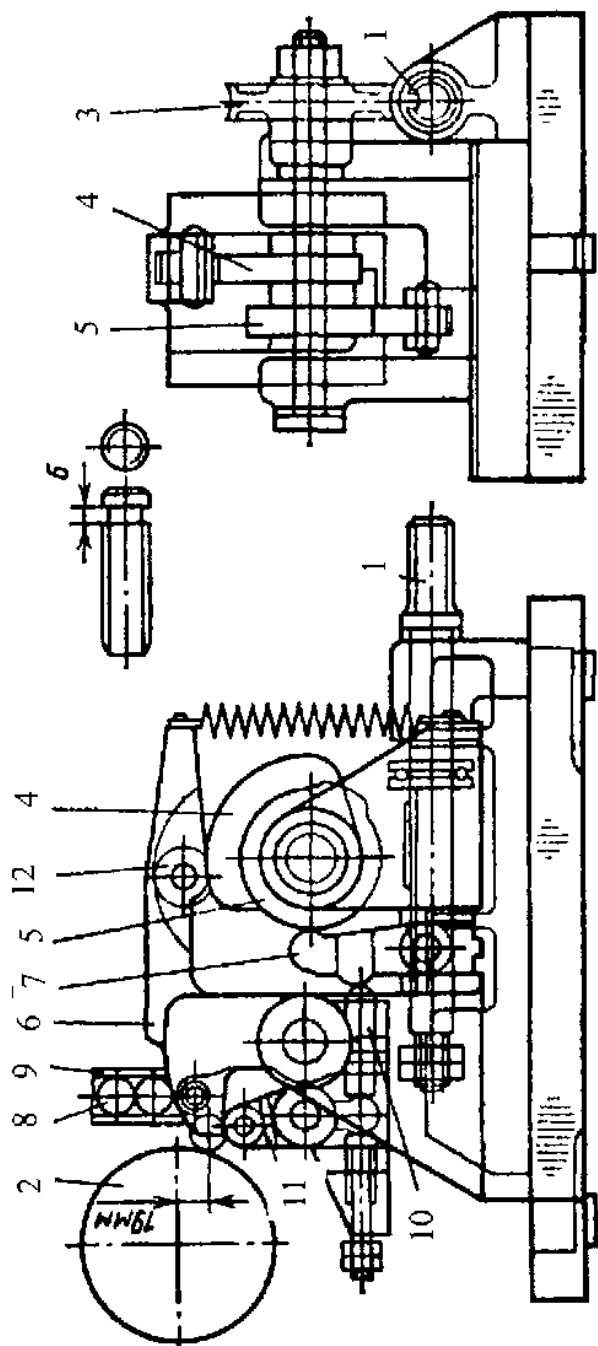
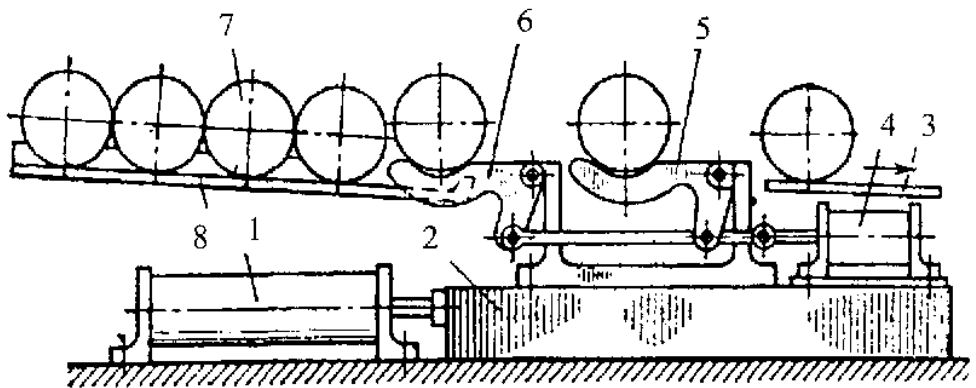


Рисунок 10.11. Схема автоматизованого пристрою для накручування рифлелі

При переміщенні циліндром 1 каретки 2 вліво захвати опущені. У крайньому лівому положенні каретки циліндр 4 переміщується вліво, провадить підйом захватів, при цьому захват 6 бере заготовку з похилого лотка 8 і трохи піднімає її до рівня центрів верстага (в цей час заготовки 7 перекочуються на один крок), а захват 5 підводиться під оброблену заготовку, що встановлена в центрах. Після відходу центрів каретка 2 переміщується вправо. При цьому захват 6 переміщує заготовку і становить її напроти центрів, а захват 5 переміщує оброблену заготовку до лотка 3. Після встановлення на центрах заготовки циліндр 4, переміщуючись вправо, опускає захвати. Захват 6 відходить від заготовки, захват 5 опускає заготовку на лоток 3. Далі цикл повторюється. Робота циліндрів зблокована з роботою механізмів верстага.



**Рисунок 10.12.** Схема автоматизованого пристосування для встановлення і зняття зубчастих коліс

Автоматизований пристрій для складання шайб 13 із гайками 14 (рисунок 10.13) встановлюють на столі ексцентрикового преса. Із двох бункерів деталі, що складаються на лотках 1 і 2, надходять у складальну позицію. Тут гайки виступами встановлюються в отвори шайб і передаються на робочу позицію, де виконується відбортування. Складені вузли виштовхуються на лотку 3 у тару. На верхній частині пристрою, з'єднаний із повзуном преса, закріплені пуансон 4 для відбортування і вертикальна рейка 5, яка зчеплюється з малим зубчастим вінцем блокового зубчастого колеса 6. Великий вінець цього колеса зчеплюється з горизонтальною рейкою повзуна 7. На повзуні передбачено виїмку з похилою ділянкою



для піднімання підпружиненого штовхача 8, за допомогою якого гайки 9 встановлюються в отвори шайб 10 на складальній позиції. До повзуна прикріплена вилка 11 для передавання складуваних вузлів на робочу позицію. Ці вузли точно фіксуються чотирма пружинними штифтами 12 із закріпленими головками. Пристрій показано в момент завершення відбортування. При ході повзуна преса вгору повзун 7 переміщується вліво. На початку цього переміщення штовхач 8 вставляє гайку в шайбу, а потім вилка 11 передає вузол на робочу позицію. При цьому раніше відбортований вузол зіштовхується в лоток 3. Бункери закріплюються на кронштейнах преса і приводяться в дію від індивідуальних електродвигунів.

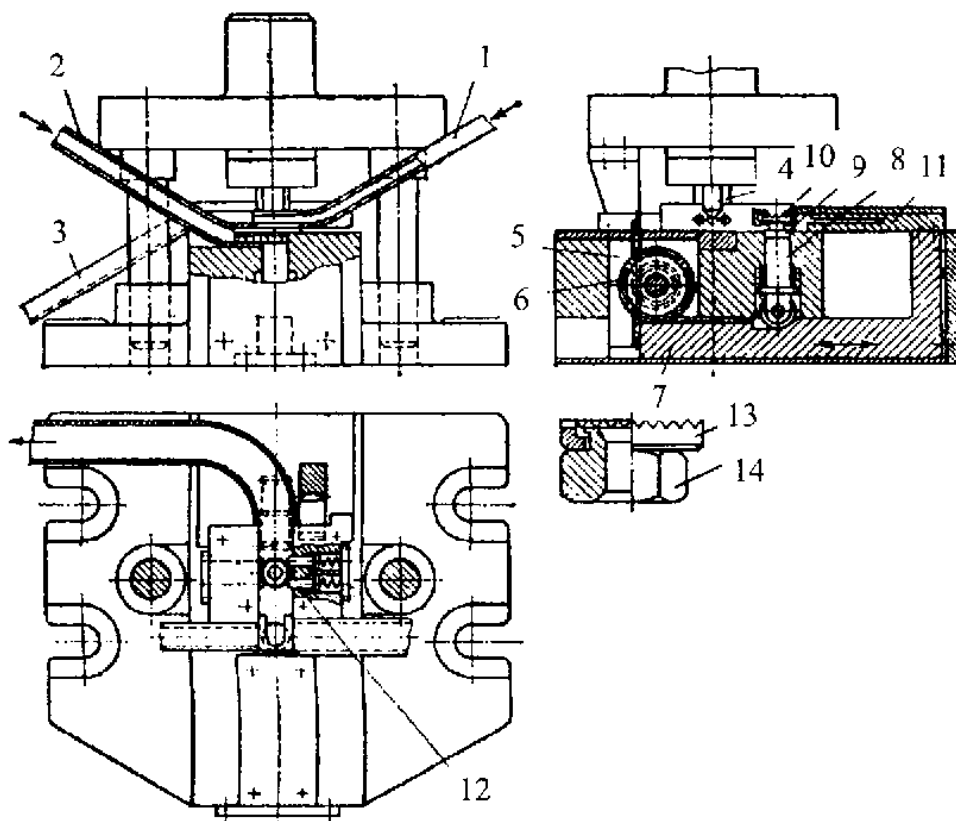


Рисунок 10.13. Схема автоматизованого складального пристрою з бункерами для деталей

Верстати, обладнані автоматичними пристроями з бункерним завантаженням, порівняно легко об'єднуються в єдину автоматичну лінію за допомогою транспортерів-перевантажувачів.

## **10.2. Пристрої для агрегатних верстатів та автоматичних ліній**

### **Основні вимоги до проектування пристроїв**

Функціональне призначення пристроїв для агрегатних верстатів і автоматичних ліній декілька відрізняється, але для них можна сформулювати загальні вимоги, які треба враховувати при проектуванні, основні з них такі [14]:

- автоматизація і стабілізація зусилля закріплення оброблюваних заготовок;
- автоматизація і контроль стабільності базування оброблюваних заготовок;
- точне базування і надійне закріплення оброблюваних заготовок в умовах багатоінструментальної обробки, коли виникають великі зусилля різання;
- вибір схеми закріплення оброблюваних заготовок, яка забезпечувала б обробку з максимального числа сторін;
- компактність конструкцій, які б забезпечували вмонтування в обмежений простір технологічної позиції (в стаціонарний чи позиціонований пристрій);
- висока ступінь уніфікації і стандартизації елементів конструкції (при значній різноманітності компоновок пристроїв);
- взаємозамінність швидкозношуваних елементів конструкції (для базування, орієнтації, фіксації напрямлення різального інструменту, та ін.);
- забезпечення потрібної послідовності роботи механізмів і елементів пристрою згідно з циклограмою роботи автоматичної лінії;
- високий ступінь швидкості;
- максимальна механізація і автоматизація завантаження-розвантаження оброблюваних заготовок;
- можливість введення оброблюваної заготовки в пристрій і її видалення одним і тим самим прямолінійним рухом (або сполученням двох послідовних прямолінійних рухів);

- гарантоване забезпечення відведення стружки з поверхні базування оброблюваних заготовок;
- висока надійність функціонування;
- надійне машинення і захист пар тертя від попадання металевого пилу і стружки;
- доступність для огляду і контролю елементів, що зношуються. Зручність монтажу і демонтажу елементів і механізмів пристрою при експлуатації і ремонті.

### **Класифікація і особливості конструкції пристроїв автоматичних ліній (АЛ) і агрегатних верстатів (АВ)**

Пристрої класифікуються залежно від компонування їх на АВ та АЛ, схеми транспортування оброблюваних заготовок між технологічними позиціями, наявності і типу пристосування для напрямлення інструмента та ін. (рисунк 10.14) [14].

Обробка крупногабаритних заготовок, які мають підготовлені базові поверхні для безпосереднього транспортування їх між технологічними позиціями, а також орієнтації і затиску, провадиться в стаціонарних (нерухомо закріплених на робочій позиції) пристроях. Заготовки складної конструкції або викопані зі швидкозношуваних матеріалів, транспортування, орієнтація і закріплення яких викликають певні труднощі, переміщуються за допомогою пристроїв-супутників, які супроводжують оброблювану заготовку на всіх технологічних операціях (на позиціях обробки, складання, контролю, кантування, миття та ін.).

В АВ і АЛ можуть застосовуватись багатопозиційні пристрої поворотного або прямолінійного переміщення. Пристрої, що змонтовані на поворотних діляльних столах чи барабанах, використовуються в основному для обробки заготовок малих і середніх розмірів.

Позиціоновані пристрої, що змонтовані на підкотних верстаках прямолінійного переміщення, використовуються, наприклад, для послідовної обробки груп отворів, близьке взаємне розташування яких не дозволяє розмістити для одночасної обробки шпинделі з інструментальними налагодженнями і подібне.

Пристрої, що переміщуються зі швидкістю робочої подачі, застосовуються, наприклад, у верстаках що працюють за схемою повздовжнього фрезерування.

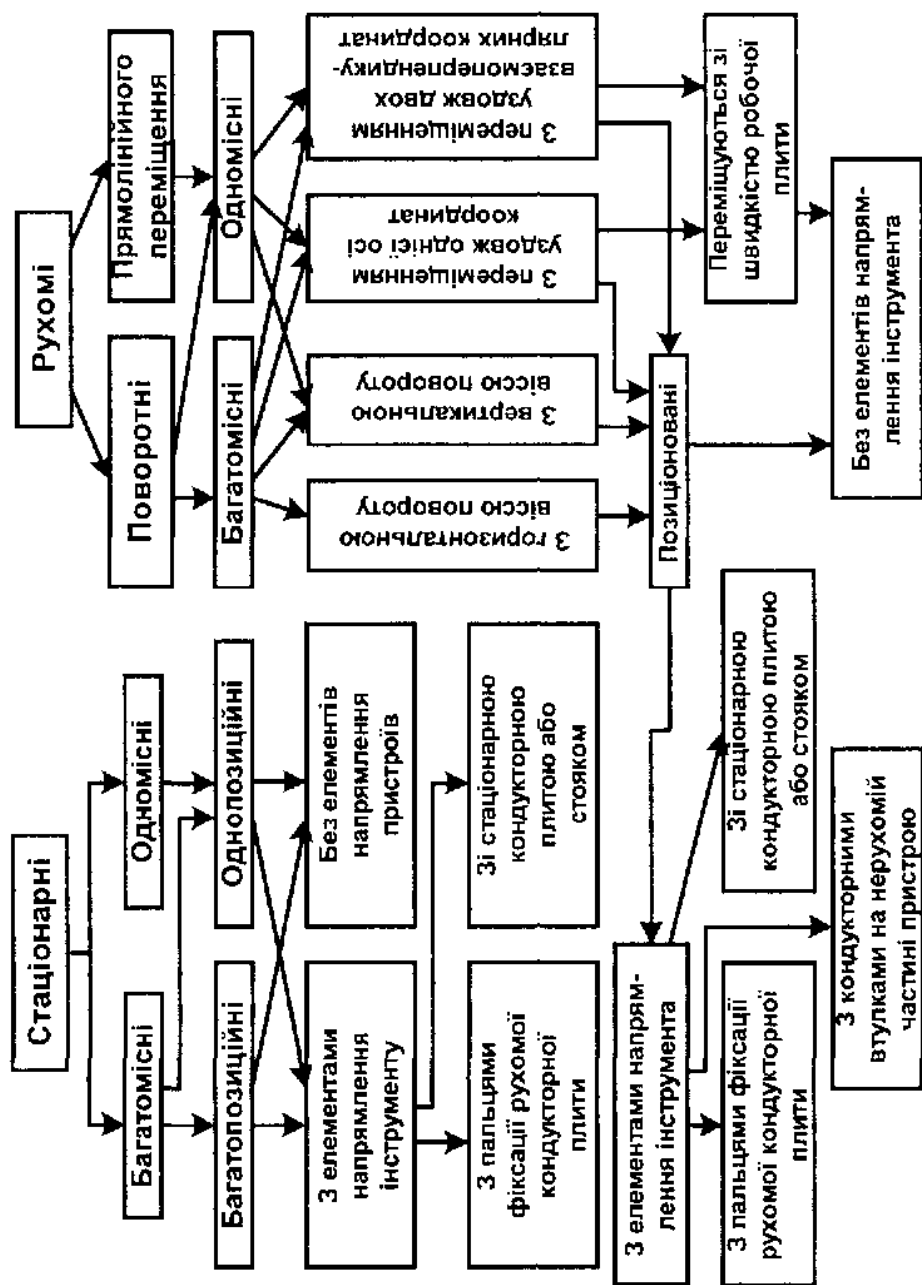
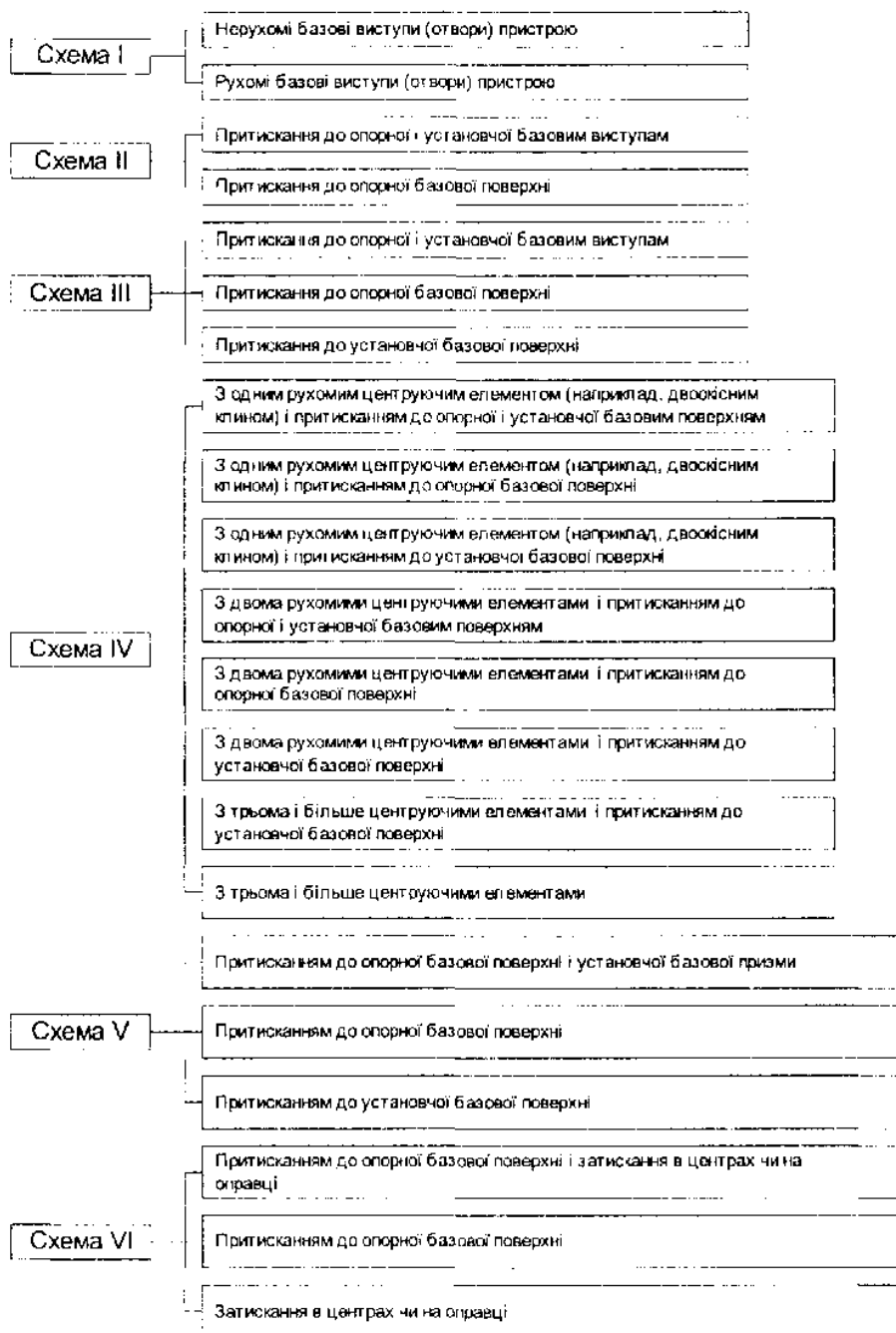


Рисунок 10.14. Класифікація пристроїв для АВ та АЛІ



**Рисунок 10.15.** Конструктивні різновиди схем базування і закріплення заготовок у пристроях

Залежно від компоновання АВ нерідко виникає потреба у переміщенні пристрою в двох взаємно перпендикулярних напрямках. В цьому випадку воно монтується на “хрестовий” стіл, причому обидва переміщення можуть бути установчими (позиціонуючими) або одне з них – робочим.

Однією з найбільш характерних ознак, що визначають конструкцію пристрою, є схема базування і закріплення оброблюваної заготовки. Проведений аналіз дозволив виділити шість типових схем базування і закріплення заготовок (рисунок 10.15) і відповідні їм принципові схеми пристроїв (рисунок 10.16) [14].

За схемою I (рисунок 10.16, а) оброблювана заготовка орієнтується відносно базуючої поверхні пристрою, фіксується одним чи декількома циліндричними (конічними) отворами (виступами) по відповідним виступам (отворам) пристрою, притискується до базової поверхні пристрою.

За схемою II (рисунок 10.16, б) оброблювана заготовка фіксується циліндричним (конічним) отвором (виступом) по відповідному виступу (западині) пристрою, доверчується і притискується до базової поверхні пристрою, при необхідності додатково притискується до установчої поверхні пристрою.

За схемою III (рисунок 10.16, в) оброблювана заготовка фіксується зовнішніми або внутрішніми поверхнями по відповідних базових опорних поверхнях пристрою, притискується до базуючих опорних і (або) до базуючої установчої поверхні пристрою.

За схемою IV (рисунок 10.16, г) оброблювана заготовка фіксується і затискується самоцентруючим пристосуванням і при необхідності притискується до базуючої установчої поверхні пристрою.

За схемою V (рисунок 10.16, д) оброблювана заготовка при необхідності доверчується і притискується до базуючої опорної поверхні і призмі (встановлюється на нерухому площину пристрою і притискується до неї рухомою призмою).

За схемою VI (рисунок 10.16, е) оброблювана заготовка орієнтується співвісними циліндричними або конічними отворами (виступами) по оправці або в центрах пристрою, при необхідності доверчується і притискується до базуючої опорної поверхні і затискується на оправці або і центрах.

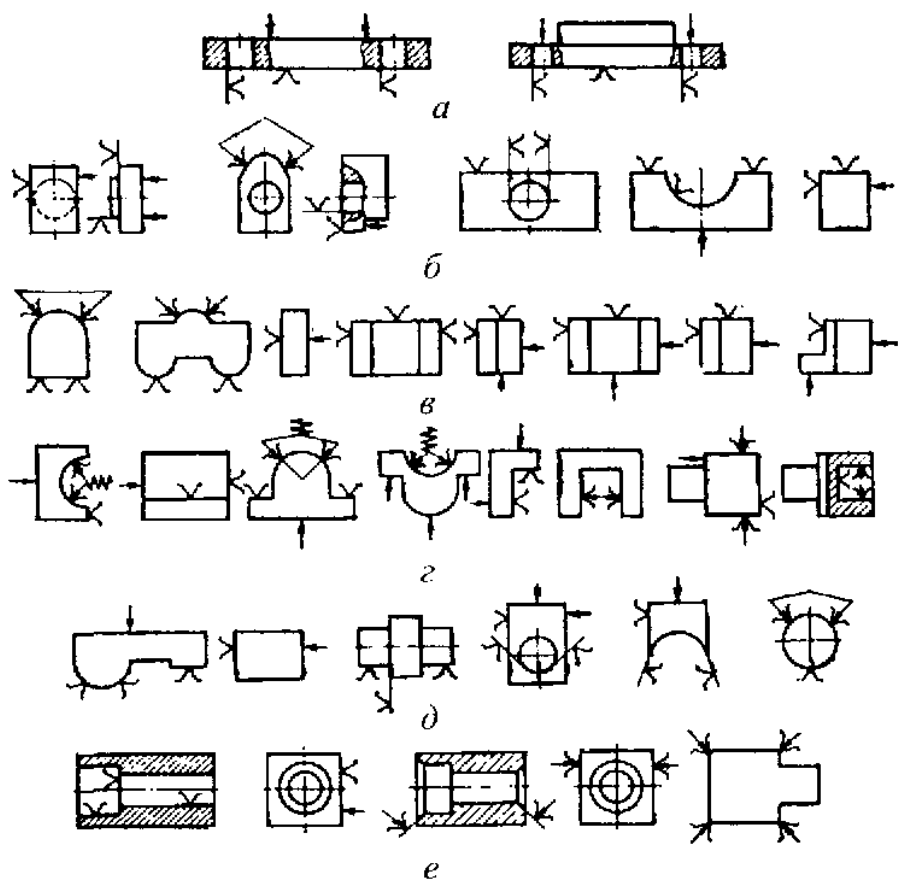


Рисунок 10.16. Схеми встановлення оброблених заготовок в пристроях АВ і АЛ

За схемою VII (на рисунку 10.16 не показано) базуються заготовки зі складною конструкцією базових поверхнь, а також з комбінованими способами встановлення в пристроях.

Пристрої АВ та АЛ класифікуються також по групах залежно від розташування базуючої установчої поверхні у просторі:

I – група – установча поверхня пристрою знаходиться під оброблюваною заготовкою і розташована горизонтально або під кутом  $45^\circ$  до горизонту;

II – установча поверхня пристрою знаходиться над оброблюваною заготовкою під кутом до  $45^\circ$  до горизонту;

III – група – установча поверхня пристрою розташована під кутом  $45-90^\circ$ .

Для багатопозиційних пристроїв барабанного типу за основу при аналізі розташування установчої поверхні у просторі береться позиція завантаження заготовки.

Для надійного закріплення оброблюваних заготовок в пристроях АВ і АЛ застосовуються спеціальні механізми з самогальмуючими парами гвинт-гайка і електро- або гідромеханічним приводом від спеціального затискного пристосування – електро- або гідромеханічного ключа, а також механізми з самогальмівними клиновими передачами з приводом від гідро- або пневмоциліндрів.

### **Особливості встановлення заготовок у пристроях**

**Елементи базування заготовок у пристроях.** Характерною особливістю пристроїв АВ та АЛ є автоматизація процесів встановлення оброблюваних заготовок з одночасним контролем цих функцій. Типові схеми встановлення заготовок, а також елементи конструкцій пристроїв, що при цьому використовуються, наведено вище.

Базуючі елементи пристроїв, які є вузлами інтенсивної і тривалої експлуатації, повинні мати високу жорсткість і зносостійкість. Такими елементами для корпусних деталей, як правило, є – циліндричні або конічні пальці, один з яких, як правило зрізаний (ромбічні пальці), вони можуть бути жорсткими і рухомими, тобто висувними.

Застосування висувних пальців декілька ускладнює конструкцію пристрою, знижує точність фіксації (проявляється вплив зазорів в сполученні палець – напрямна втулка), але спрощує схему транспортування заготовки в АЛ (прямолінійне череміщення без підйому й опускання) або у АВ (з автоматичним завантаженням). Висувні пальці краще застосувати при остаточному базуванні масивних заготовок (попередня орієнтація провадиться по нерухомим або регульованим упорам).

При базуванні заготовок на нерухомих пальцях, що розташовані зверху, передбачаються елементи зйому (підпружинені плунжери і подібні), які відводять заготовку від базуючої поверхні після



зняття зусилля затиску. При цьому необхідний контроль граничних положень (посадки і зйому з пальців) заготовки.

**Розрахунок конструктивних параметрів установчих пальців.** Базові отвори в заготовках доцільно виконувати з полем допуску  $G7$  в системі вала (це забезпечує збільшення мінімального гарантованого зазору, зменшує розбивання отворів при послідовному базуванні заготовки на різних технологічних позиціях). При цьому розрахунковою посадкою забезпечується мінімальний зазор (5–10 мкм) в сполученні пальця з отвором.

Надійність фіксації заготовки в робочій позиції визначається величиною незбігання осей базових отворів з осями фіксуючих пальців (рисунок 10.17) [14]:

$$x = \sqrt{\Delta_{\text{тр}}^2 + \Delta_{\text{відх}}^2 + \Delta_{\text{мр}}^2 + T_l^2 + U_{\text{зн}}^2},$$

де  $\Delta_{\text{тр}}$  – похибка позиціонування транспортера, що переміщує заготовку;  $\Delta_{\text{відх}}$  – можлива величина відходу (відскоку) заготовки від транспортних елементів (собачок, штирів, упорів та ін.);

для транспортера з собачками:

$$\Delta_{\text{відх}} = \vartheta^2 / 2 f g,$$

де  $\vartheta$  – швидкість транспортера, м/хв.;  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання між заготовкою і опорними планками;  $g$  – прискорення вільного падіння;  $\Delta_{\text{мр}}$  – найбільша різниця розмірів між осями базових отворів в заготовці і пальцями;  $T_l$  – поле допуску на розмір  $l$  (від осі базового отвору до контура заготовки);  $U_{\text{зн}}$  – величина зношування транспортних елементів (собачок та ін.).

Надійність фіксації залежить також від правильного вибору кута  $\alpha$  західного конуса пальця. Розрахункова схема для визначення  $\alpha$  наведена на рисунку 10.17.

У припущенні, що на кожний фіксуючий палець діє половина сили ваги заготовки  $G/2$ , можна записати:

$$\overline{G/2} = \overline{N} + \overline{P}_k; \quad \overline{N} = \overline{N'} + \overline{N''}; \quad \overline{P}_k = \overline{P}'_k + \overline{P}''_k;$$

$$\overline{N'} = l \overline{P}'_k; \quad \overline{N''} + \overline{P}''_k = G/2.$$

Умова фіксації:  $x < h \operatorname{tg} \alpha$ , де  $h$  – висота західного конуса ( $h = 0,3 \div 0,5$  Н). Ковзання заготовки по твірній конуса відбувається

під дією сили  $P_K = 1/2G \cos \alpha$ , і сили тертя  $P_{\text{тер}} = 1/2G\mu \sin \alpha$  ( $\mu$  – коефіцієнт тертя, що дорівнює 0,15–0,20). Чим менше  $\alpha$ , тим сприятливіші умови фіксації, проте при цьому зменшується відрізок  $m = h \operatorname{tg} \alpha$  і зростає ймовірність відмови при фіксації.

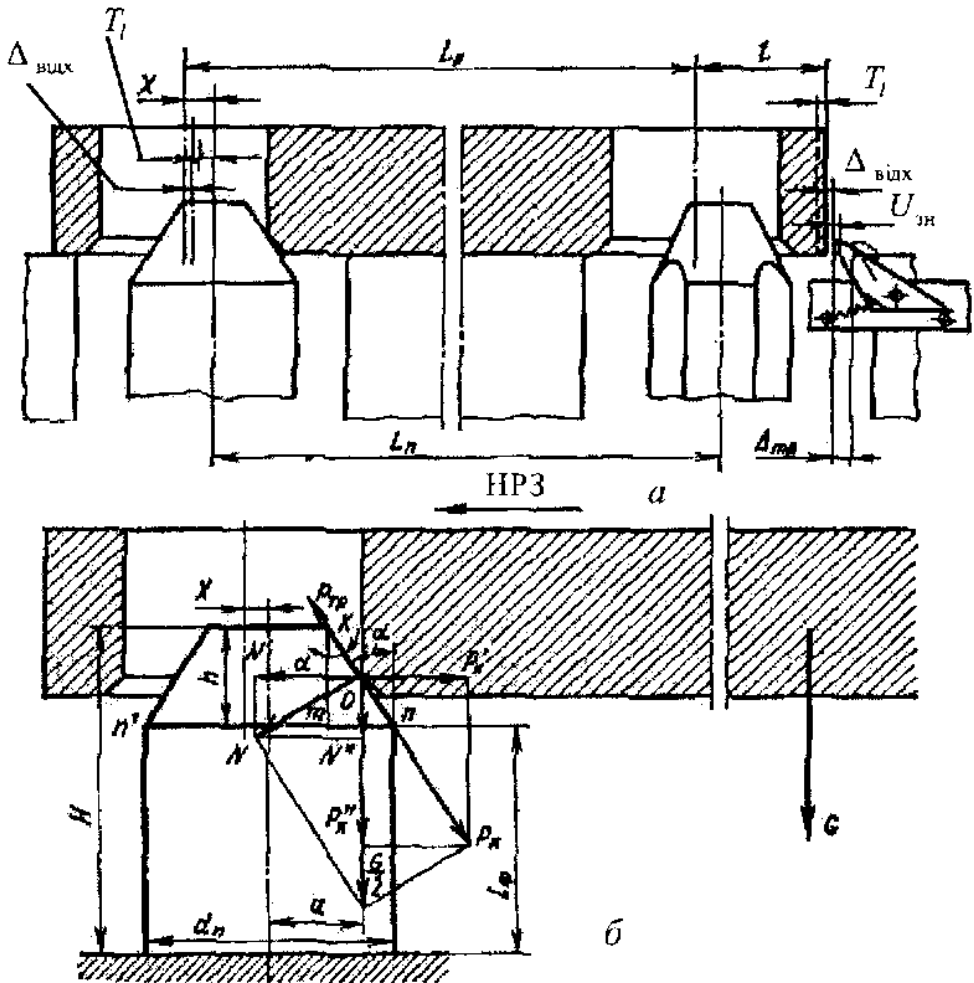


Рисунок 10.17. Фіксація заготовки в робочій позиції:

- а) схема визначення не збігання осей базових отворів і установчих пальців; б) схема дії сил на установчий палець при не збіганні осей (HP3 – напрямок руху заготовки)

Необхідно врахувати зміщення заготовки перпендикулярно до напрямку завантаження в пристрій (напрямок транспортування). Воно залежить від бокового зазору між заготовкою і напрямними планками. Умова фіксації при цьому:

$$(B - \epsilon) / 2 < h \operatorname{tg} \alpha ,$$

де  $B$  і  $\epsilon$  – відповідно розмір між напрямними планками і ширина заготовки;  $\operatorname{tg} \alpha = [(B - \epsilon)K] / 2h$  ( $K$  – коефіцієнт, що дорівнює 1,1–1,4).

Із отриманих двох значень  $\alpha$  (функції від “ $x$ ” і  $(B - \epsilon)$ ) приймають більше значення (звичайно  $\alpha$  – в межах  $30^\circ$ ).

Точність фіксації залежить від вибраної схеми розташування базових отворів. Діагональне розташування елементів базування забезпечує між ними найбільшу міжосьову відстань і, як наслідок, найменші похибки. Проте при цьому ускладнюються конструкція механізму фіксації, обробки і контроль базових отворів в заготовці і корпусі пристрою при його виготовленні (під пальці). Тим самим не завжди забезпечується відчутна перевага в точності.

**Самоустановні і підвідні опори.** Для додаткового встановлення заготовок складної конфігурації і підвищення їх жорсткості при обробці в пристроях застосовують самоустановні і підвідні опори.

На рисунку 10.18 показано самоустановну опору з гідроприводом. При подачі мастила в безштокову порожнину гідроциліндра 1 поршень 2 зі штоком 3 переміщується вгору. Після зіткнення опори 4 з заготовкою і її зупинки пружина 5 стискується. Подальше переміщення штока фіксує положення підведеної опори через клин 6. Відведення опори від заготовки після закінчення обробки досягається подачею мастила в штокову порожнину гідроциліндра і наступним динамічним діянням поршня на шток.

Самоустановні опори застосовують якщо сумарне зусилля закріплення і сил різання не перевищує 10000Н. При більших зусиллях застосовуються підвідні, більш жорсткі опори (рисунок 10.19). Вони можуть виконуватись з вмонтованим (виконання 1) або винесеним (виконання 2) приводом відведення опори від заготовки.

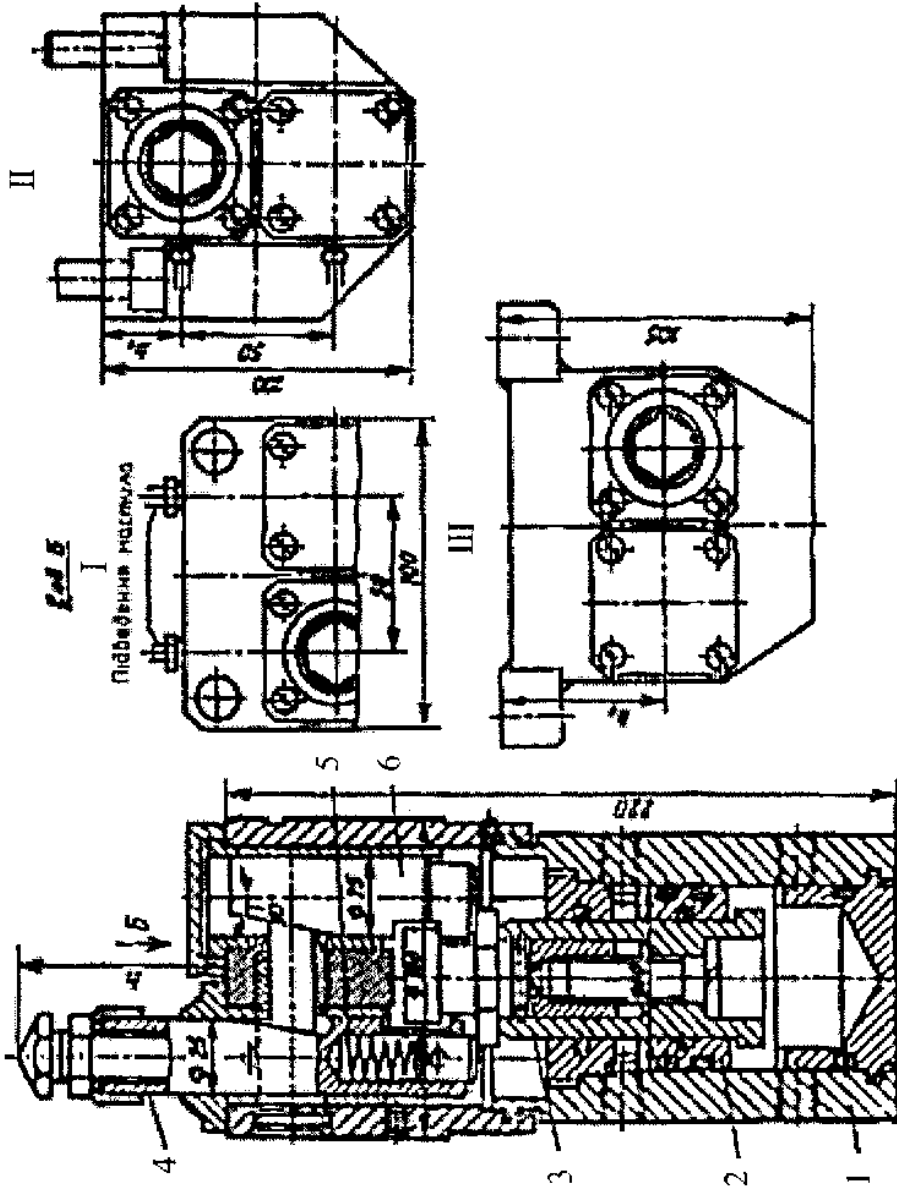


Рисунок 10.18. Самоустановна опора з гідроприводом

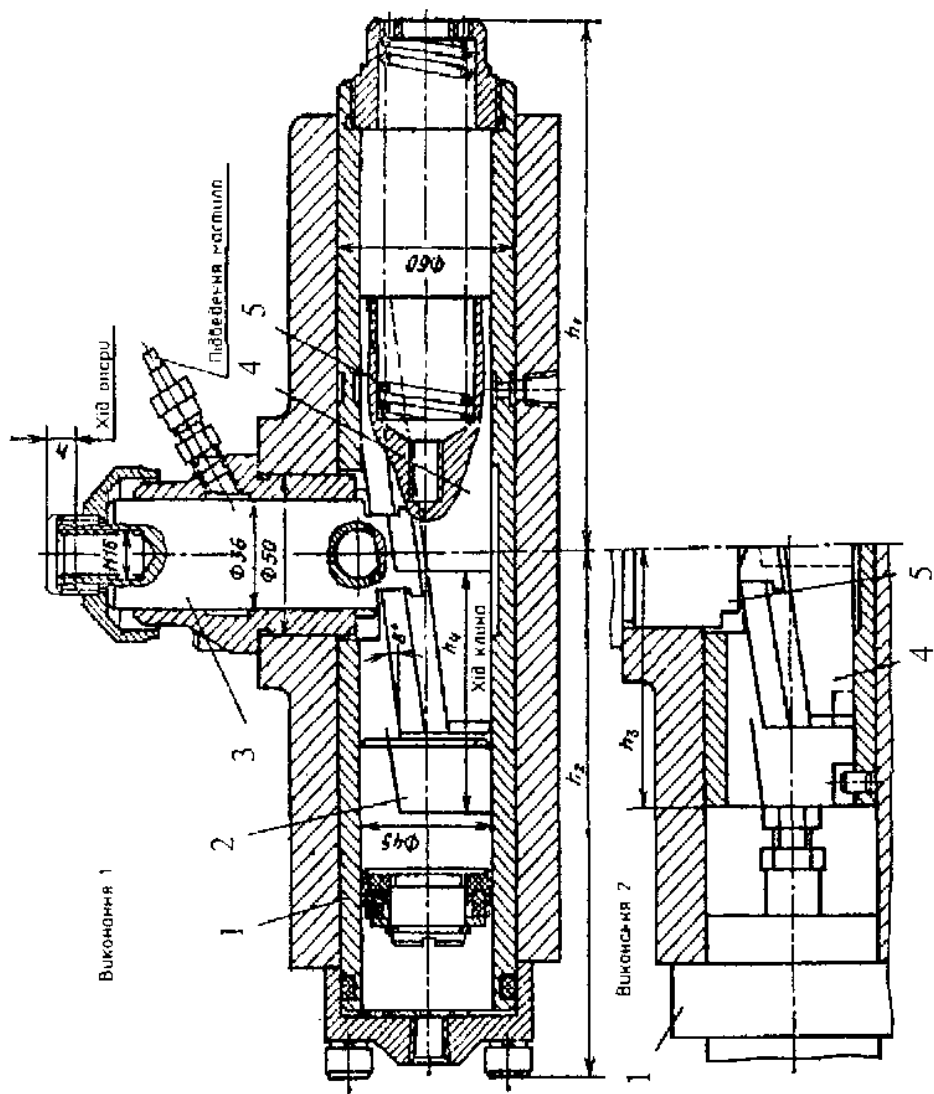


Рисунок 10.19 – Підвісна опора з вмонтованим (1) і виїсним (2) приводом відведення опори:  
 1 – гідроциліндр; 2 – пливжер; 3 – опора; 4 – клин; 5 – пружина

Схема затиску заготовки з застосуванням автоматично підведеної опори наведена на рисунку 10.20. Опора включає підпружинений повзун 7 з базовим платиком 2, на який спирається оброблювана заготовка 1, горизонтальний штовхач 6, який приводиться в дію гідроцилінром 5, проміжний повзун 4 і блокуючий стержень 3. При відведенні штовхача 6 вправо підпружинений повзун 7 підтискує базовий платик 2 до нижньої поверхні заготовки 1, яка затиснута поворотними прихватами 8. Штовхач через повзун 4 передає рух стержню 3, який фіксує положення повзуна 7. Зусилля різання, що виникло при обробці, замикається на клиновому скосі штовхача 6.

Після закінчення обробки гідроциліндр переміщує штовхач вліво, відводячи (через клинову передачу) повзун 7 униз і одночасно звільняючи підклинюючий ланцюг: повзун 4 – стержень 3.

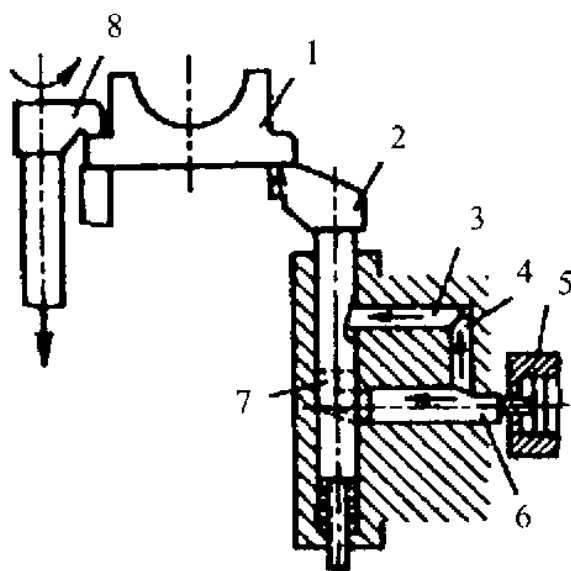
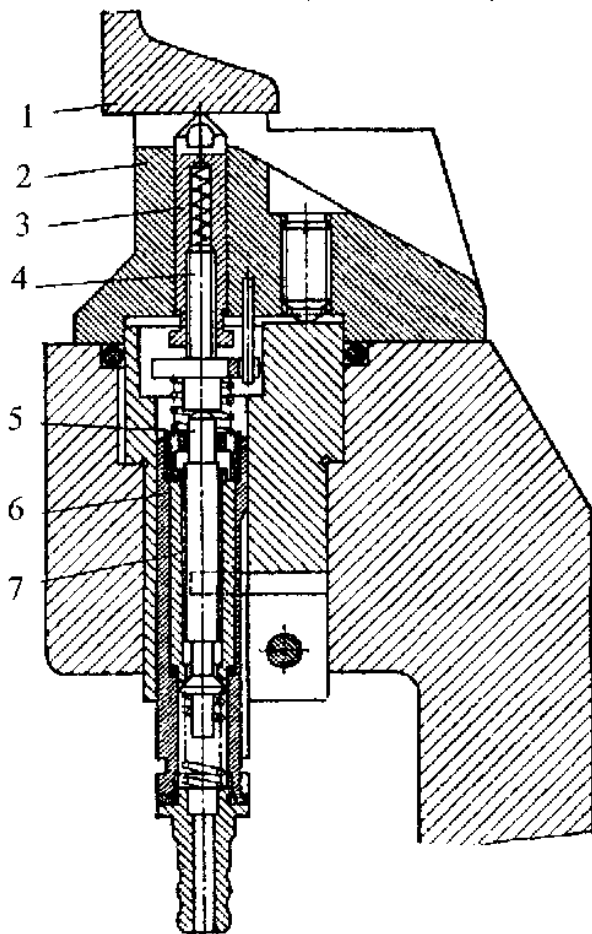


Рисунок 10.20. Схема затиску деталі з застосуванням автоматично підведеної опори

Підвідні опори широко використовуються для підвищення жорсткості технологічної системи при виконанні фрезерних та інших технологічних операцій АВ і АЛ.

Елементи контролю встановлення заготовок. З метою забезпечення надійної роботи пристроїв на АВ і АЛ без постійного догляду

з боку робітника передбачаються пристосування контролю базування, фіксації і закріплення заготовок. Наприклад, при обробці поверхонь, що мають жорсткі вимоги на розташування відносно баз передбачають пристосування для перевірки відсутності зазору між оброблюваною заготовкою і базуючими поверхнями пристрою.



**Рисунок 10.21. Пристосування для контролю прилягання оброблюваних заготовок до базових елементів пристроїв**  
1 – оброблювана заготовка; 2 – базова планка; 3 – плунжер;  
4 – регульований гвинт; 5 – вимірювальний шток; 6, 7 – втулки

Контроль прилягання заготовки до базуючої поверхні може виконуватись наприклад, пневматичним пристосуванням, що наведений на рисунку 10.21. Для пристосування заснована на вимірю-

ванні витрат повітря через зазор між отвором (сідлом) втулки 7 і конусом штока 5. При нещільному приляганні заготовки 1 до бази 2 витрати повітря зменшуються, спрацьовує пневмодатчик (на рисунку не показаний), подаючи сигнал, що забороняє обробку. Наведене пристосування дозволяє контролювати зазор до 0,03 мм.

Точність позиціонування заготовки може також контролюватися вимірювальними контактними наконечниками які підводяться, наприклад, за допомогою гідроциліндра і реєструють відхилення положення заготовки від номінального. Порівнююча схема виробляє сигнал розугодження, який надходить в обчислювальне пристосування. У підсумку подається відповідна команда на привод переміщення (коректування положення) заготовки. Корекція виконується до зникнення сигналу розугодження.

Для контролю фіксації заготовки в пристроях АЛ і АВ найбільш поширено посередній метод, при якому перевіряється положення не заготовки, а елементів пристрою, наприклад пальців. Вихідне і кінцеве положення пальців контролюється кінцевими вимикачами контактного або безконтактного типів.

### Приклади пристроїв для АЛ та АВ

Стационарні пристрої жорстко закріплюють на верстатах автоматичної лінії; у них подаються, встановлюються, закріплюються та оброблюються заготовки. Після передбаченої обробки заготовки відкріплюються, видаляються з пристрою і передаються на транспортуючий механізм для переміщення на наступну позицію автоматичної лінії, звичайно не втрачаючи орієнтацію. Частіше використовують одномісні однопозиційні пристрої, рідше – багатомісні багатопозиційні (поворотні). Виконуючи ті самі функції, що й звичайні пристрої, пристрої автоматичних ліній мають специфічні особливості: заготовки в ці пристрої мають подаватися і встановлюватися найпростішим рухом транспортуючого механізму лінії або механічної руки (автооператора).

Установчі елементи пристроїв, призначених для обробки заготовок корпусних деталей, часто виконують у вигляді опорних пластин, які є продовженням напрямних планок транспортуючого механізму. Опорні пластини розміщують на одному рівні з напрямними планками. У цьому разі заготовки переміщуються по прямолінійних траскторіях, пристрої розміщуються на одній прямій,



а лінія стає простішою – із наскрізним переміщенням заготовок. Заготовки встановлюють на її нижню площину і два базових циліндричних отвори. Як установчі елементи використовують опорні планки і два висувних пальця з конічними фасками. Після введення заготовки в пристрій кроковим транспортером ці пальці висуваються: їх конічні елементи вирівнюють заготовку, а циліндрична (і ромбічна) частина точно фіксує положення заготовки в пристрої. При нерухомих установчих елементах (упорах) точної фіксації заготовки по її базам досягають за допомогою додаткових притискних механізмів, які забезпечують щільний контакт базових поверхонь заготовки з установчими елементами пристрою.

Для запобігання браку обробки та аварійних ситуацій у пристроях часто передбачають автоматичний контроль правильності положення заготовки.

Робота пристроїв має чітко узгоджуватися з діями агрегату і транспортного механізму.

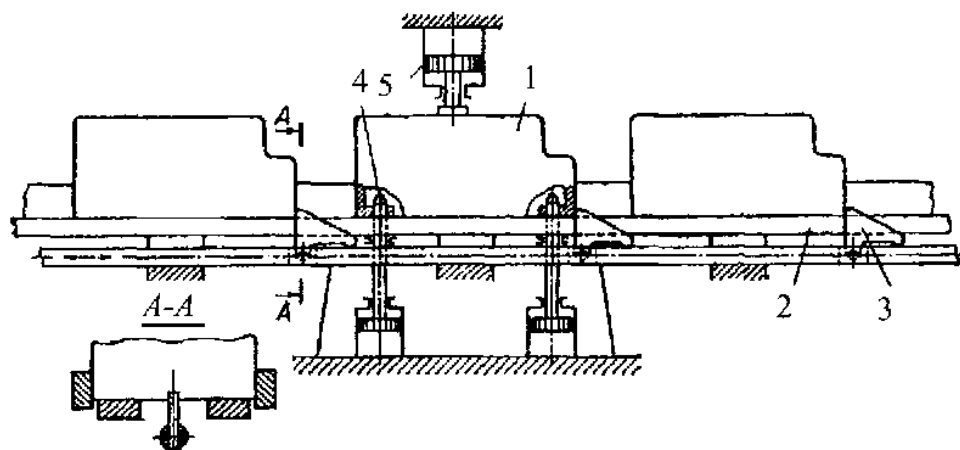
Особливу увагу при конструюванні пристроїв необхідно приділяти видаленню стружки, виконуючи стінки в корпусах пристроїв похилими, а також застосовуючи інші засоби для примусового її видалення.

Наявність висувних установчих елементів і фіксаторів призводить до збільшення похибки встановлення заготовки. Щоб забезпечити задану якість продукції, важливо виконувати розрахунки на точність обробки та витримування допуску на заданий розмір. Зокрема, для пристроїв розглядуваного типу велике значення мають жорсткість і розрахунок сил закріплення.

Схему пристрою для обробки корпусної деталі на автоматичній лінії показано на рисунку 10.22. Заготовка 1 переміщується по планках 2 кроковим транспортером із собачками 3 на точно визначену відстань. Штанга транспортера проходить знизу під пристроєм, а його планки лежать на одному рівні з опорними планками пристрою. Остаточна фіксація заготовки відбувається по двох базових отворах висувними пальцями 4, а закріплення – за допомогою гідроциліндра 5. Керування гідроциліндрами крокового транспортера та висувних пальців, а також затискання виконуються механізмом синхронізації автоматичної лінії.

Пристрої-супутники супроводжують закріплену в них заготовку по всіх позиціях автоматичної лінії. За допомогою супутників досить просто розв'язується завдання введення заготовок у

робочі зони всіх позицій автоматичної лінії. Супутники застосовують при обробці важкотранспортованих заготовок складної конфігурації з постійними базами. Як бази використовують досить розвинені оброблені або необроблені поверхні заготовки, які забезпечують її стійке положення на всіх позиціях лінії. Усі стадії обробки виконуються при одному закріпленні заготовки.



**Рисунок 10.22. Схема пристрою для переміщення та встановлення заготовок корпусних деталей на автоматичній лінії**

У найпростішому вигляді пристрій-супутник є плитою прямокутної форми в плані, яка із закріпленою на неї заготовкою послідовно переміщується по всій трасі лінії за допомогою крокового транспортера. На початку лінії заготовка встановлюється і закріплюється на супутник, а в кінці – відкріплюється і знімається з нього. У початкове положення супутники повертаються спеціальним транспортером, на одній ділянці якого їх промивають для видалення стружки. Кількість супутників на 20–30% перевищує кількість позицій лінії, включаючи 5–10% на ремонт супутників. Корпус супутника повинен мати розвинену опорну площину: для напрямлення супутника використовують бокові площадки або пази, якими він ковзає по планках транспортуючого механізму при переміщенні.

Схему супутника показано на рисунку 10.23, а. До корпусу 1 супутника прикручені сталеві загартовані планки 2, якими він ковзає по напрямних транспортуючого механізму 3. Палець 4 і втулка 5 призначені для фіксації супутника на позиції лінії.

Інший варіант напрямлення супутника показано на рисунку 10.23, б. Корпус I супутника ковзає по опорних планках транспортера 3, а бічний напрям забезпечується пластинами 8. Для зменшення спрацювання до корпусу супутника прикручено сталеві загартовані планки 9 і 10.

Супутник на робочій позиції лінії фіксується за допомогою двох пальців 4 із конусною заточкою (рисунок 10.23, а). Пальці входять у втулку 5, запресовану в корпусі супутника. Точність фіксації супутників має бути щонайменше 0,05 мм. Точнішої фіксації можна досягти, якщо супутники на робочих позиціях лінії притиснути до бокових і торцевих упорів спеціальними гідроциліндрами. Після відкриття супутник повертається на трасу транспортера.

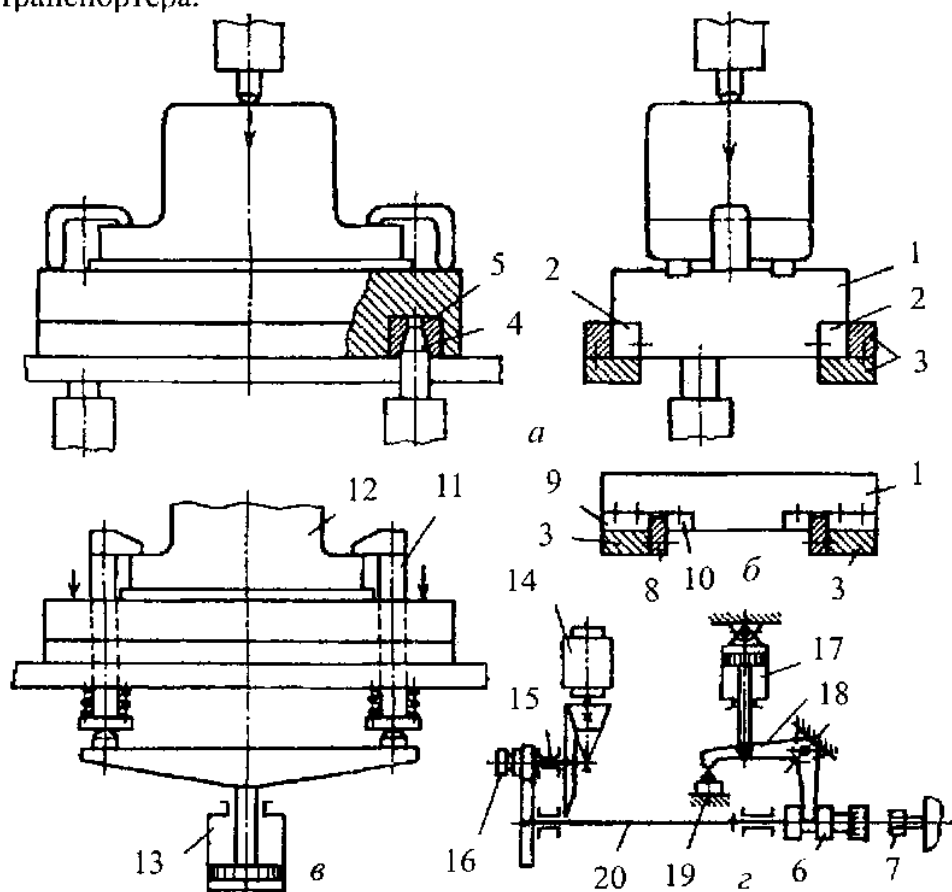


Рисунок 10.23. Схеми пристроїв –супутників для автоматичних ліній

На кожній робочій позиції лінії супутник притискується до жорсткої основи, за допомогою пневмо- або гідроциліндрів.

На рисунку 10.23, в показано спосіб закріплення заготовки на плиті супутника за допомогою пружинних Г-подібних прихватів 11. При встановленні та зніманні заготовки 12 ці прихвати відтискуються вгору за допомогою пневмо- або гідроциліндрів 13. Цей спосіб закріплення забезпечує сталу, але недостатньо велику силу закріплення.

Принципову схему пристрою для затягування гвинтового затискача 7 супутника показано на рисунку 10.23, г. На валу 20 на ковзаючій шпонці переміщується муфта 6 із торцевим ключем. Обертання на вал передається від електродвигуна 14 через пару конічних і пару циліндричних зубчастих коліс. На проміжному валу 15 змонтована фрикційна муфта 16, яка передає на вал 20 заздалегідь встановлений крутний момент. При подаванні мастила у верхню порожнину гідроциліндра 17 через важільну систему 18 підводиться ключ і вмикається електродвигун від пускового пристрою 19. Через визначений проміжок часу мастило подається в нижню порожнину циліндра. Ключ відводять в початкове положення, і електродвигун зупиняється. У досконаліших системах заготовка встановлюється і закріплюється на супутнику, а також звільняється і знімається з нього за допомогою спеціальних пристроїв.

Крім розглянутих є поворотні супутники для багатопозиційної обробки, а також супутники для багатомісної обробки.

При застосуванні пристроїв-супутників підвищується надійність роботи лінії завдяки тому, що заготовка закріплюється і відкріплюється один раз. При цьому поліпшуються умови очищення пристроїв від стружки, але дещо погіршується доступність підведення робочих інструментів до заготовки з різних боків.

Пристрої-супутники однієї автоматичної лінії мають бути взаємозамінними. Точність їх виготовлення за основними розмірами, які впливають на точність обробки, звичайно беруть 0,1...0,2 допуску на витримуваний розмір.

До недоліків автоматичних ліній із супутниками належать деякі ускладнення транспортуючих механізмів через потребу повернення супутників у початкове положення; збільшення загальної вартості лінії; велика кількість стиків і з'єднань у технологічній

системі. При використанні супутників утруднюється створення проміжних запасів на окремих ділянках ліній.

Останнім часом намітився перехід від суцільних супутників до складених, які містять основну плиту, вузли встановлення та закріплення заготовки, а також інші допоміжні елементи, їх переваги: можливість уніфікації та нормалізації, невеликі утруднення їх зміни при зміні оброблюваних деталей, збільшені можливості переналагодження ліній і зручності ремонту супутників.

Допуски на розміри пристроїв супутників, що впливають на точність обробки, слід визначати на основі розв'язання відповідних розмірних ланцюгів даної технологічної системи.

На рисунку 10.24, *a* показано схему розточування отвору в заготовці 1, що встановлена на супутнику 2. При розточуванні треба витримати розмір  $x$  від осі отвору до базової площини заготовки. Розмір  $x$  є замикаючою ланкою розмірного ланцюга, складовими ланками якого є розміри  $A$ ,  $B$  і  $E$ . При розв'язанні розмірного ланцюга за методом максимум-мінімум допуск на розмір  $B$  пристрою-супутника [8]

$$T_x = T_x - T_A,$$

де  $T_x$  – допуск на заданий розмір;  $T_A$  – допуск на розмір  $A$  заготовки від осі базового отвору до базової площини.

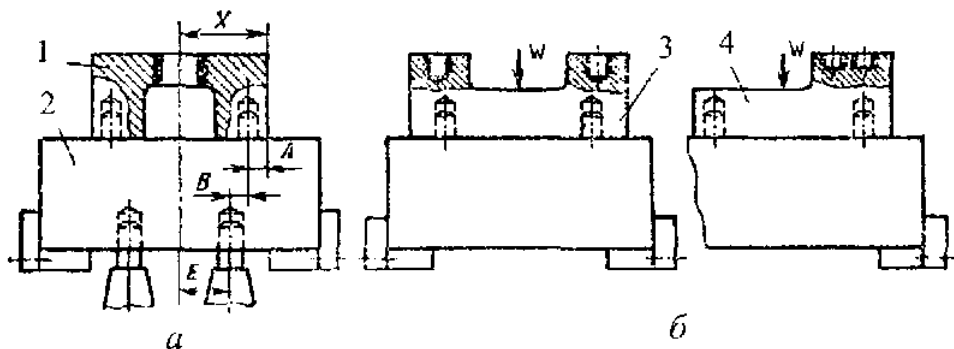


Рисунок 10.24. Схема для аналізу розмірного ланцюга супутника

Допуск на розмір  $E$  приймається рівним нулю, оскільки відстань від осі розточувального шпинделя до осі фіксуєчого пальця для даної позиції автоматичної лінії можна вважати постійним.

При розв'язанні розмірного ланцюга на базі теорії ймовірності, допуск на розмір В [8]

$$T_B = \sqrt{\lambda \left( \frac{T_c^2}{t^2} - \lambda_1 T_A^2 \right)},$$

де  $\lambda$  і  $\lambda_1$  – відповідно коефіцієнти, що залежать від форми кривих розподілення розмірів В і А;  $t$  – коефіцієнт, що визначає процент ризику одержання браку по витримуваному розміру при обробці.

В останній час знаходять застосування пристрої-супутники для групових і змінно-потоккових (переналагоджуваних) автоматичних ліній. В конструкціях цих супутників передбачається можливість встановлення і закріплення різних заготовок. Вони мають відповідні установчі елементи і затискні пристосування. Останні виконуються постійними або змінними. Постійні затискні пристосування дозволяють закріплювати різні заготовки, що обробляються за допомогою даного пристрою. Їх конструктивне оформлення зв'язано з урахуванням розмірів і конструктивних особливостей заготовок. В окремих випадках вони мають швидко-змінні деталі у виді підкладних шайб планок та інших елементів.

На рисунку 10.24, б показано схему пристрою-супутника, розрахованого на обробку двох однотипних заготовок 3 і 4 різних розмірів. Встановлення їх проводять на два базових отвори, а закріплення – одним затискачем.

На рисунку 10.25 наведено елементи стаціонарного пристрою АЛ для обробки картера ведучих мостів автомобіля. Подача оброблюваної заготовки 1 в пристрій здійснюється штангою транспортера 3 по напрямним роликам 5, що встановлені на станині 13. На штанзі для транспортування заготовки є спеціальні транспортні штири 2. Пристрій складається з декількох вузлів і механізмів: базової призми 4, стояка портала 6, портала 7, штирів 8 і призми 9 для попередньої орієнтації заготовки, центруючої головки 12. Обробка заготовки 1 здійснюється з двох боків шпindelельними вузлами 11, що встановлені на силових столах 10. Розглянемо роботу механізмів центрування, підйому і затиску, що входять в пристрій (рисунок 10.26).

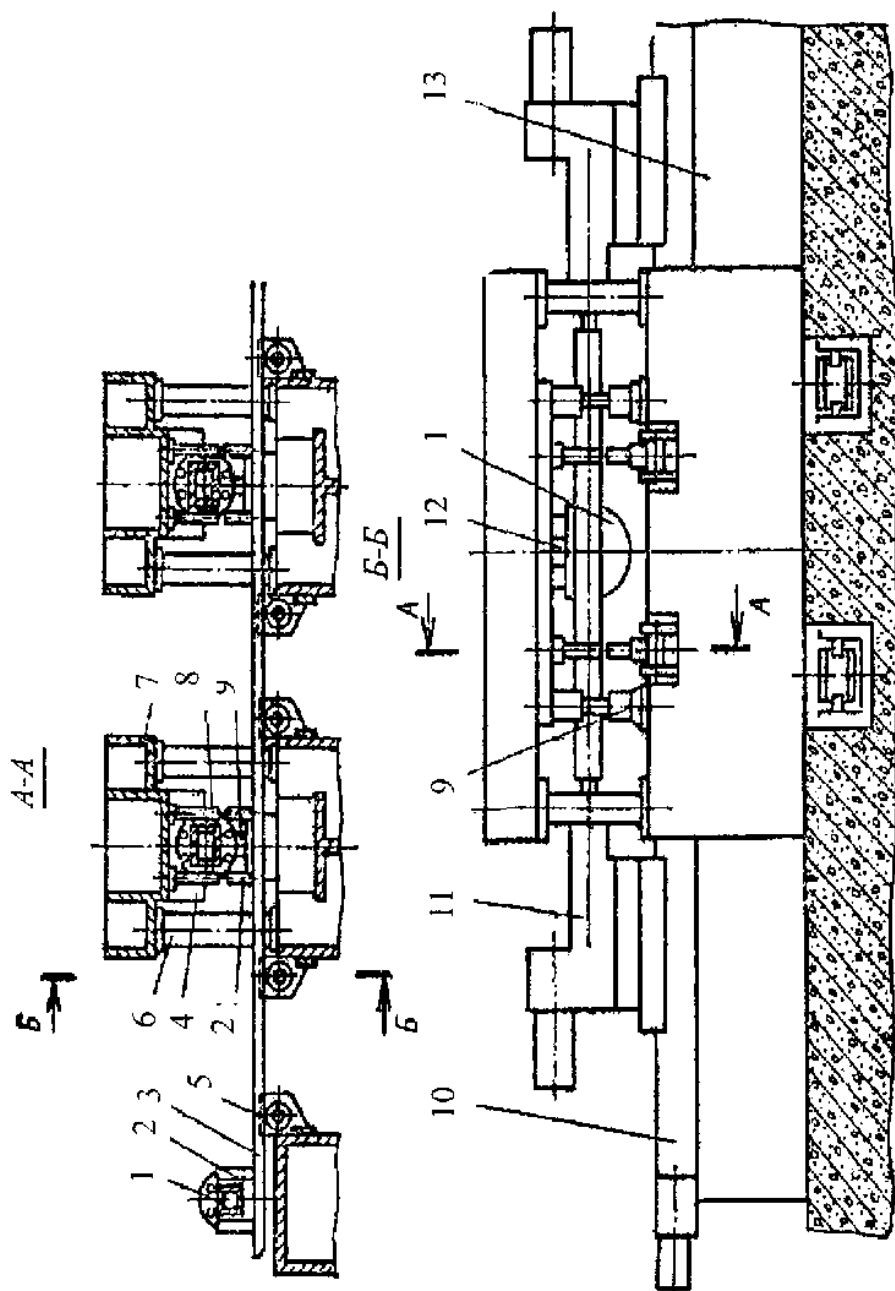


Рисунок 10.25. Типові вузли при комплектуванні автоматичних ліній зі стаціонарними пристроями для обробки картерів ведучих мостів автомобілів

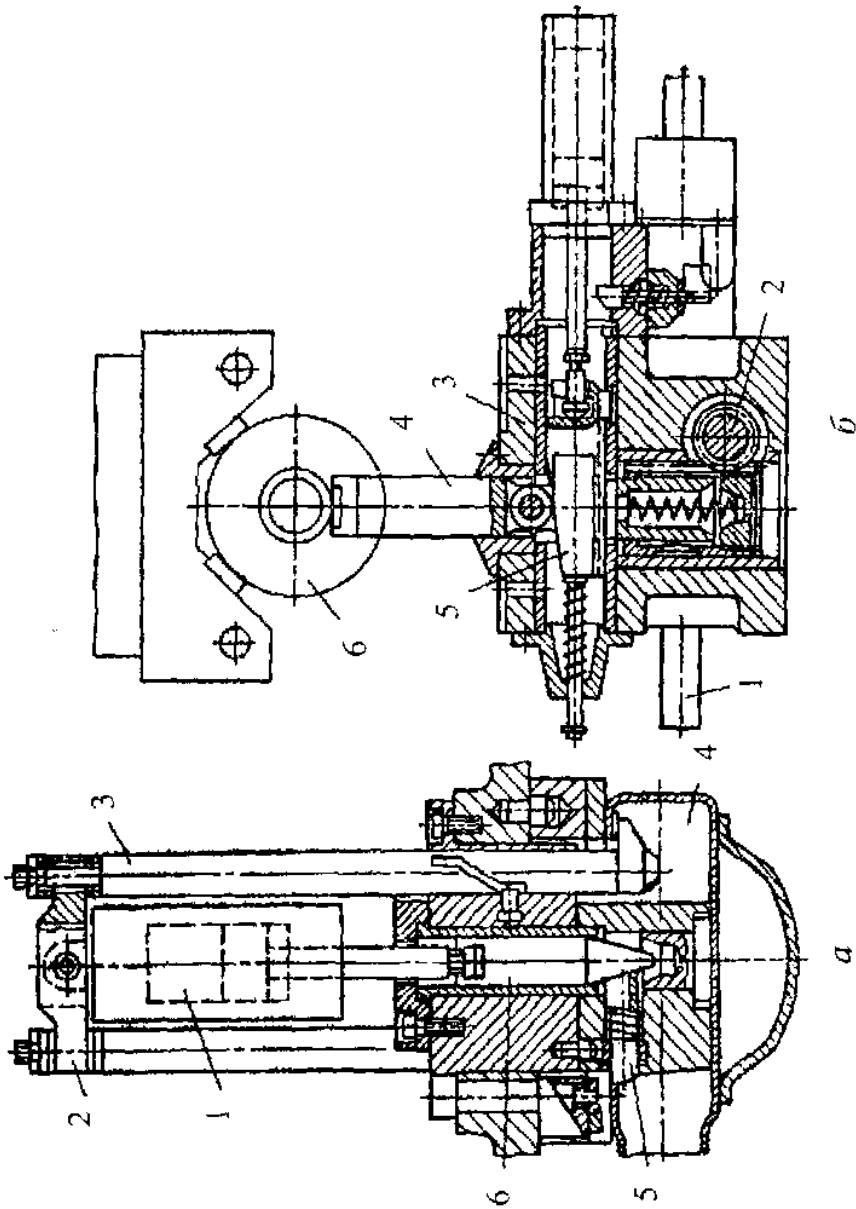


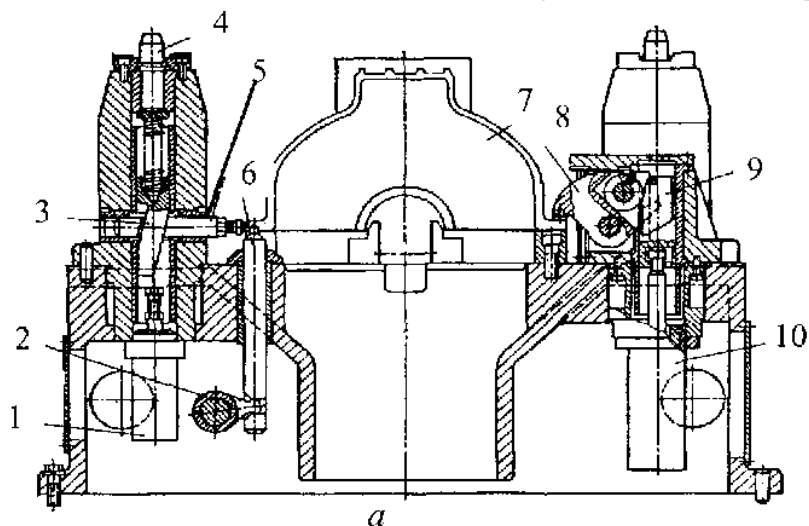
Рисунок 10.26. Механізми: а) центрування картера ведучого моста в стаціонарному пристрої; б) — підйому і затиску картера ведучого моста в стаціонарному пристрої.



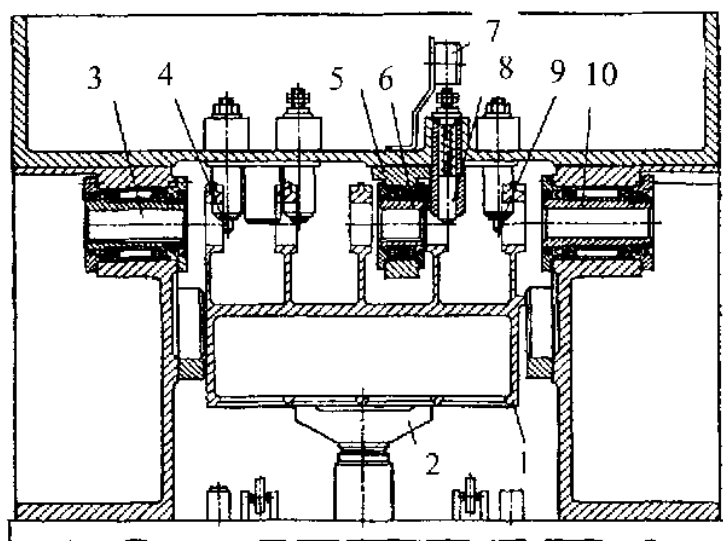
В конструкції механізму центрування (рисунок 10.26, *а*) приводом є гідравлічний циліндр 1. Кут  $30^\circ$  при вершині конуса штовхача 6 дозволяє збільшити зусилля на centruючі сухарі 5 в 2–2,5 рази. Зусилля на прихватах 3, що передається коромислом 2, виявляється при цьому у 20–25 разів менше зусилля центрування. Це забезпечує надійне центрування картерів 4 незалежно від послідовності спрацювання centruючого і затискного елементів. Механізм підйому і затиску (рисунок 10.26, *б*) працює таким чином: підйом заготовки 6 здійснюється штовхачем 4 через рейково-шестеренчастий механізм 2 з приводом від тяги 1. Затиск заготовки здійснюється через клиновий механізм 5, що встановлений в корпусі 3.

Типові компоновання стаціонарних пристроїв АЛ і АВ наведено на рисунку 10.27, *а–е* [14]. Заготовки в пристроях можуть базуватися на поверхнях, що розташовані горизонтально (рисунок 10.27, *а–б*), вертикально (рисунок 10.27, *г*) або під кутом до горизонту. При горизонтальному розташуванні баз заготовка може притискуватись до низу (рисунок 10.27, *а, в*) або до верху (рисунок 10.27, *б, е*). Друга схема краща з точки зору захисту базових поверхонь від стружки, емульсії і подібне, але ускладнює конструкцію; в деяких випадках не забезпечує потрібної жорсткості.

Для орієнтації деталей в стаціонарних пристроях застосовують нерухомі (рисунок 10.27, *б*) або рухомі (рисунок 10.27, *а, в, г*) фіксатори, базуючі колодки (рисунок 10.27, *е*), призми і подібне. Пристрої можуть бути одномісними (рисунок 10.27 *а–д*) і багатомісними (рисунок 10.27, *е*). Обробка заготовок в стаціонарних пристроях може провадитись інструментом, що не має додатково напрямлення (рисунок 10.27, *д*) або напрямлюваним кондукторними втулками (рисунок 10.27 *а–г*). Втулки розміщуються безпосередньо в пристрої (рисунок 10.27, *б–г*) або в рухомій кондукторній плиті, що зв'язана із шпindelним вузлом і орієнтується по пальцях фіксації 4 (рисунок 10.27, *а*). Кондукторні втулки-нерухомі (рисунок 10.27, *в–г*) або обертаючі (рисунок 10.27, *б*). Як приклад пристроїв-супутників одномісних показано на рисунку 10.28.



а



б

Рисунок 10.27. Станіонарні пристрої: а) – одномісний з базуванням заготовки на горизонтальну площину з висувними фіксаторами, гідравлічним клино-роликівим приводом поворотного прихвата з самоустановною боковою опорою; 1 і 10 – гідроциліндри; 2 – привод фіксаторів; 3 – клиновий механізм; 4 – палець фіксації кондукторної плити; 5 – самоустановна опора; б) одномісний порталного типу з притискуванням заготовки до верху; 1 – оброблювана заготовка; 2 – притискач; 3, 6, 10 – обертаючі кондукторні втулки; 4, 9 – нерухомі пальці; 5 – кронштейн; 7 – кільцевий вимикач; 8 – штовхач

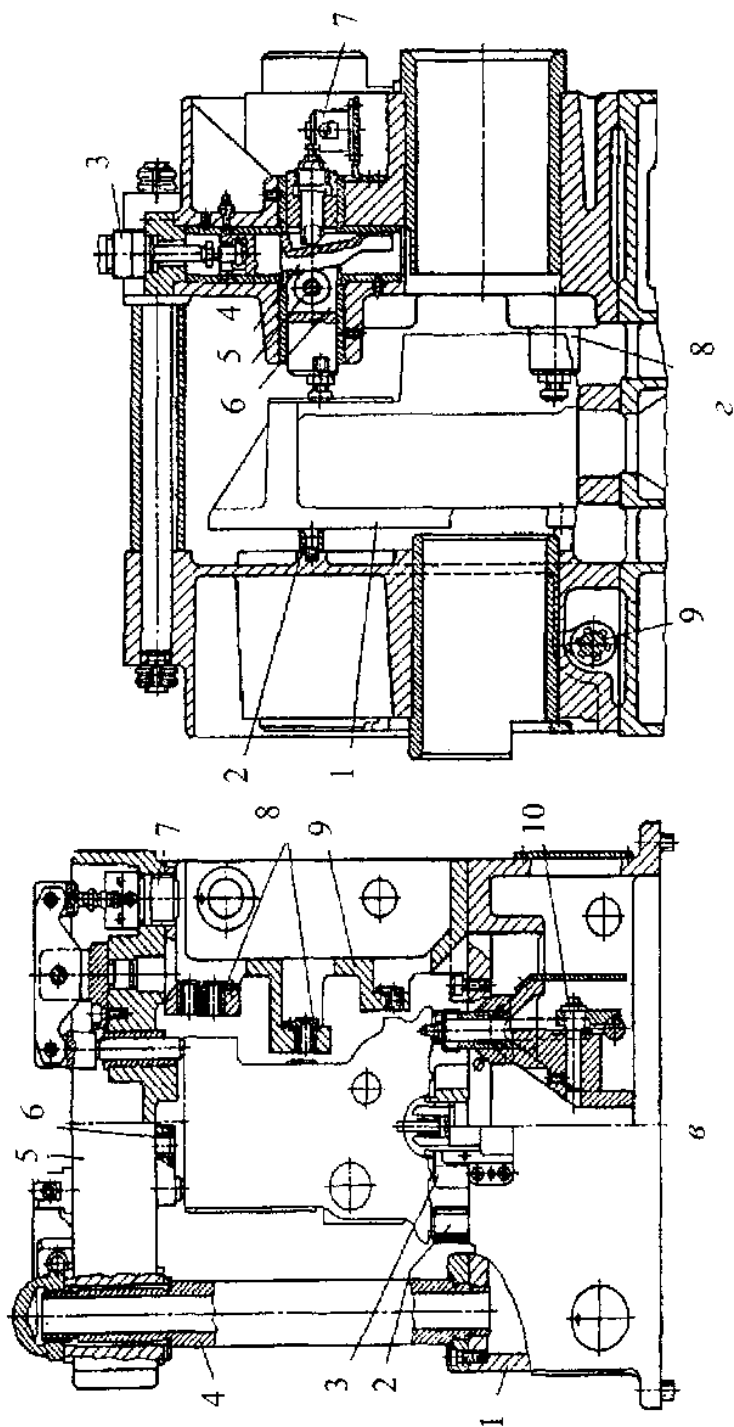
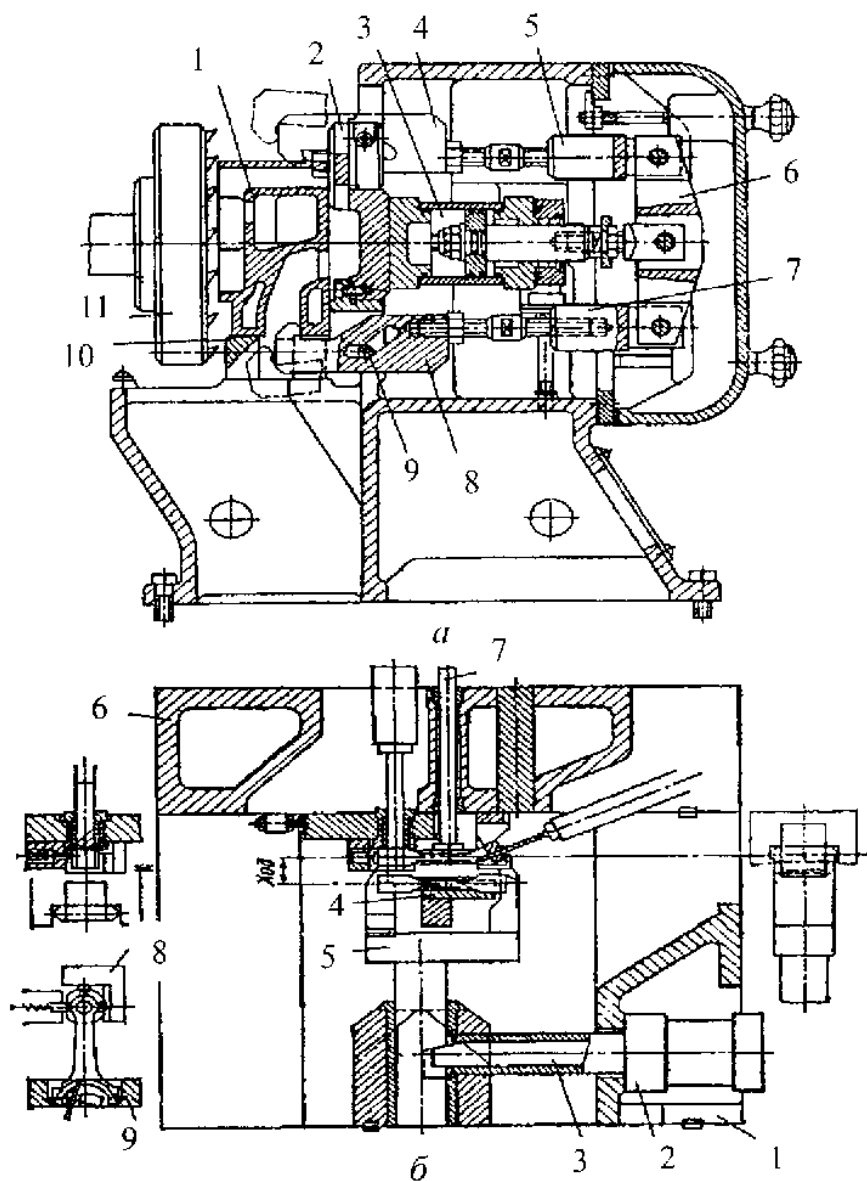


Рисунок 10.27. Стационарні пристрої: а) одноісний порталний типологічного типу з притисканням заготовки до низу; б) корпус; 2 – опорний платик; 3 – напрямна планка; 4 –

стояк; 5 – портал; 6, 8 – кондукторні втулки; 7 – гідроциліндр затиску; 9 – кондукторний

стояк; 10 – привод фіксаторів; з) одноісний з вертикальним розташуванням поверхні базування заготовки; 1 – оброблювана заготовка; 2 – бокові базові планки; 3 – гідроциліндр; 4 – клин; 5 – ролик; 6, 8 – плунжер; 7 – кінцевий вимикач; 9 – привод фіксаторів.



**Рисунок 10.27.** Станіонарні пристрої: *а)* одномісний з комбінованим розташуванням поверхнь базування заготовки (без фіксатора); 1 – оброблювана заготовка; 2, 10 – базові планки; 3 – гідроциліндр; 4, 8 – прихвати; 5, 7 – тяги; 6 – коромисло; 9 – штифти; 11 – фреза; *б)* багатомісний порталного типу з затисканням заготовок до верху; 1 – стояк; 2 – гідроциліндр; 3 – клин; 4 – штанга транспортера; 5 – штовхач (притискач); 6 – портал; 7 – виштовхувач; 8, 9 – базуючі елементи.

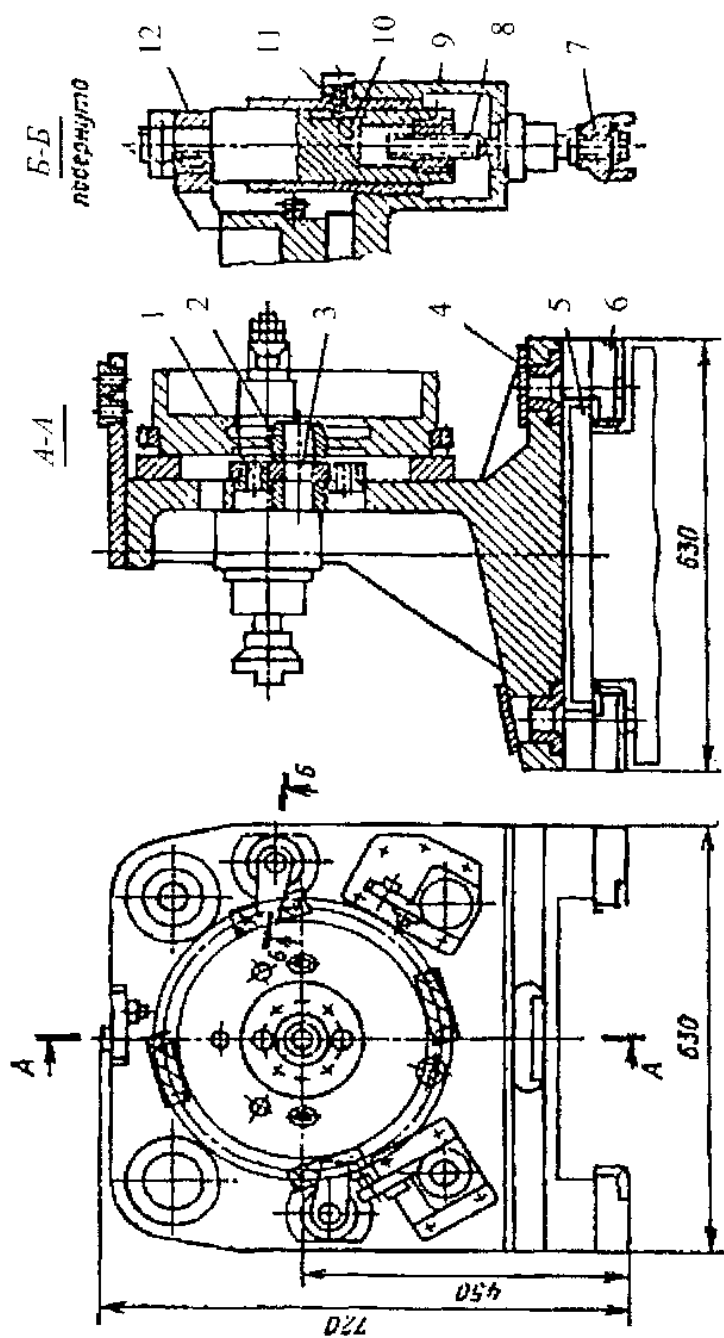


Рисунок 10.28. Пристрої –супутники одномісні:

а) – для обробки маховика з базуванням заготовки по площині і центральному отвору;  
 1 – кондукторні втулки; 2 – базова втулка; 3 – фланець; 4 – втулки фіксації пристрою-супутника; 5 – базова планка стачії фіксації і затиску пристрою-супутника; 6 – затиски планки супутника; 7 – напівмуфта; 8 – гвинт затиску; 9 – гайка; 10 – тяга; 11 – штифт; 12 – прихват

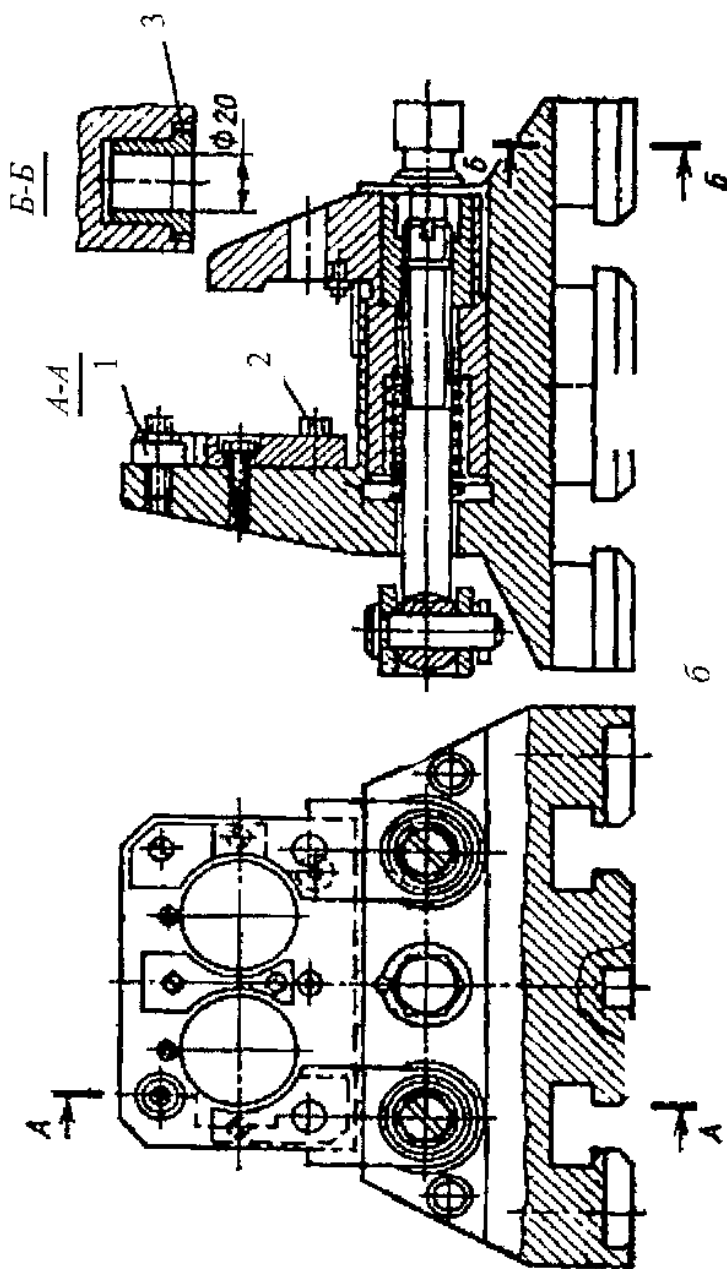


Рисунок 10.28. Пристрої –супутники однієї:  
 б) для обробки корпусу камери карбюратора з базуванням заготовки по площині і двох  
 отворах: 1 і 2 – базові пальці, 3 – втулка фіксації супутника.

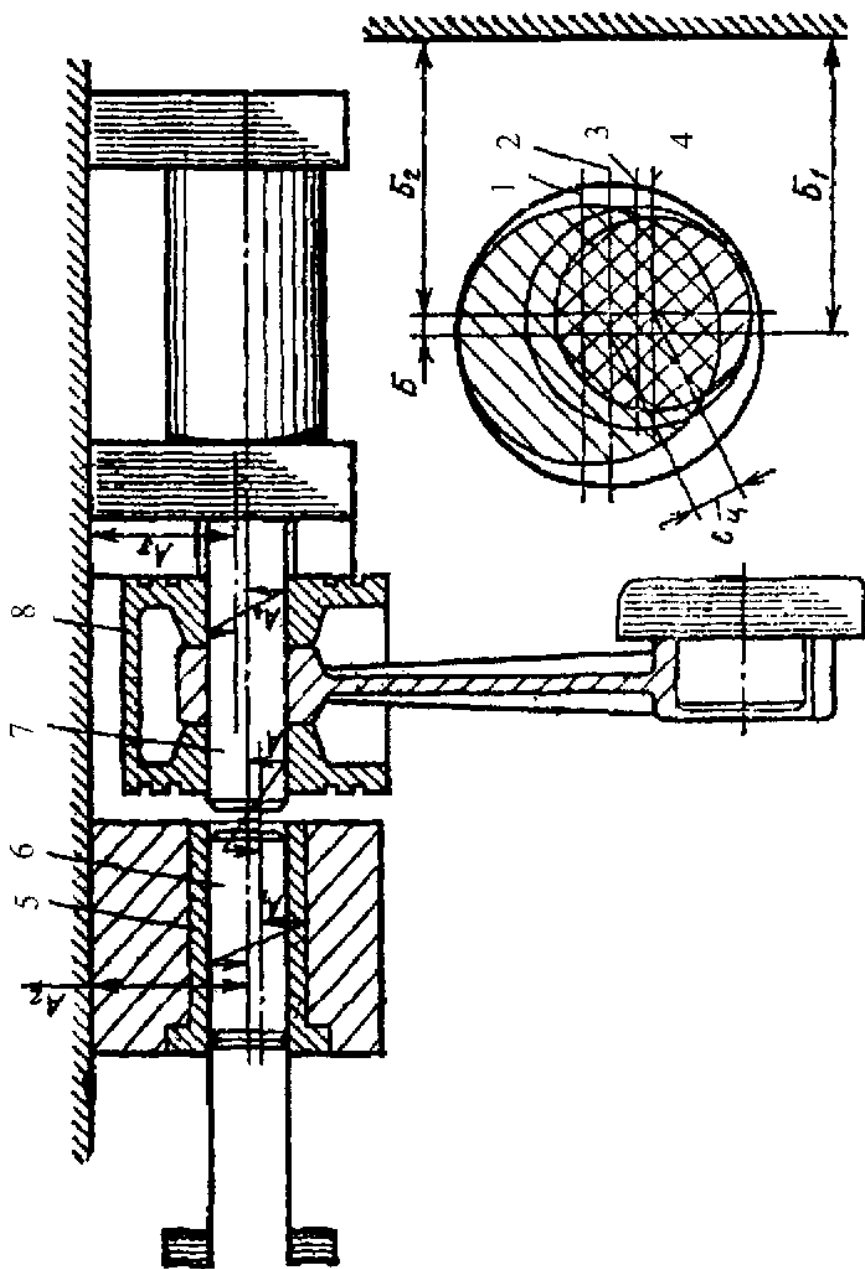


Рисунок 10.29. Схема базування при складанні поршня з пальцем і шатуном:  
1 – вісь стержня; 2 – вісь поршня 8; 3 – вісь втулки 5; 4 – вісь пальця 6

На рисунку 10.29 показано схему базування при складанні поршня з пальцем і шатуном. На схемі базування поршня і шатуна проводять за допомогою центруючого стержня 7, діаметр якого декілька менше діаметрів деталей, що базуються, деталі на ньому повисають у вертикальному положенні. Базування ж пальця 6 проводять за допомогою втулки 5. Забезпечення співвісності пальця з отвором у поршні і шатуні визначається розмірними ланцюгами А і Б [15]:

$$A = A_1 + A_2 - A_3 - A_4 \text{ і } B = B_1 - B_2,$$

де  $A$  і  $B$  – зміщення осі пальця відносно осі отвору в поршні відповідно у вертикальній і горизонтальній площинах;  $A_1$  – відхилення від співвісності осей пальця 4 і напрямної втулки 3;  $A_2$  – відстань від осі напрямної втулки до бази;  $A_3$  – відстань від бази до осі стержня;  $A_4$  – відхилення від співвісності осей стержня 1 і отвору в поршні 2;  $B_1$  – відстань від бази до осі отвору в поршні 2;  $B_2$  – відстань від бази до осі пальця 4.

Рівняння допусків замикаючих ланок за методом повної взаємозамінності,

$$T_A = T_{A1} + T_{A2} + T_{A3} + T_{A4}; \quad T_B = T_{B1} + T_{B2}.$$

Тоді незбігання осей у просторі

$$T_{AB} = \sqrt{T_A^2 + T_B^2} = \sqrt{(T_{A1} + T_{A2} + T_{A3} + T_{A4})^2 + (T_{B1} + T_{B2})^2}.$$

Складання можливим буде в тому випадку, якщо відхилення  $T_{AB}$  буде менше, ніж відхилення, що визначено з умови при якій можливо складання  $\Delta_E$ , тобто буде виконана умова  $\Delta_E \geq T_{AB}$ . Умова за якої можливо складання для даної схеми базування:

$$\Delta_E = \frac{d_{o \min} - d_{p \max}}{2} + C,$$

де  $d_{o \min}$  – мінімальний діаметр отвору в поршні;  $d_{p \max}$  – максимальний діаметр пальця;  $C$  – величина фаски на пальці.

Виходячи з наведеної нерівності, необхідно призначити допуски на ланки розмірного ланцюга, що зв'язані з пристроєм.

При виборі іншого метода досягнення точності розмірів ланцюги розраховуються згідно з державним стандартом.

На рисунку 10.30 наведено пристрій-супутник для встановлення вилки і хрестовини кардана. Пристрій-супутники встановлено на



поворотному столі шестипозиційного складального напівавтомата. На основі 1 встановлено два повзуна 2 з запресованими втулками 4, які перемішуються гвинтом 3, що має праву і ліву нарізку. Гвинт 3 одержує обертання через рейку 5 шестерні 6, 7, 8 від штока гідроциліндра. Вилку кардана встановлюють на оправку 9 і опору 11, хрестовина ж нарізним отвором надівається на конічну частину підпружиненого орієнтача 10, а цапфами встановлюється на призми 14 повзунів 2, які забезпечують точність положення хрестовини для встановлення підшипників. Після встановлення вилки і хрестовини пристрій-супутник переміщується на позицію центрування.

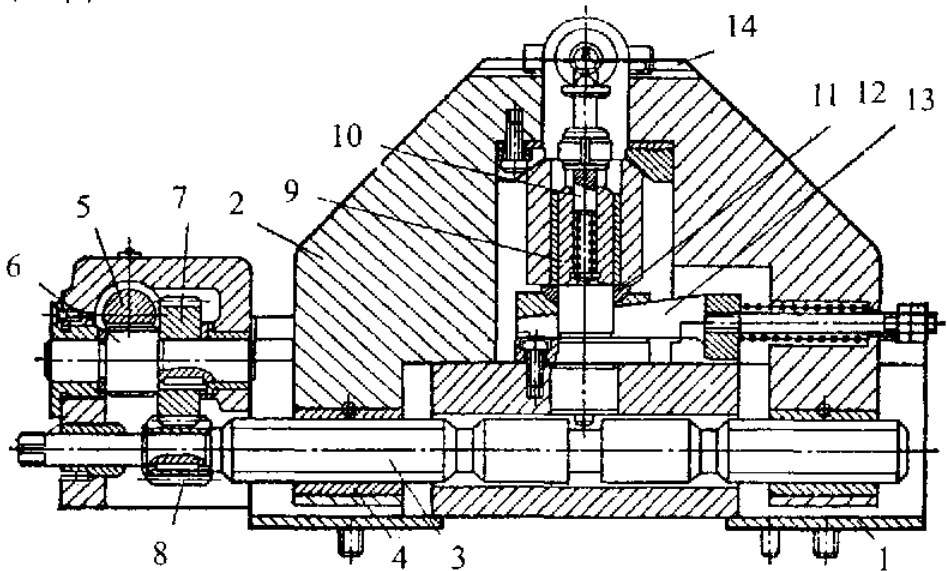


Рисунок 10.30. Схема пристрою-супутника для встановлення вилки і хрестовини кардана: 1 – основа; 2 – повзуни з призми 14; 3 – гвинт; 4 – гайка; 5 – рейка; 6, 7, 8 – шестерні; 9 – оправка; 10 – орієнтач; 11, 12 – кулькова опора; 13 – клин.

Двобічний центруючий пристрій (рисунок 10.31 – показано одну його половину) складається із стоек 1, в яких розміщено орієнтачі 2, що зв'язані із штоком 5 гідроциліндрів 6. Після встановлення пристрою-супутника на центруючій позиції орієнтачі за допомогою гідроциліндрів рухаються назустріч один одному і, сходяться, одночасно центрують вилку по отворах під підшипники, а хрестовину – по зовнішнім поверхням цапф. Після центру-

вання вилки клин 13 (рисунок 10.30) вибирає зазор між опорою 11 і торцем втулки. Потім гвинт 3, який одержує обертання від гідроциліндра через передачі 5, 6 і 7, 8 переміщує повзун 2 до центра і через упори 14 притискує вилку до опори 11.3 точно зафіксованим положенням вилки і хрестовики пристрій-сутутник переміщується на наступну позицію, де відбувається автоматична подача підшипників і запресування.

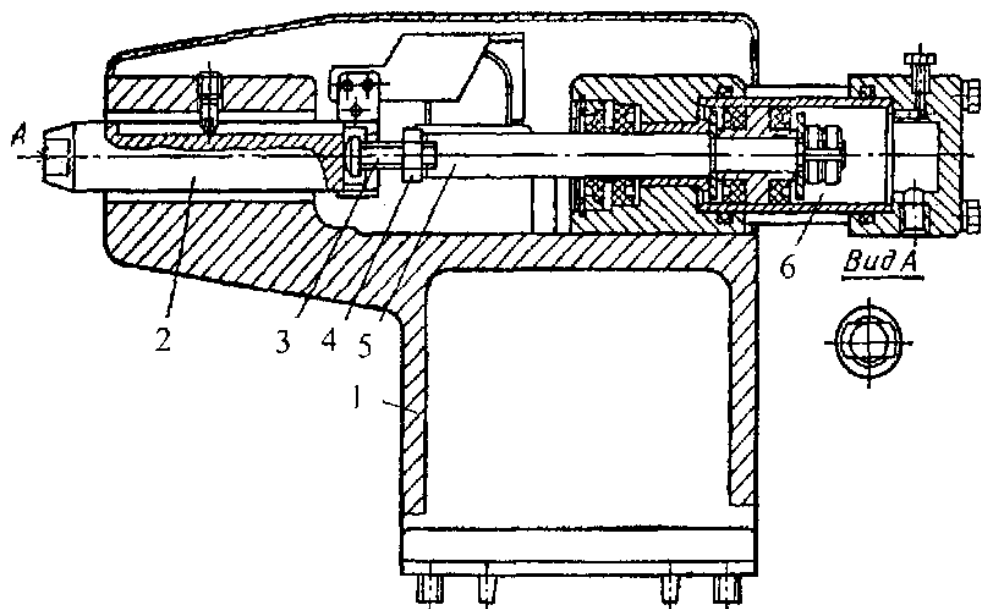


Рисунок 10.31. Схема центруючого пристрою: 1 – стояк; 2 – орієнтач; 3 – болт; 4 – гайка; 5 – шток; 6 - гідроциліндр

## Запитання для самоконтролю

1. Чому потрібно автоматизувати пристрої? Назвіть функції технологічного процесу, які можна автоматизувати.
2. Які особливі вимоги висувають до автоматизованих пристроїв?
3. Принцип дії автоматизованого пристрою. Наведіть приклади.
4. Призначення завантажувальних бункерів; вимоги до них. Наведіть приклади.

5. Які вимоги ставляться до пристроїв для АВ та АЛ при їх проектуванні?

6. Наведіть класифікацію пристроїв для АВ та АЛ.

7. В чому полягають основні конструктивні особливості пристроїв для АВ та АЛ?

8. В чому полягають особливості встановлення заготовок у пристроях для АВ та АЛ?

9. В чому полягають конструктивні особливості елементів для базування у пристроях для АВ та АЛ?

10. Від яких факторів залежить надійність фіксації заготовок у пристроях для АВ і АЛ?

11. Яку функцію виконують самоустановні та підвідні опори в умовах автоматизованого виробництва?

12. Наведіть приклади конструкції самоустановних опор.

13. Те ж саме щодо підвідних опор.

14. Якими елементами пристрою контролюється правильність базування і встановлення заготовки?

15. Наведіть приклади конструкції елементів пристрою для контролю правильності базування і встановлення заготовки.

16. Які параметри пристроїв до автоматичних ліній необхідно обов'язково розраховувати?

17. Призначення пристроїв-супутників; вимоги до них. Їх переваги та недоліки. Наведіть приклади.

18. Наведіть приклади конструкції пристроїв для АВ та АЛ.

# ТЕМА

# 11

## Складальні пристрої

### 11.1. Призначення та типи складальних пристроїв

Складальні пристрої використовують при вузловому та загальному складанні виробів. Вони є простими, доступними й ефективними засобами механізації ручного складання. А також необхідними додатковими пристроями звичайного та автоматичного складального обладнання. Складальні пристрої забезпечують високу продуктивність і зручність складання, точне, швидке встановлення і закріплення з'єднаних елементів. За ступенем спеціалізації їх поділяють на універсальні та спеціальні.

Універсальні пристрої застосовують в одиничному та мало-серійному виробництві. До них належать плити, складальні балки, призми, косинці, струбцини, домкрати і різні допоміжні деталі та механізми (підкладки, клини, гвинтові прихвати). Плити та балки призначені для встановлення, вивірки та закріплення складуваних вузлів; виготовляють їх із чавуну; на їх обробленій поверхні виконують Т-подібні пази. Плити і балки встановлюють на фундамент на 50...100 мм вище підлоги і ретельно вивіряють у горизонтальному положенні за рівнем. Призми та косинці призначені для встановлення та закріплення вузлів або базових деталей, їх установчі поверхні оброблюють і на них виконують наскрізні, довгасті вікна для кріпильних болтів. Струбцини використовують для тимчасового закріплення деталей та вузлів складуваних машин, а також для виконання деяких допоміжних робіт (виправлення, запресування та розпресування). Домкрати призначені для вивірки та підтримання громіздких і важких деталей та вузлів.

Спеціальні пристрої застосовують у великосерійному і масовому виробництві для виконання певних складальних операцій. За призначенням розрізняють два основних типи спеціальних пристроїв.

До першого типу належать пристрої для нерухомого встановлення та закріплення базових деталей і вузлів складуваного виробу. Пристрої цього типу забезпечують потрібну стійкість деталі в процесі складання і підвищують продуктивність праці, оскільки робітник звільняється від потреби підтримувати об'єкт складання руками. Схему пристрою першого типу для закріплення картера редуктора заднього мосту автомобіля показано на рисунку 11.1, *а*. До пристроїв даного типу звичайно не висувають вимог точного встановлення закріплюваних деталей; сила закріплення має бути достатньою для запобігання зміщенню деталі від дії сил і моментів, які виникають при виконанні складальних операцій.

Для зручності та підвищення продуктивності праці складальників пристрої часто виконують поворотними. Схему пристрою для складання коробки передач показано на рисунку 11.1, *б*. Картер 1 закріплюють на опорах затискачем 2. Після повороту на потрібний кут верхню частину 3 фіксують і закріплюють затискачем 4.

Пристрої для закріплення базових деталей і вузлів можуть бути одно- та багатомісними. Одномісні пристрої призначені для закріплення одного складуваного виробу (рисунок 11.1, *а, б*). При використанні багатомісних пристроїв продуктивність праці складальників підвищується завдяки скороченню допоміжного часу на встановлення виробів.

На багатомісному пристрої працюють за принципом послідовної або паралельної концентрації технологічних переходів. Остання спостерігається при одночасному затягуванні нарізних з'єднань на всіх закріплених у пристроях деталях за допомогою багатошпindelного гайковерта. Багатомісні пристрої мають забезпечувати рівномірне та швидке закріплення всіх деталей. Пристрій із пневматичним затискачем, показаний на рисунку 11.1, *в*, задовольняє цю вимогу.

Пристрої даного типу можуть бути стаціонарними та пересувними. Стаціонарні пристрої встановлюють на верстатах або верстатних стендах, пересувні – на візках або плитах конвєсрів. При складанні невеликих і легких виробів такі пристрої часто знімають з конвєсра на розташоване поруч місце для виконання заданої операції та знову ставлять на конвєср. У цьому разі конвєср призначений лише для транспортування складуваного виробу разом із пристроєм. При автоматичному складанні ці пристрої (пристрої-супутники) мають забезпечувати точне встановлення базових деталей. У таких пристроях потрібно передбачати механізми для знімання готового виробу наприкінці складання.

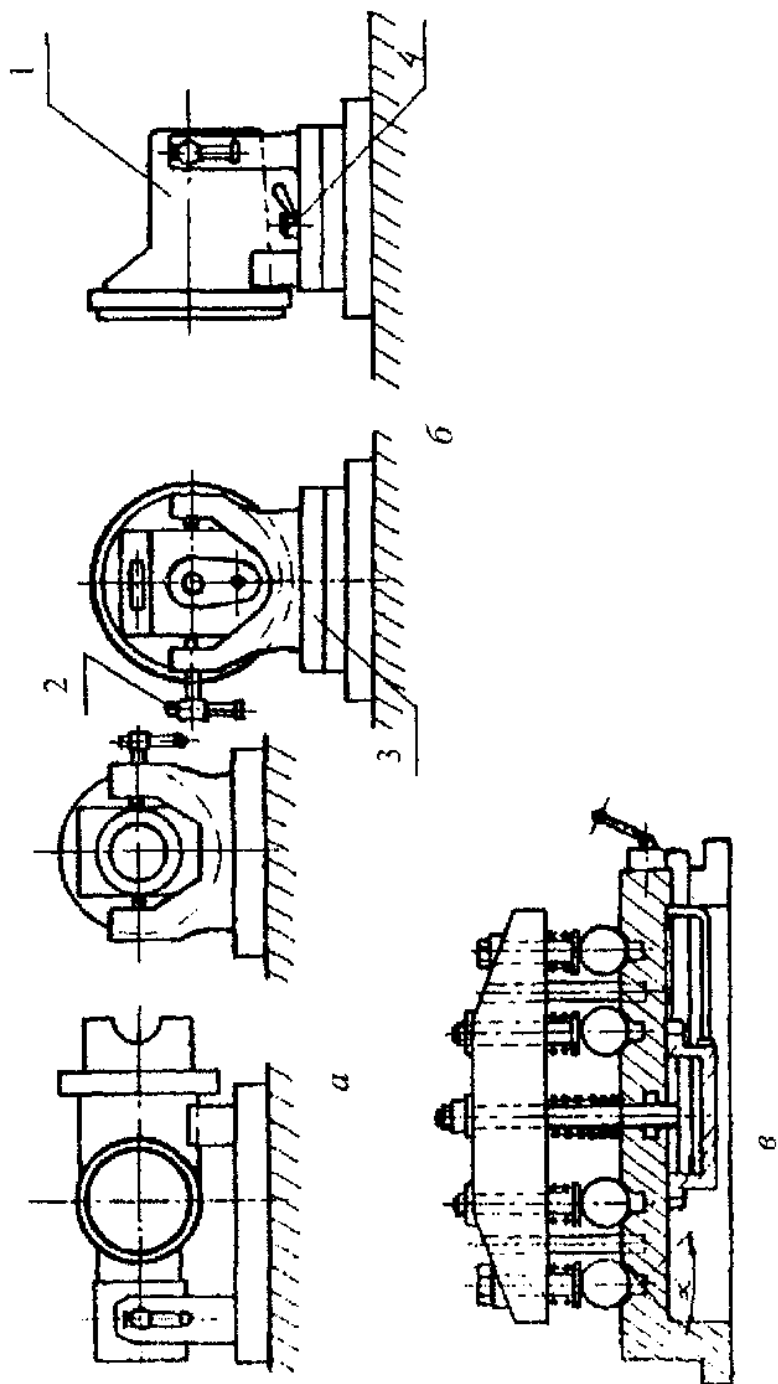


Рисунок 11.1. Схеми спеціальних складальних пристроїв

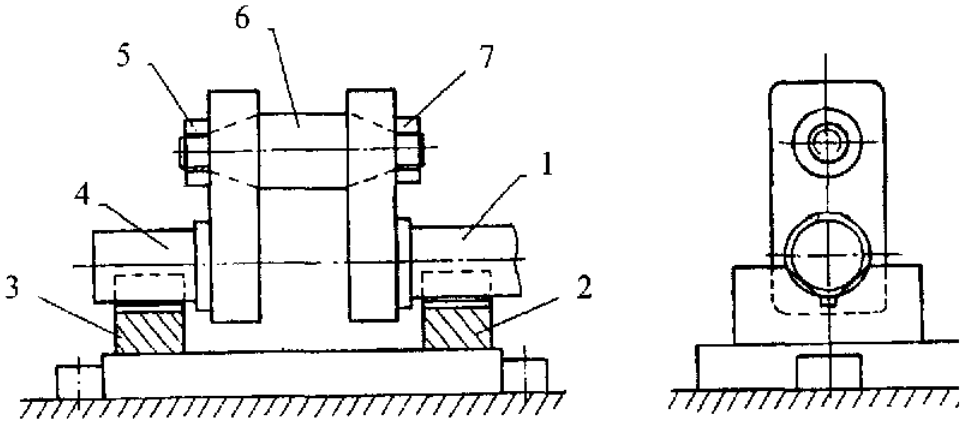


Рисунок 11.2. Схема пристрою для складання збірного колінчастого вала

До другого типу належать спеціальні складальні пристрої для точного і швидкого встановлення з'єднаних деталей або частин виробу. При використанні пристроїв цього типу складальники звільняються від вивірення взаємного положення з'єднаних елементів, оскільки воно забезпечується автоматично доведенням до зіткнення з опорними та напрямними елементами пристрою. Такі пристрої призначені для зварювання, паяння, клепаання, склеювання, розвальцьовування, посадки з натягом нарізних та інших складальних з'єднань і забезпечують істотне підвищення продуктивності.

Спеціальні складальні пристрої другого типу потрібно використовувати при автоматизації складального процесу.

Схему пристрою для складання збірного колінчастого вала, що забезпечує співвісність його корінних шийок 1 і 4, показано на рисунку 11.2. Встановлюють і закріплюють шийки в центруючих призмах 2 і 3 перед затягуванням гайок 5 і 7 кривошипної шийки 6.

Схему пристрою для складання зубчастої передачі приладу показано на рисунку 11.3. В отвори закріпленої в пристрої нижньої пластинки 1 уводять валики 3. Валики підтримуються пружинними вилками повзунів 2, після накладання і закріплення верхньої пластинки 4 на розпорках 5 повзуни відводять назад у напрямках, показаних стрілками.

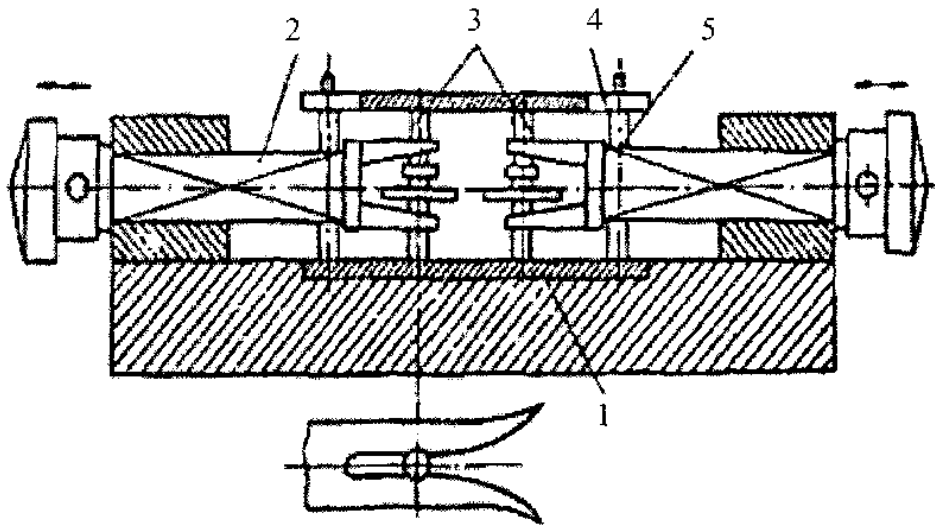


Рисунок 11.3. Схема для складання зубчастого механізму

Пристрої цього типу можуть бути одно- та багатомісними, стаціонарними та пересувними. Пересувні пристрої застосовують при великій програмі випуску дрібних і середніх виробів в умовах конвєсного складання. Вони характерні, зокрема, для складання методом паяння і склеювання.

Поряд з описаними типами складальних пристроїв у машинобудуванні використовують пристрої для попереднього деформування пружних складуваних елементів (пружин, ресор, розрізних кілець тощо), а також для виконання з'єднань із натягом, коли при складанні необхідно прикладати великі зусилля. Пристрої цього типу полегшують працю складальників, підвищують продуктивність. Такі пристрої приводять у дію вручну або за допомогою підсилювачів (важільних, гвинтових, комбінованих) чи силових вузлів (пневмо-, гідро- або електроприводів).

Схему пристрою для надягання кілець на поршень показано на рисунку 11.4. Кільця 4 закладають замками вниз між рухомими півкільцями 6. Конусну оправку 3 важелем 1 уводять у кільця і розтискують їх до розміру, потрібного для вільного введення поршня. Натискаючи на педаль, робітник через шарнірну систему 2 і повзун 7 стискує півкільця і кільця, утримуючи останні в розведе-



ному стані після відведення оправки 3 вліво. Після встановлення поршня 5 педаль звільняється і кільця сідають у свої канавки.

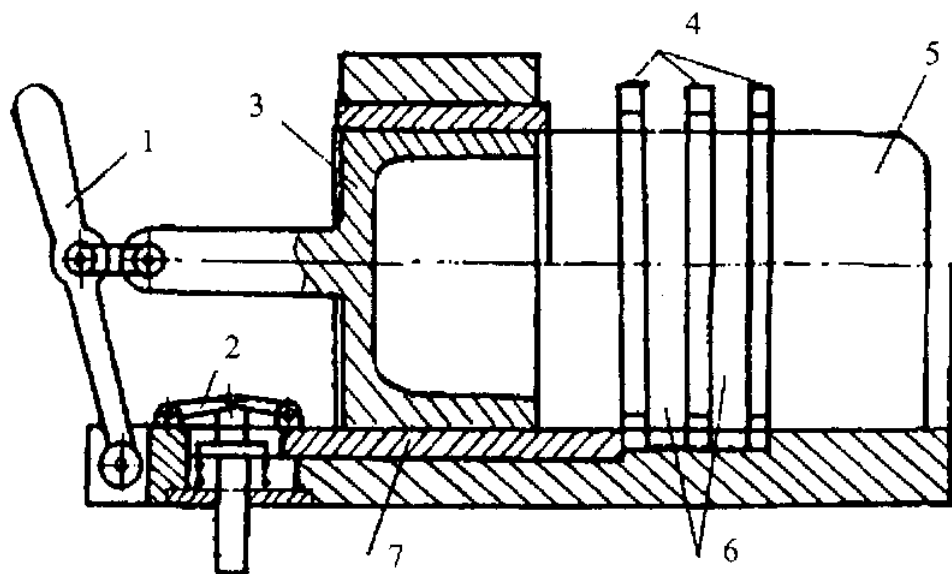


Рисунок 11.4. Схема пристрою для надягання кілець на поршень

Як приклад на рисунку 11.5, а показано схему пристрою з пневматичним приводом для складання муфти зчеплення автомобільного двигуна. При складанні необхідно попередньо стиснути пружину 1, яка знаходиться між натискним диском 2 і кожухом 3. Це досягається осаджуванням кожуха чотирма Г-подібними прихватами 4, з'єднаними з пневматичною системою 5. Потім закручують гайки. Після підняття прихватів складену муфту виймають з пристрою.

Схему пристрою для усунення перекосу при запресуванні тонкого диску 2 на вал 3 показано на рисунку 11.5, б. Диск напружляється за допомогою гільзи. Пристрій встановлюють на стіл 4 преса, а запресування виконують повзуном 1 до упору.

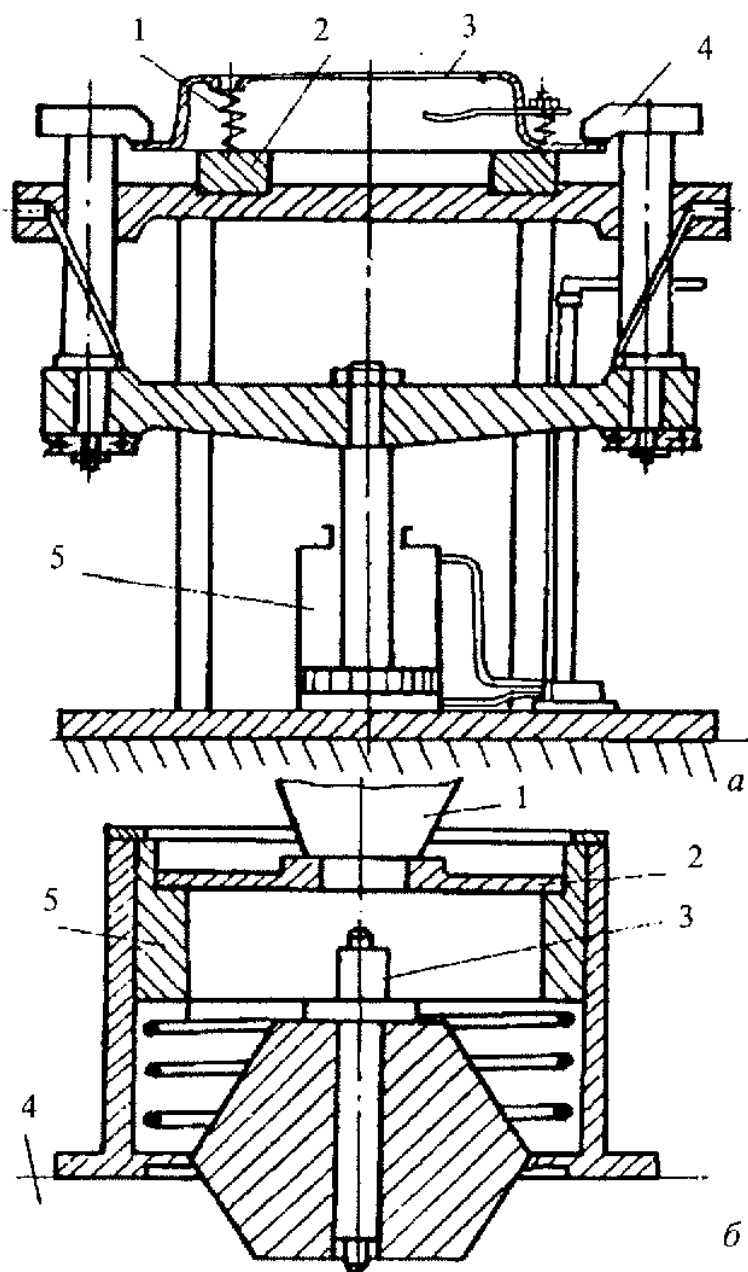


Рисунок 11.5. Схеми пристроїв: *а* – для складання муфт зчеплення; *б* – для запресування дисків на вал

## 11.2. Елементи складальних пристроїв

Спеціальні складальні пристрої складаються з корпусу і змонтованих на його основі установчих елементів і затискачів. Призначення установчих елементів таке саме, що й у верстатних та контрольних пристроях, тобто забезпечувати потрібне положення деталей і частин виробу без вивірки. Як установчі елементи застосовують розглянуті раніше стандартні або спеціальні деталі залежно від виду використовуваних установчих баз. Оскільки установчими базами є остаточно оброблені поверхні деталей складуваного вузла, то установчі елементи пристрою повинні мати достатні опорні поверхні (постійні опори з плоскою головкою, опорні пластини, широкі призми, пальці та інші елементи). У пристроях для закріплення базових деталей установчі елементи часто облицьовують твердою гумою або пластмасами, щоб запобігти псуванню поверхонь цих деталей.

За допомогою затискачів фіксують отримане положення складуваних деталей і забезпечують їх стійкість у процесі виконання складальної операції. Затискачі запобігають зміщенню складуваного виробу під впливом сил, то виникають при складанні. Разом із тим, вони не повинні деформувати деталі виробу або псувати їх поверхні. Це забезпечується використанням м'яких вставок у затискні елементи.

У складальних пристроях застосовують такі самі затискні механізми, що й у верстатних пристроях. Якщо робоча зона пристрою обмежена потребою подачі з'єднаних деталей, складними траєкторіями, затискач повинен мати якомога менші габаритні розміри і розташовуватися так, щоб не утруднювати складання. Цій вимозі задовольняють низько розташовані прихвати і Г-подібні притискачі. Для скорочення допоміжного часу затискачі приводять у дію від силових вузлів – пневмо- або гідроциліндрів. При використанні гідроциліндрів одержують компактнішу конструкцію складального пристрою.

Через те, що складуваний вузол може намагнічуватися, закріплювати його базові деталі безпосередньо на магнітній (електромагнітній) плиті неприпустимо. Для невеликих сил закріплення дуже зручні швидкодіючі вакуумні затискачі, а для великих – пружинні. Останні часто застосовують у пристроях для паяння та склеювання деталей. Вони не перешкоджають тепловому розши-

ренню деталей при нагріванні та їх стиску при охолодженні. Для виготовлення пружин у цьому разі застосовують сплави на основі  $\text{Co} - \text{Ni} - \text{Cr} - \text{W} - \text{Mo}$ , які витримують високу температуру нагрівання (до  $400^\circ \text{C}$ ) без помітного зниження механічних властивостей. Пружинні затискачі застосовують також на стаціонарних пристроях і на пристроях-супутниках.

Для визначення сил закріплення необхідно знати умови виконання складальних процесів. Так, при склеюванні (клеєм БФ-2 та ін.) сила притискання з'єднаних деталей має дорівнювати  $15 \dots 20 \text{ МПа}$  [8]. При паянні силу притискання встановлюють з умов міцної фіксації складуваних деталей.

При виконанні нарізних з'єднань базова деталь виробу сприймає реактивний момент від затягування цих з'єднань, тому їх необхідно міцно утримувати від провертання. У разі використання багатошпindelного пристрою для закручування гвинтів реактивний момент сприймається базовою деталлю і корпусом пристрою. Знаючи силу або момент, схему встановлення і закріплення складуваного виробу, а також реакції опор, можна знайти потрібну силу закріплення. Методика розрахунку сил закріплення така сама, як і у верстатних пристроях.

Розрахунок сил закріплення – це розв'язання задачі статичної рівноваги виробу під дією прикладених до нього зовнішніх сил.

Знайдена сила закріплення має дорівнювати попередньо визначеній з умов допустимої деформації базової деталі виробу або бути меншою від неї. У зв'язку з цим, вибір місць прикладання сил закріплення має велике значення. Сили закріплення необхідно передавати через закріплені деталі на жорсткі опори пристрою, уникаючи деформацій згинання та скручування. Такі сили слід розраховувати з урахуванням найбільших зсувних сил і моментів.

У розрахунку сили закріплення слід урахувати також коефіцієнт запасу  $K$ . На відміну від методики його визначення при механічній обробці в цьому разі потрібно враховувати коефіцієнт  $K_0 = 1,5$ , а також три коефіцієнти, які враховують умови закріплення виробу [8]:  $K_1$  – коефіцієнт, що характеризує затискач з точки зору сталості сил, які він розвиває (для ручних затискачів  $K_1 = 1,3$ ; для механізованих  $K_1 = 1,0$ );  $K_2$  – коефіцієнт, що характеризує зручність розташування рукояток в інших затискачах (при малому

діапазоні кута повороту  $= 1,0$ ; при повороті рукоятки на кут  $> 90^\circ$  ( $K_2 = 1,2$ );  $K_3$  – коефіцієнт, який ураховують лише за наявності моментів, що намагаються повернути деталь (якщо деталь встановлено на опори з обмеженою площею поверхні контакту, то  $K_3 = 1,0$ , а якщо на планки або інші елементи з великою площею поверхні і контакту, то  $K_3 = 1,5$ ).

При встановленні базової деталі на достатньо великі за площею ділянки її чисто обробленої поверхні коефіцієнт тертя беруть таким, що дорівнює  $0,16$  [8], а для інших випадків – згідно з рекомендаціями, наведеними в темі 3.

До допоміжних приладів складальних пристроїв належать поворотні та ділильні механізми, фіксатори, виштовхувачі та інші елементи. Їх функціональне призначення і конструктивне оформлення такі самі, як і у верстатних пристроях. При конструюванні поворотних механізмів з горизонтальною віссю обертання положення центра ваги виробу у міру приєднання до нього деталей може змінюватися. Положення осі слід вибирати таким, щоб момент повороту був найменшим, а сума робіт на обертання поворотної частини пристрою за всіма переходами складання була мінімальною.

### 11.3. Специфіка конструювання спеціальних складальних пристроїв

При проектуванні складальних пристроїв можна користуватися методикою для пристроїв механічної обробки. Проте є її особливості. Вони полягають, насамперед, у тому, що похибка в складальних пристроях може досягати більших значень, ніж при механічній обробці. Розглянемо це на кількох прикладах.

Точність складання залежить від виду з'єднання деталей, а також від точності складального пристрою.

Найбільша точність забезпечується при складанні з'єднаних деталей за центруючими поверхнями без зазору. У цьому разі пристрій не впливає на точність з'єднання деталей за їх концентричністю (рисунок 11.6, а). При нерухомих з'єднаннях деталей, які орієнтуються при складанні за центруючими елементами з гарантованим зазором, їх найбільше зміщення в боковому напрямі від середнього положення дорівнює максимальному радіальному

зазору. Застосовуючи конічні або розтискні напрямні елементи пристрою (рисунок 11.6, б), можна це зміщення перед остаточним з'єднанням деталей звести до мінімуму.

За відсутності центруючих елементів виріб складають шляхом суміщення технологічних баз з'єднуваних деталей з вимірювальними, тобто з поверхнями, згідно з якими вимірюють заданий розмір. На рисунку 11.6, в показано приклад складання, який відповідає цьому випадку. При складанні деталей 1 і 2 необхідно витримати розмір  $x$ . Технологічними базами цих деталей є вертикальні площадки. Після виконання з'єднання (стик показано жирною лінією) витримуваний розмір  $x$  перевіряють за тими самими площадками. У результаті суміщення технологічних і вимірювальних баз точність складання буде найбільшою, оскільки похибка базування при цьому дорівнює нулю. Розмір  $x$  може змінюватися лише через спрацювання установчих елементів пристрою.

Схему складального пристрою, де технологічні бази деталей не суміщені з вимірювальною, показано на рисунку 11.6, е. У цьому разі витримуваний розмір  $x$  виконується з похибкою базування, яка дорівнює сумі допусків на розміри  $l_1$  і  $l_2$  з'єднуваних деталей.

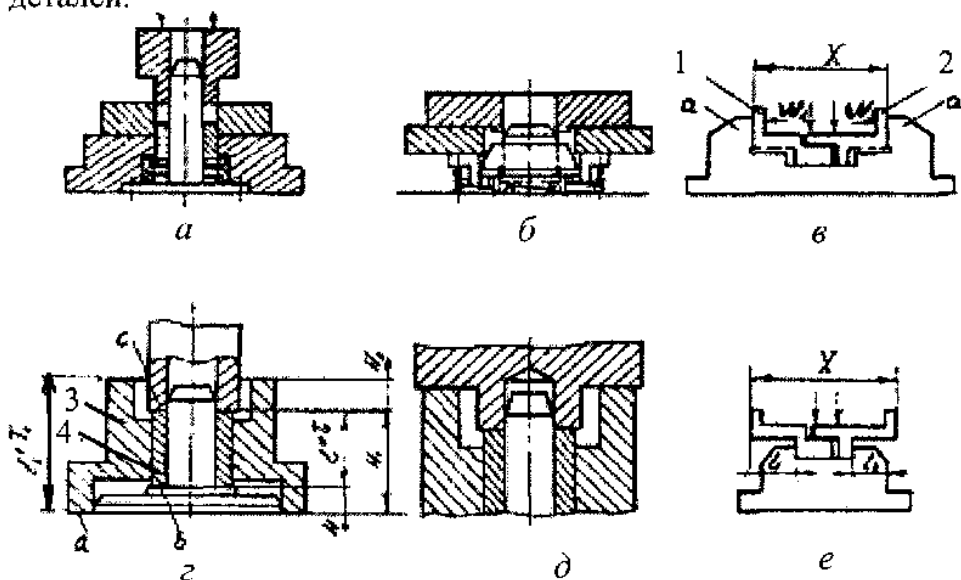


Рисунок 11.6. Конструктивні схеми до розрахунку точності складання

Схему пристрою для запресування втулки 4 у корпус 3 показано на рисунку 11.6, *г*. При складанні витримується розмір  $H$ . Поверхні  $a$  і  $b$  втулки є технологічними і вимірювальними базами. Умова суміщення при цьому виконується, і похибка базування для розміру  $H$  дорівнює нулю. Якщо при складанні витримується розмір  $H_1$ , то умова суміщення виконується лише для деталі 3. Для деталі 4 вона не виконується (поверхня  $b$  – технологічна база, а  $c$  – вимірювальна), оскільки відносно розміру  $H_1$  виникає похибка базування, яка чисельно дорівнює допуску на довжину втулки  $T_1$ . При виконанні розміру  $H_2$  умова суміщення баз, як бачимо з креслення, не виконується для обох з'єднаних деталей. Виникає похибка базування для розміру  $H_2$ , яка чисельно дорівнює  $T_1 + T_2$ , де  $T_2$  – допуск на розмір  $\ell_2$  корпусу.

Змінивши схему пристрою (рисунок 11.6, *д*) та застосувавши ступінчастий наконечник пресуючого механізму, можна привести похибку базування для розміру  $H_2$  до нуля за умови, що на нижньому торці втулки передбачатиметься зазор.

Якщо при складанні обидві деталі закріплюються силами (рисунок 11.6, *в*), то похибка закріплення:

$$\Delta_s = \sqrt{\Delta_{s_1}^2 + \Delta_{s_2}^2}, \quad (11.1)$$

де  $\Delta_{s_1}$ ,  $\Delta_{s_2}$  – похибка закріплення від сили відповідно  $W_1$  і  $W_2$ .

У цьому разі похибка закріплення порівняно з похибкою при встановленні заготовки у верстатний пристрій також збільшується.

При складанні складніших вузлів із великою кількістю деталей точність витримуваного розміру можна визначити на основі розрахунку відповідного розмірного ланцюга. При розв'язанні розмірного ланцюга методом, повної взаємозамінюваності допуск на витримуваний розмір (рисунок 11.7, *а*).

$$T_x = T + \sum_{i=1}^n T_i, \quad (11.2)$$

де  $T$  – допуск на розмір  $L$  пристрою;  $\sum_{i=1}^n T_i$  – сума допусків на розміри  $\ell_1, \ell_2, \dots, \ell_n$  деталей.

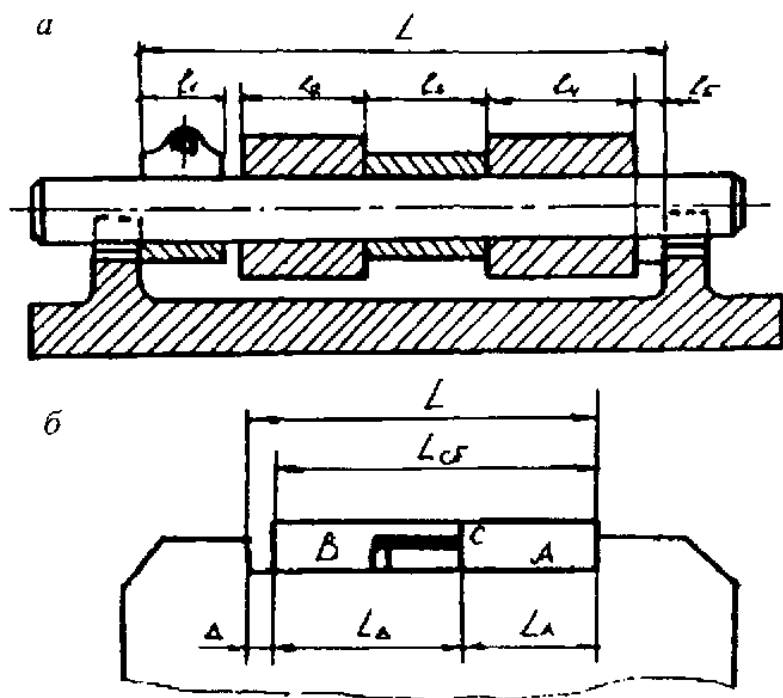


Рисунок 11.7. Схема для розрахунку розмірних ланцюгів складальних пристроїв

Із виразу (11.2) допуск на розмір  $L$  пристрою

$$T = T_x - \sum_{i=1}^n T_i. \quad (11.3)$$

При розв'язанні розмірного ланцюга методом неповної взаємозамінюваності допуск на витримуваний розмір  $x$  можна визначити за формулою:

$$T_x = t \sqrt{\lambda_1 T_1^2 + \lambda_2 T_2^2 + \dots + \lambda_n T_n^2 + \lambda T^2}, \quad (11.4)$$

де  $t$  – коефіцієнт, який визначає ризик (%) одержання браку на витримуваному розмірі при складанні; звичайно беруть  $t = 3$  [8];  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$  – коефіцієнти, що залежать від форми кривих розподілу розмірів відповідних з'єднаних деталей вузла.

Якщо крива розподілу наближається до нормальної, то  $\lambda = 1/9$ . Для кривої рівної ймовірності і коли про форму кривої нічого не відомо, беруть  $\lambda = 1/3$ . Якщо крива розподілу набли-



жається до трикутника, то  $\lambda = 1/6$ . Знаючи початкові величини і задаючись значенням  $T$ , визначають допуск на розмір складального пристрою:

$$T = \sqrt{\frac{1}{\lambda} \left( \frac{T_x^2}{t^2} - \lambda_1 T_1^2 - \lambda_2 T_1^2 - \dots - \lambda_n T_n^2 \right)}. \quad (11.5)$$

Результати розрахунку показують, що при порівняно невеликому ризику одержання браку допуск на розмір пристрою можна істотно розширити. Разом із тим розширюють також допуски на розміри з'єднаних деталей.

При складанні нерознімних з'єднань методом паяння, зварювання та склеювання необхідно враховувати теплові зазори між установчими елементами пристрою і базовими поверхнями складуваного виробу (рисунк 11.7, б). При складних формах деталей визначити потрібний зазор важко, тому, як правило, його визначають експериментально.

#### 11.4. Пристрої для зміни положення виробу при складанні

При великих розмірах виробів для зміни їх положення в процесі складання застосовують поворотні механізми. Схему пристрою для складання виробів циліндричної форми зображено на рисунку 11.8, а. Корпус виробу 1 має ролики 2, на які вкладають деталь 3. Завдяки роликам деталь легко повертається на необхідний кут.

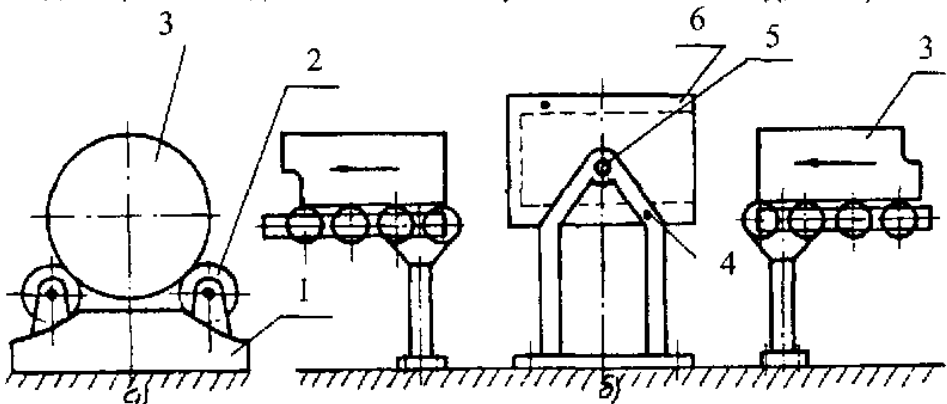


Рисунок 11.8. Схеми пристроїв для зміни положення виробу при складанні

Схему пристрою для перевертання виробу, який складають (оброблюють) на рольгангу, показано на рисунку 11.8, б. Деталь 3 заковують у кліть 6 пристрою і повертають на кут  $180^\circ$  навколо цапф 5, унаслідок чого вона опиняється на другому боці рольгангу в перевернутому стані. Кліть фіксують витягувальним штифтом 4. Центр ваги поворотної частини з горизонтальною віссю обертання і центр ваги виробу мають лежати по можливості на цій осі. Це зменшує момент повороту. Обертають поворотну частину вручну (сила повороту на рукоятці штурвала не повинна перевищувати 100 Н) або вона обертається від силового вузла.

### **Запитання для самоконтролю**

1. Які існують основні типи складальних пристроїв?
2. Перелічіть характерні ознаки складальних пристроїв для мало- і великосерійного та масового виробництва,
3. Як розрізняють спеціальні пристрої за призначенням?
4. Схарактеризуйте складальні пристрої для встановлення і закріплення базових з'єднуваних деталей виробу.
5. Схарактеризуйте складальні пристрої для точного і швидкого встановлення деталей або з'єднуваних частин виробу.
6. Схарактеризуйте складальні пристрої для попереднього деформування пружних елементів.
7. Які установчі елементи застосовують у складальних пристроях?
8. Які затискні елементи застосовують у складальних пристроях?
9. Як розраховують потрібну силу затиску деталі (вузла) при складанні?
10. Які існують допоміжні механізми в складальних пристроях?
11. Викладіть основні особливості методики проектування складальних пристроїв. Наведіть приклади.
12. Наведіть приклади пристроїв для зміни положення виробу при складанні.

# ТЕМА 12

## Контрольні пристрої

### 12.1. Призначення та типи контрольно-вимірювальних пристроїв

Здійснення контролю якості виробів є необхідним у сучасному машинобудуванні, особливо велике значення контролю при виготовленні виробів за принципом повної взаємозамінності. Застосування універсальних вимірювальних інструментів і калібрів не продуктивне, оскільки не завжди забезпечує точність і зручність контролю, а в умовах погоково-автоматизованого виробництва використовуються тільки контрольно-вимірювальні пристрої.

*Контрольно-вимірювальні пристрої* – це спеціальні виробничі засоби вимірювання, які являють собою конструктивне поєднання елементів базування, затискних, передатних та вимірювальних елементів.

Завдяки комплексу цих основних елементів контрольно-вимірювальні пристрої забезпечують об'єктивність, точність та якість контролю, а також підвищують продуктивність праці контролерів, поліпшують їхні умови роботи.

*Елементи базування* зумовлюють правильність положення вимірюваних деталей відносно засобів вимірювання. Разом з тим, вони дозволяють знизити до мінімуму трудомісткість операцій встановлення деталей у пристроях.

*Затискні елементи* (пружинні, ексцентриккові, пневматичні та ін.) сприяють підвищенню надійності встановлення деталі у пристрої, не викликаючи при цьому збільшення трудомісткості користування контрольно-вимірювальним пристроєм. Слід зазначити, що значна частина контрольно-вимірювальних пристроїв взагалі не потребує затискних елементів.

*Передатні елементи* (прямі та важільні) призначені для того, щоб передавати на вимірювальні пристосування відхилення параметрів перевірюваних деталей. Застосування прогресивних конструкцій передатних пристосовань (наприклад, безпофтові передачі на

пружних сталевих пластинах) сприяє підвищенню точності вимірювань.

**Вимірювальні елементи** – це головний робочий орган пристрою, який здійснює безпосереднє вимірювання, і в основному, визначає точність, об'єктивність та продуктивність контролю.

Контрольно-вимірювальними пристроями перевіряються різноманітні параметри деталей та вузлів машин:

- лінійні розміри (діаметри отворів та валів, довжини, висоти, глибини тощо);
- взаємне положення поверхонь;
- відхилення від правильної геометричної форми поверхонь деталей (некруглість, нециліндричність тощо);
- нелінійні параметри (пружність, твердість, герметичність стінок та зварених швів тощо);
- випробування працездатності складених вузлів та машин в експлуатаційних умовах або в умовах, наближених до них.

Основні вимоги до контрольно-вимірювальних пристроїв:

- забезпечення оптимальної точності вимірювання;
- забезпечення необхідної продуктивності технічного контролю. При 100% перевірці деталей в потоковому виробництві час контролю не повинен перевищувати темп роботи потокової лінії. Для вибіркового контролю деталей при сталих технологічних процесах їх виготовлення вимоги до продуктивності контрольно-вимірювальних пристроїв можуть бути знижені;

- зручність в експлуатації;
- технологічність у виготовленні, а також зносостійкість;
- відповідність вимогам економічної доцільності. Економічна доцільність контрольно-вимірювальних пристроїв характеризується підвищенням якості продукції з одночасним зменшенням браку, а також скороченням кількості контролерів та зниженням вимог до їх кваліфікації.

К о н т р о л ь н о - в и м і р ю в а л ь н і пристрої поділяють:

- а) за принципом роботи та характером вимірювальних пристосувань, що використовуються;
  - відлікові зі шкальними вимірювачами (індикаторами годинникового типу, пневматичними вимірювачами тощо), за допомогою яких визначають числові значення вимірюваних величин;

- граничні з безшкальними вимірювачами (жорсткими калібрами, щупами тощо), які використовують для сортування деталей на придатні, брак за виходом розміру, що перевіряється, за верхню межу допуску, та брак за виходом розміру, що перевіряється, за нижню межу допуску;

- з комбінованими вимірювачами (електроконтактні датчики з відліковими шкалами тощо), які дають можливість не тільки сортувати деталі за граничними розмірами, але й оцінювати дійсні значення параметрів, що контролюються;

- б) за габаритами, умовами роботи та кількістю контрольованих параметрів: стаціонарні, переносні, одномірні та багатомірні;

- в) за технологічним призначенням: пристрої операційного контролю, приймального (для приймання заготовок, готових деталей та складальних одиниць), активного контролю, а також пристрої для контролю правильності налагодження та протікання технологічного процесу, механізації та автоматизації статистичного контролю.

*Пристрої для приймального контролю заготовок* (вилівок та поковок) і оброблених деталей мають бути надійним заслоном, що охороняє виробництво і складування від браку. Одночасно ці пристрої свідчать про стабільність діючих технологічних процесів.

*Пристрої для контролю правильності обробки деталей* на верстатах є найбільш прогресивними, активно впливають на технологічні процеси і попереджають брак. Контроль у процесі обробки суттєво підвищує продуктивність технологічних процесів, виключає необхідність частих зупинок обладнання для проведення ручного вимірювання.

До групи пристроїв для контролю правильності налагодження та протікання технологічних процесів відносяться, перш за все, вимірювальні пристосування для статистичного аналізу стабільності виробничих операцій, а також різні допоміжні пристосування для встановлення різального інструмента і верстаних пристроїв.

Шляхом монтажу змінних вимірювальних вузлів на універсальних плитах і корпусах можна створити широку і різноманітну номенклатуру збірних контрольно-вимірювальних пристроїв. Їх перевагами є універсальність та низька вартість проектування, виготовлення та налагодження. Крім того, система збірних контрольно-вимірювальних пристроїв, очевидно, може знайти застосування не тільки в умовах масового виробництва, але й при середньо- і навіть малосерійному виробництві.

## 12.2. Принципові схеми вимірювання, бази та установчі елементи

Принципові схеми вимірювання, які можуть бути використані при проектуванні спеціальних контрольно-вимірювальних пристроїв, наведено в довідковій літературі. Для контролю відхилень форми і відносного положення поверхонь найбільш поширені такі схеми: вимірювання відхилень від прямолінійності та площинності; вимірювання відхилень від круглості; вимірювання відхилень профілю поздовжнього перерізу; вимірювання відхилень розташування поверхонь (відхилення від паралельності, перпендикулярності та ін.); вимірювання торцевого та радіального биття; вимірювання відхилень від співвісності; вимірювання перехрещення осей; вимірювання відхилень від симетричності тощо. На всі схеми в довідковій літературі дано рекомендації щодо їх практичного використання.

Вибір баз при проектуванні пристроїв є надто відповідальним моментом, тому тут треба дотримуватись певних правил.

Під *базою вимірювання* прийнято розуміти ті поверхні перевіряваної деталі, якими вона встановлюється на контрольно-вимірювальному пристрої відносно вимірювального пристосування.

Вибір баз при вимірюванні суттєво впливає на точність вимірювань. У практиці необхідно керуватись принципом єдності баз, згідно з яким мають збігатись експлуатаційна, технологічна та вимірювальна бази. З цього випливає, що:

а) вимірювання деталей на проміжному контролі (на поковках, виливках, операційному контролі при механічній обробці) слід проводити від технологічних баз. Інакше кажучи, при проміжному контролі (для перевірки правильності налагодження тієї чи іншої операції) слід використовувати ту технологічну базу, яка прийнята у відповідному верстатному пристрої (на тих же операціях);

б) вимірювання деталей, які повністю оброблені і належать передачі на складування, слід проводити тільки відносно монтажних баз, тобто поверхонь, якими дана деталь встановлюється в машині (вузлі) при складуванні.

При порушенні цього принципу необхідно забезпечити найбільш можливу точність положення вимірювальної бази відносно експлуатаційної чи технологічної бази.

Базування деталі в процесі вимірювання проводиться так, щоб лінія вимірювання збігалась з напрямком вимірюваного розміру. Найменші порушення точності базування часто викликають значні похибки вимірювання.

### Приклад 1

На рисунку 12.1, а показано схему контрольного пристрою для перевірки діаметра деталі 1 в призмі 2. Установча база (твірна 3) не збігається з вимірювальною базою (твірна 4). Тому виникає похибка базування, яка чисельно дорівнює половині допуску на діаметр перевірюваних деталей  $T/2$ . Друга вимірювальна база (твірна 5) займає при перевірці партії деталей різне положення за висотою відносно вимірювального елемента 6, тобто лінія вимірювання не збігається з напрямком вимірюваного розміру, тому з'являється похибка вимірювання

$$\Delta_{\text{вим}} = d - \frac{1}{2} \sqrt{d^2 - \frac{T^2}{\sin^2 \alpha/2}},$$

де  $d$  – найменший діаметр деталі;  $\alpha$  – кут призми.

При контролі партії деталей межі вимірювання дорівнюють не допуску на діаметр, а величині

$$c = T - \varepsilon_6 + \Delta_{\text{вим}} = \frac{T}{2} + \Delta_{\text{вим}}.$$

### Приклад 2

На рисунку 12.1, б показана інша схема контрольного пристрою, при використанні якої  $\varepsilon_6$  і  $\Delta_{\text{вим}}$  дорівнюють нулю. Це досягається суміщенням установчої та вимірювальної баз (напрямна 7) і застосуванням наконечника 8 вимірювального елемента тарілчастої форми.

### Приклад 3

Для підвищення продуктивності контролю використовують багатовимірні контрольні пристрої, які дозволяють одночасно перевіряти декілька розмірів за одне встановлення деталі. Використання таких пристроїв можливе, якщо одна поверхня деталі є установчою

і вимірювальною базою для всіх розмірів, що перевіряються. Ці умови часто забезпечують перерахунком розмірів і допусків деталі.

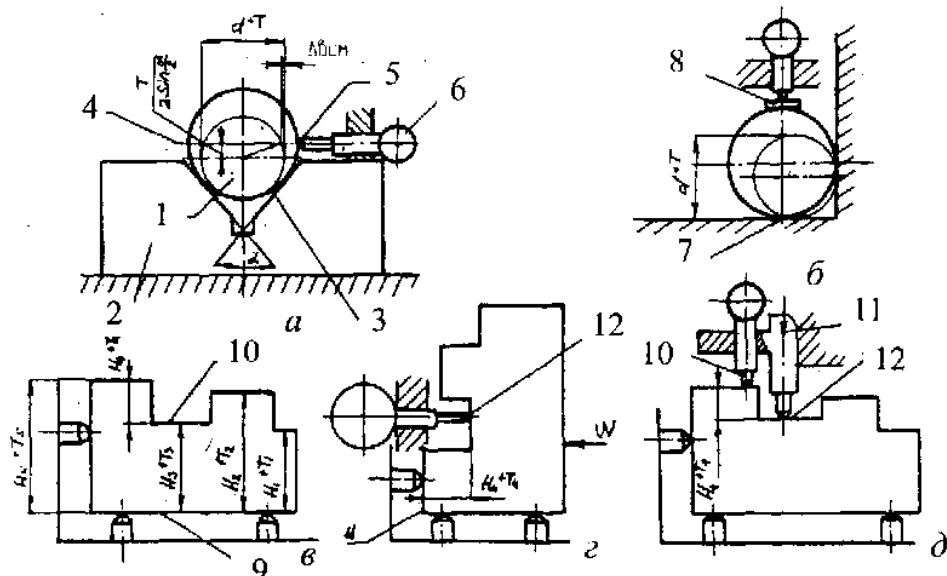


Рисунок 12.1. Схема для аналізу похибки базування

На рисунку 12.1, в показано схему пристрою для одночасної перевірки розмірів  $H_1$ ,  $H_2$ ,  $H_3$ . Поверхня 9 є установчою і загальною для цих розмірів вимірювальною базою. Для перевірки розміру  $H_4$  поверхня 9 є установчою базою, а поверхня 10 – вимірювальною. Для усунення похибки базування можна пропонувати три варіанти розв'язання.

1. Замість розміру  $H_4$  вводиться перевірка розміру  $H_5$ . Приймаючи  $H_4$  за замикальну ланку розмірного ланцюга, отримаємо:

$$T_4 = T_3 + T_5,$$

звідки

$$T_5 = T_4 - T_3.$$

При  $T_3 > T_4$  і неможливості зменшити  $T_3$  розмір  $T_5$  перевіряється в іншому пристрої (див. п. 2).

2. За вимірювальну і установчу базу приймається поверхня 11 (рисунок 12.1, з), а вимірювальний елемент  $m$  підводиться до поверхні 12. Деталь притискується до бокової опори силою  $W$ .



3. Використовується перший пристрій, в якому попередньо настроєний вимірювальний елемент  $m$  підводиться повзуном  $n$  до упора в поверхню 12 (рисунок 12.1,  $d$ ).

В окремих випадках, коли похибка базування менше  $0,10-0,15$  допуску на розмір, що перевіряється (контроль невідповідальної продукції), допускаються схеми контролю при несуміщенні установчих і вимірювальних баз, якщо це спрощує і здешевлює процес контролю і контрольні пристрої, що застосовуються.

Встановлення (базування) деталі, що контролюється, виконують різними способами, основні з них – встановлення на площину, на зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні. Встановлення на інші поверхні, наприклад, нарізну, сферичну, конічну тощо застосовують рідше. Іноді застосовують комбінації з названих вище основних способів базування.

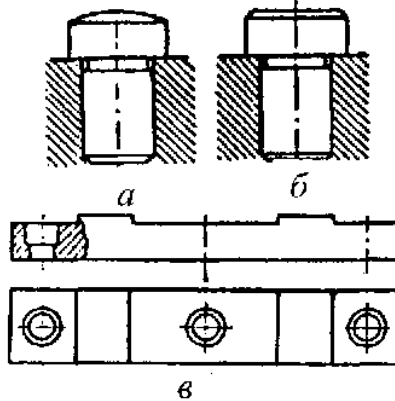


Рисунок 12.2. Опори для базування

**Встановлення на площину.** Базування за площиною застосовується як для оброблених, так і для необроблених поверхонь деталей. Встановлення на необроблені поверхні застосовується у випадках, коли перевіряються розміри з широкими допусками не менше  $1$  мм, тобто при контролі виливок та поковок. В цих випадках рекомендується базування за трьома точками на стандартних опорах зі сферичною поверхнею (рисунок 12.2,  $a$ ). Такі опори швидко зношуються. Більш зносостійкою є опора з плоскою поверхнею (рисунок 12.2,  $б$ ). Вона може бути виконана також у виді планки, яка має дві чи більше опорні площадки (рисунок 12.2,  $в$ ).

При використанні як базу обробленої поверхні деталі можна застосовувати опору на всю поверхню або на три точки – залежно від умов у кожному конкретному випадку. Якщо поверхня деталі, що приймається за базу вимірювання, є приєднуваною площиною у складеному вузлі, то має сенс і на пристрої опирати її на всю площину, з тим щоб максимально наблизити умови роботи деталі у вузлі. Проте і в цьому випадку необхідно враховувати, що на точність базування буде впливати неплоскостність базової поверхні деталі. Якщо опорна площина деталі має деяку опуклість, то це, природно, викличе ненадійність встановлення деталі, що призведе до нестабільності та розбросу показань пристрою.

Для покращення базування в таких випадках опорні площини пристрою слід робити обниженими в середній частині, залишаючи по краю поясок шириною 10–15 мм (рисунк 12.3).

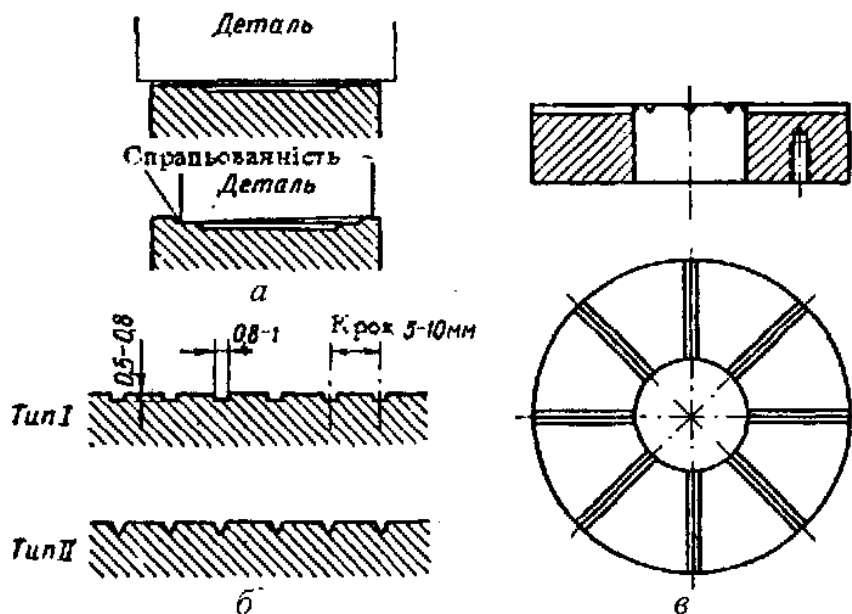


Рисунок 12.3. Плоскі опори

Глибина обниження складає 2–3 мм. Шорсткість опорної поверхні повинна бути в межах  $R_a = 0,32 - 0,63$  мкм. На загальному виді пристрою необхідно вказувати допустиму неплоскостність базової поверхні.

Базова поверхня деталі обов'язково повинна перекривати установчу поверхню опори (рисунок 12.3, *а*), інакше в ній по мірі зношування з'являється місцева спрацьованість, яка призводить до того, що базування стає невизначеним.

Опори без обниження застосовуються у тих випадках, коли базова поверхня деталі ретельно викінчена і має високу площинність. При цьому опори повинні мати шорсткість поверхні  $R_a = 0,16 - 0,125$  мкм і непошорсткість в межах 2–3 мкм.

Для поліпшення очищення бруду і пилу, які знижують точність вимірювання, на опорну поверхню деталі і пристрою наносять канавки типу I або II (рисунок 12.3, *б*). Краще застосовувати канавки типу I. Вони робляться паралельними або перехресними під кутом  $90^\circ$  (у вигляді решітки).

На пристроях, які мають круглі опорні поверхні (для базування деталей типу фланців, круглих кришок і подібне) у випадку обертання деталі, що контролюється в процесі вимірювання, канавки розташовують радіально (рисунок 12.3, *в*).

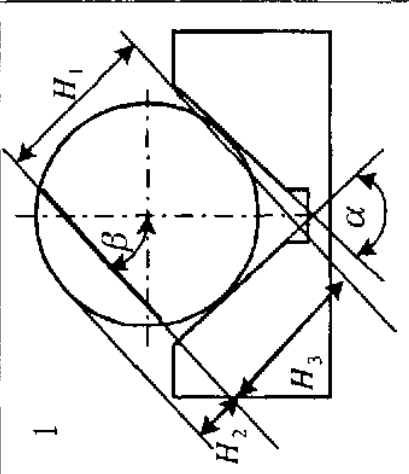
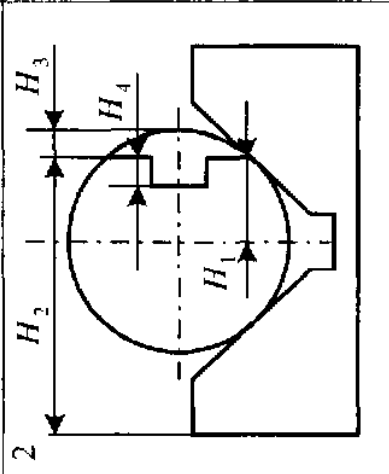
Бажано, щоб конструкція пристрою забезпечувала можливість притирання плоских опорних поверхонь в складеному стані, оскільки навіть ретельно притерта плитка після затягування кріпильних болтів може зжолобитись.

Всі опорні поверхні контрольно-вимірювальних пристроїв необхідно виконувати з високовуглецевих або тих, що піддаються цементації сталей з загартуванням до твердості HRC58. В деяких випадках для збільшення зносостійкості рекомендується застосування хромованих опор або опор оснащених твердими сплавами. При цьому необхідно врахувати, що тверді сплави, як і шар хрому надто чуйні до ударних навантажень.

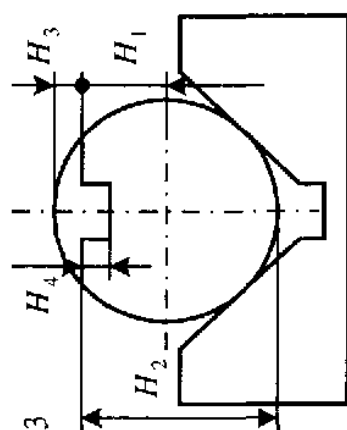
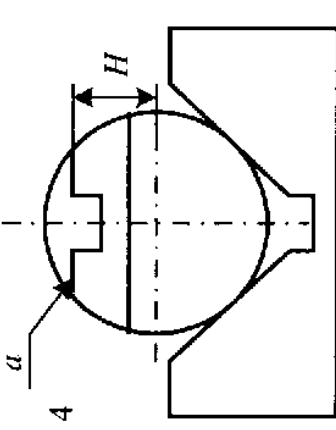
Застосування незагартованих опор недопустимо, тому що при багатократних встановленнях з'являються спрацювання та забоїни з виступаючими краями, які порушують точність базування.

Застосування чавунних опор допускається тільки у виключних випадках, коли необхідна велика площа базової поверхні, яка важко піддається шліфуванню, в той час як чавунну плиту можна відшабрити.

Таблиця 12.1 – похибки базування при установці в призму

Схема	Заданий розмір	Похибка базування
<p>1</p> 	<p><math>H_1</math></p> <p><math>H_2</math></p> <p><math>H_3</math></p>	<p><math>\frac{T}{2} \left( \frac{\sin \beta}{\cos \alpha / 2} - 1 \right)</math> при <math>\beta = \frac{\alpha}{2} + 90^\circ</math></p> <p><math>\frac{T}{2} \left( 1 - \frac{\sin \beta}{\sin \alpha / 2} \right)</math> при <math>\beta = 0 + \frac{\alpha}{2}</math></p> <p><math>\frac{T}{2} \left( \frac{\sin \beta}{\sin \alpha / 2} + 1 \right)</math></p> <p><math>\frac{T \sin \beta}{2 \sin \alpha / 2}</math></p>
<p>2</p> 	<p><math>H_1</math></p> <p><math>H_2</math></p> <p><math>H_3</math></p> <p><math>H_4</math></p>	<p>0</p> <p><math>\frac{T}{2}</math></p> <p><math>\frac{T}{2}</math></p> <p>0</p>

Продовження таблиці 12.1

Схема	Заданий розмір	Похибка базування
	$H_1$	$\frac{T}{2} \frac{1}{\sin \alpha / 2}$
	$H_2$	$\frac{T}{2} \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right)$
	$H_3$	$\frac{T}{2} \left( 1 + \frac{1}{\sin \alpha / 2} \right)$
	$H_4$	0
	$H$	Площина <i>a</i> оброблена за схемою 2 $\frac{T}{2} \frac{1}{\sin \alpha / 2}$ Те ж саме, за схемою 3 $\frac{T}{2} \left( \frac{1}{\sin \alpha / 2} - 1 \right)$ Те ж саме, за схемою 4 $\frac{T}{2} \frac{1}{\sin \alpha / 2}$

Примітка:  $T$  – допуск на діаметр циліндричної поверхні.

Ступінчаста поверхня за схемами 2 і 3 оброблюють набором фрез.

**Встановлення за зовнішньою циліндричною поверхнею.** Найбільш поширеним способом базування за зовнішньою циліндричною поверхнею є встановлення деталі в призму. Похибки базування при встановленні в призму с функцією допуску на діаметр циліндричної поверхні деталі і залежать від похибок її форми. У таблиці 12.1 наведено типові схеми встановлення циліндричних деталей у призму і відповідні похибки виконуваних розмірів у функції допуску на діаметр базової поверхні. Для підвищення точності базування в призмах та зменшення впливу неправильності форми циліндричної поверхні деталі (кривизна, бочкоподібність тощо) в середній частині призми роблять обниження глибиною 2 – 3 мм, залишаючи на кінцях пояски для базування (рисунок 12.4). Для підвищення зносостійкості призм їх робочі поверхні наплавляють твердим сплавом або встановлюють ролики, на яких обертається деталь, що перевіряється (рисунок 12.5). Підвищити точність базування можна шляхом застосування роликів збільшеного зовнішнього діаметра (рисунок 12.5, з). При цьому діаметр ролика повинен в декілька разів перевищувати діаметр деталі, що перевіряється. Для того щоб при великих розмірах роликів зберегти найбільш вигідний кут  $\beta$  дотику з поверхнею деталі, ролики доцільно розташовувати з перекриттям, зміщуючи їх в осьовому напрямку один відносно одного. Підвищення точності і легкості обертання роликів досягається зменшенням відношення:

$$K = \frac{d}{D}$$

де  $D$  – зовнішній діаметр ролика для базування;  $d$  – базовий діаметр деталі.

За один повний оберт вала, що перевіряється ролик зробить тільки  $K$  оберту (де завжди  $K < 1$ ), отже похибка, яка вноситься у вимірювання биттям ролика, вийде тільки частково на тій дузі, яка стикалася з деталлю протягом одного оберту.

При цьому найбільше зміщення центру деталі виразиться величиною:

$$S = \frac{Ad}{2D \sin \alpha},$$

де  $\alpha$  – положення кута дотикання деталі з роликками ( $\beta/2$ );  $A$  – найбільша величина биття роликків.

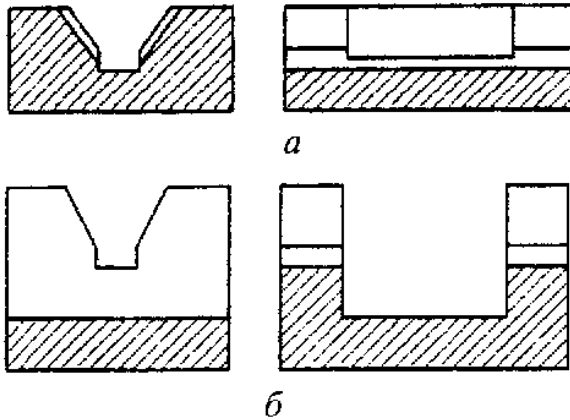


Рисунок 12.4. Призми з обниженням

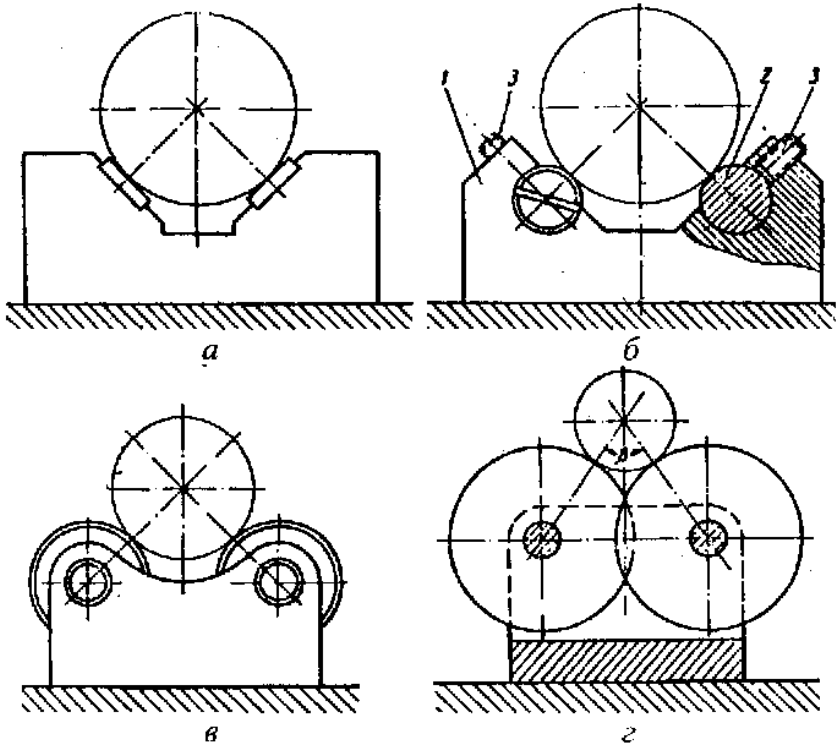


Рисунок 12.5. Призми підвищеної зносостійкості

Ролики великих розмірів можна встановлювати на кулькових підшипниках більш грубих класів. Кращі результати дає встановлення роликів на голках. При цьому відсутня похибка виготовлення кілець кулькового підшипника і зберігається лише похибка биття і відхилення від правильної циліндричної форми самого ролика, яка при виготовленні може бути зведена до мінімуму. Подібні голчаті підшипники, які виготовляються припасуванням без зазорів мають високу точність і чуйність.

Базування зовнішніх циліндричних поверхонь виконують також в гладких отворах, але рідко, тому що складно встановити деталь в отвір з малим зазором. Більш точне центрування деталей за зовнішньою циліндричною поверхнею здійснюється за допомогою мембранних патронів.

**Встановлення за внутрішньою циліндричною поверхнею (за отвором).** Базування за циліндричними отворами деталей здійснюють найчастіше різними оправками: гладкими, розтискними тощо. При встановленні на оправку, як правило, усувається зазор між оправкою і деталлю, що контролюється. Досягається це встановленням з натягом на циліндричну і конічну оправки, а також встановленням на розтискні оправки, які мають високу точність центрування. Конструкції різних оправок показано на рисунках 12.6 – 12.10.

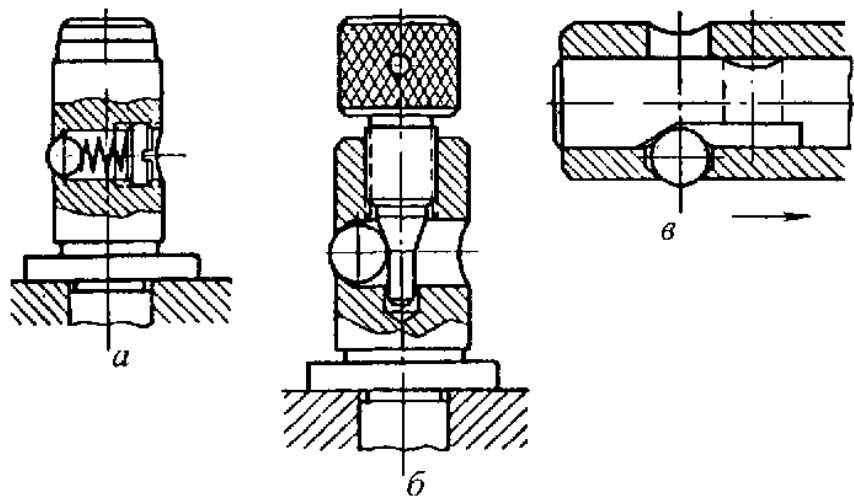


Рисунок 12.6. Пальці з кульками



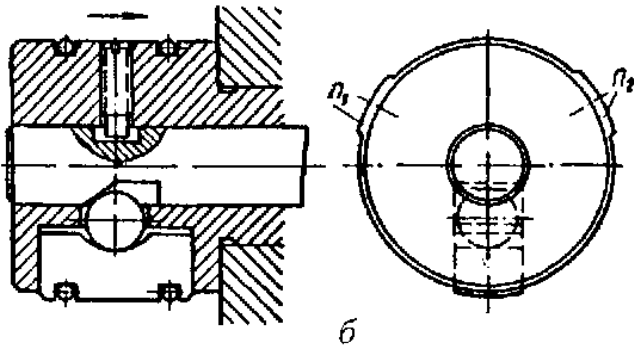
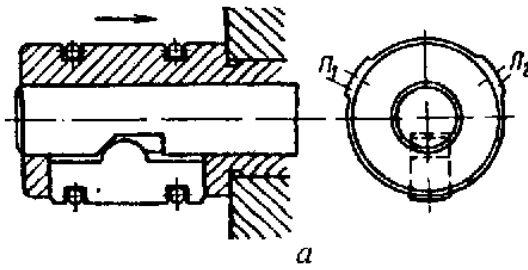


Рисунок 12.7. Пальці з сухарями

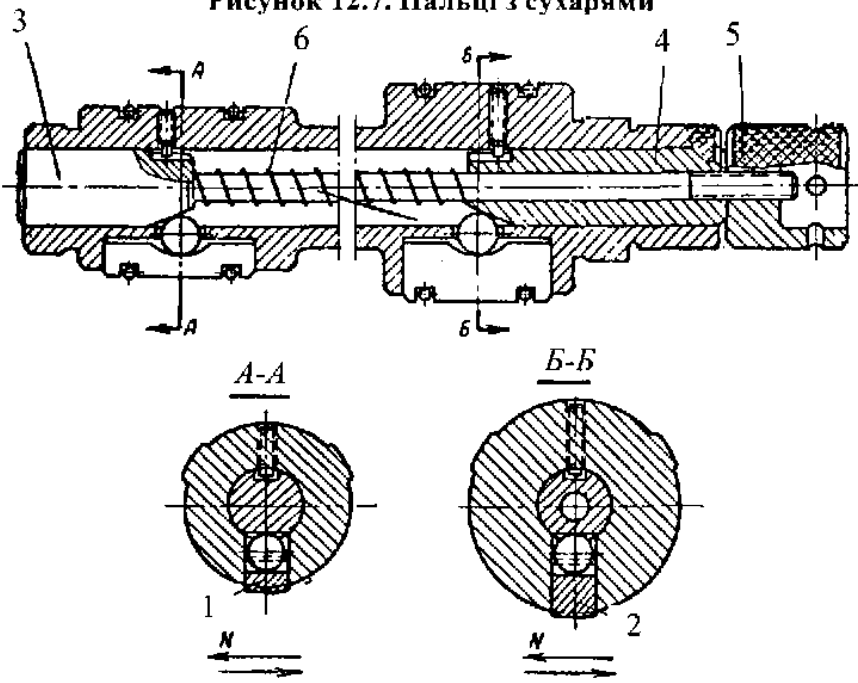


Рисунок 12.8. Оправка з двома сухарями

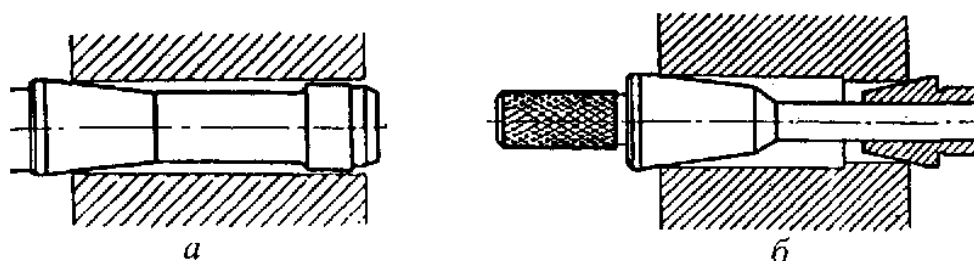


Рисунок 12.9. Оправки конічні спеціальні

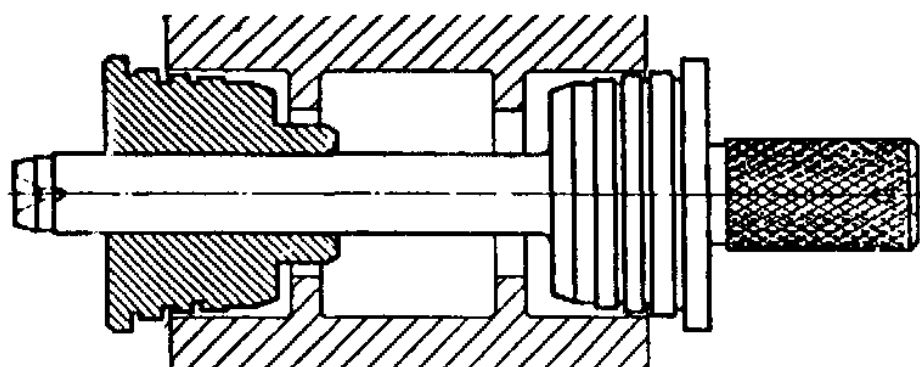


Рисунок 12.10. Ступінчаста оправка з втулкою

Якщо деталь має один довгий отвір або два співвісних отвори одного чи різних розмірів, може бути застосованим метод розбивання допуску на інтервали. На рисунку 12.10 показана оправка, яка має два установчих кінця, з яких кожний розділений на декілька поясків різних діаметрів. Ці ступінчасті пояски на оправці і втулці, яка встановлюється на оправці без зазору, дозволяють в кожному отворі здійснювати точне центрування.

Інтервали між східцями рекомендується робити не менше 0,007–0,010 мм, з тим щоб не встановлювати надмірно жорстких допусків на виготовлення поясків оправок.

Встановлення деталей отворами на оправки і пальці застосовують не лише для перевірки концентричності та перпендикулярності торців, а й у контрольних пристроях для перевірки співвісності отворів (рисунку 12.11), міжосьових відстаней, а також відстаней від осі отворів до паралельно розташованих площин.

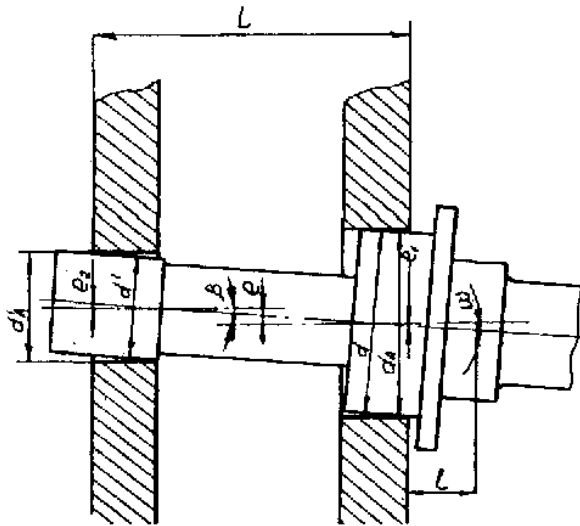


Рисунок 12.11. Схема для розрахунку похибки встановлення на два отвори зі зміщеними осями

Згідно з рисунком 12.11 вісь оправки встановиться під кутом  $\beta$ , якщо є відхилення від співвісності.

При малих  $e$  [8]

$$\beta = \frac{e_1 + e_2 + e_3}{L},$$

де  $e$  – відхилення від співвісності отворів деталі;

$$e_1 = \frac{d_A - d}{2}; \quad e_2 = \frac{d'_A - d'}{2}$$

(значення  $d_A, d'_A, d$  і  $d'$  вказані на кресленні);  $L$  – відстань між торцями отворів, в які вводиться оправка.

Якщо міжосьову відстань вимірюють на відстані  $\ell$  від торця деталі, то похибка встановлення оправки в цьому перерізі

$$\Delta = \ell \operatorname{tg} \beta + e_1.$$

При контролі деталей обертання або деталей з отворами широко застосовується перевірка на центрах безпосередньо або за допомогою оправок. Залежно від конструктивних особливостей кожного пристрою базування може провадитись як в горизонтальних, так і у вертикальних центрових бабках.

Горизонтальні бабки, як правило, мають шпонки або інші напрямні елементи для правильного встановлення на контрольній плиті. Положення центрів обох бабок рухомої і нерухомої повинно бути витримано з високою точністю відносно обох базових поверхонь бабки, тобто за висотою і в поперечному напрямку.

Бабку з нерухомим центром роблять з циліндричним гніздом під центр (рисунок 12.12, *а*) або з гніздом, яке має конус Морзе (рисунок 12.12, *б*).

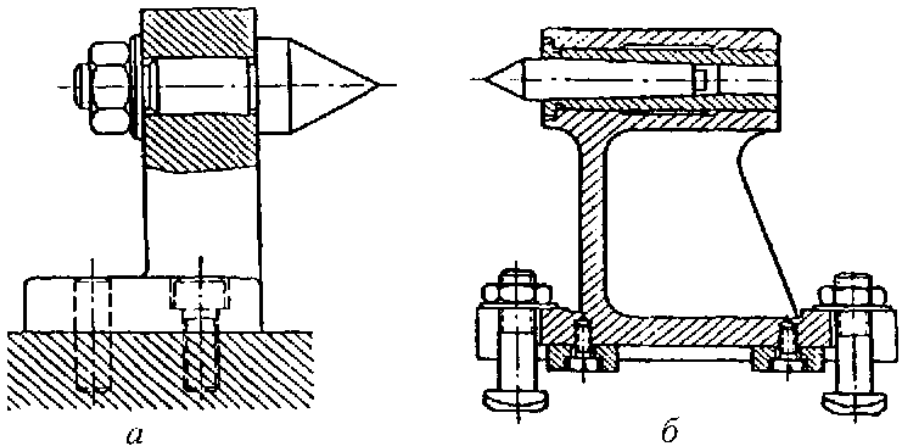


Рисунок 12.12. Бабка з нерухомим центром

Бабки з рухомих центром можуть відрізнитись одна від одної конструктивним оформленням залежно від призначення. Для встановлення легких деталей застосовується бабка з центром, який подається від руки і фіксується гвинтом, який обтискує розрізні вушка (рисунок 12.13, *а*). Але у цієї бабки відсутній змінний центр. Такий же недолік і у полегшеної бабки, в якій для підведення центра є пружина, а для відведення – зручна рукоятка (рисунок 12.13, *б*). Більш важкі конструкції бабок з виливаним корпусом, змінним центром і жорсткою пружиною застосовують для базування важких деталей і як універсальні на контрольних плитах. Бабку з плоскою основою встановлюють на плоских плитах з Т-подібним шпонковим пазом (рисунок 12.13, *в*), бабку з пазом встановлюють на вузькій контрольній плиті, верхня частина яких оформлена у виді ластівчиного хвоста (рисунок 12.13, *г*).

Ще більш зручними в експлуатації є бабки, в яких центр фік-

сується у відведеному положенні, завдяки чому звільняється рука для встановлення деталі. В бабці (рисунок 12.13, *д*) заднє положення фіксується перекидною рукояткою, а в бабці на рисунку 12.13, *е* – системою, яка складається з двох важелів, ці важелі встановлюються в розпір з невеликим переходом через мертву точку.

Бабки з гвинтом і маховиком мають невисоку чуйність і можуть деформувати деталь або оправку, яка встановлюється в центрах. Їх слід застосовувати тільки для особливо важких деталей.

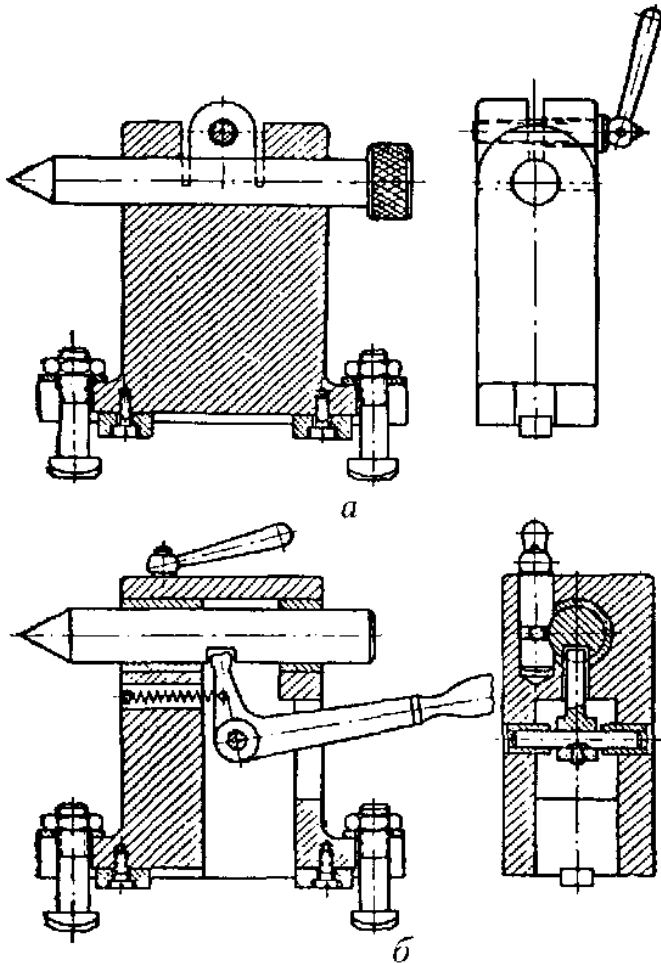


Рисунок 12.13. Бабки з рухомих центром: *а* – центр подається від руки і фіксується гвинтом; *б* – центр підводиться пружиною, відводиться рукояткою;

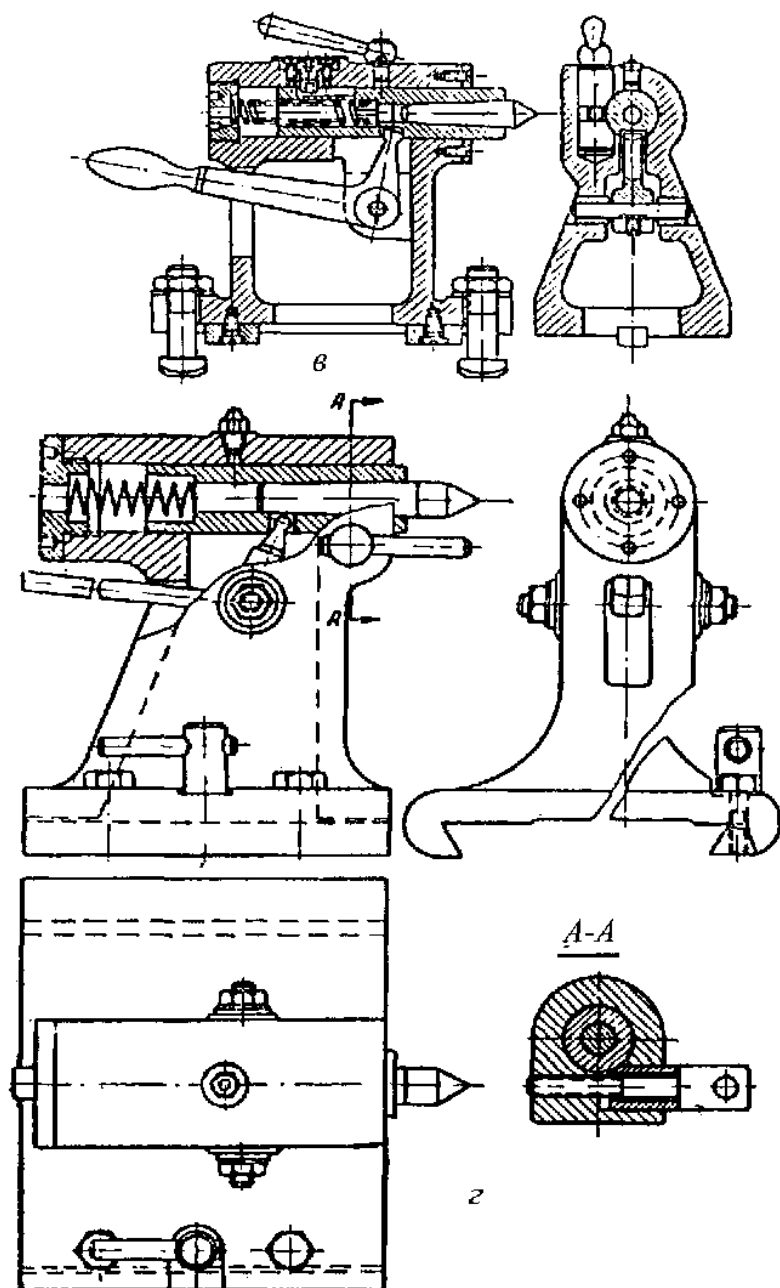


Рисунок 12.13. Бабки з рухомим центром: б, з – центр змінний з жорсткою пружиною для базування важких деталей;

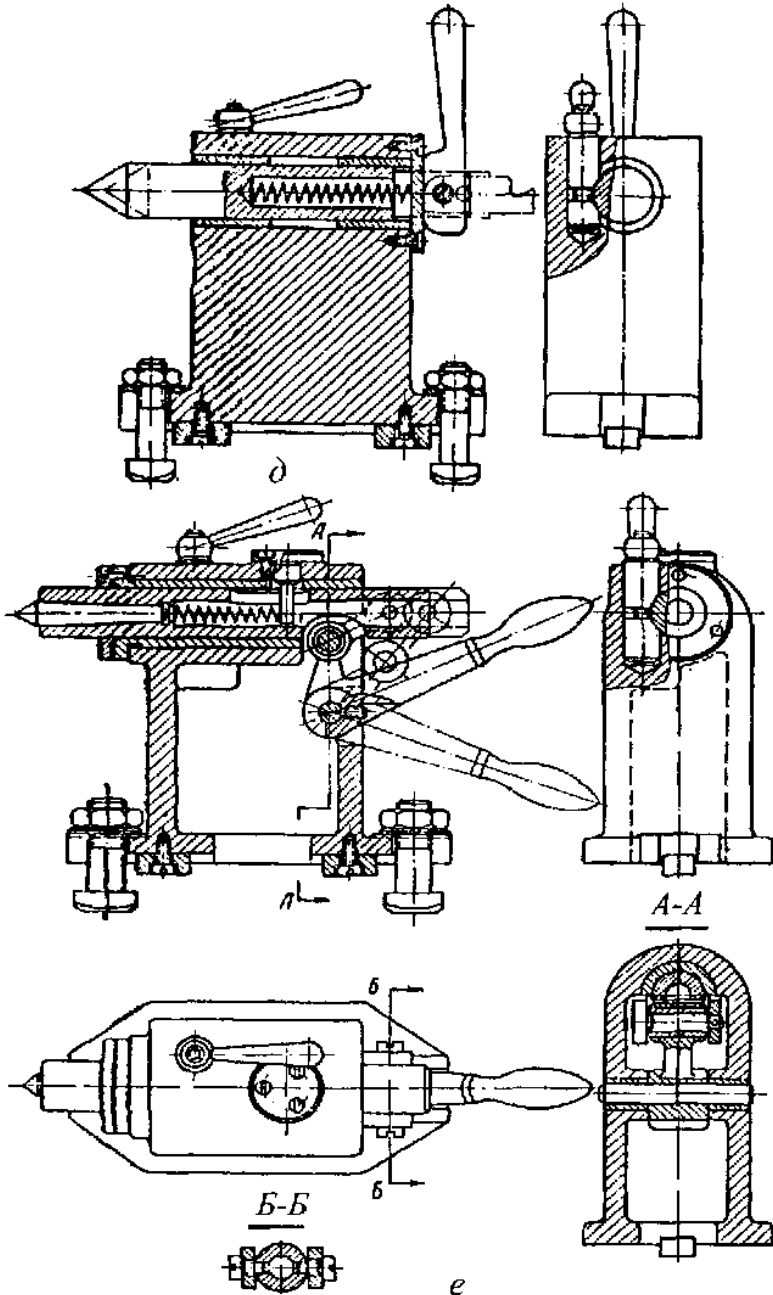


Рисунок 12.13. Бабки з рухомим центром: *d* – центр фіксується передньою рукояткою; *e* – центр фіксується системою з двох важелів

У ряді випадків бабка, яка несе нерухомий центр за умовами конструкції повинна мати ділильний механізм. Подібна конструкція показана на рисунку 12.14. На обертальному шпинделі I закріплений ділильний диск 2 з відповідною кількістю пазів. Фіксація провадиться клиновидною планкою 3, яка переміщується в прямокутній напрямній і зазори в якій вибираються планкою за допомогою гвинтів 5. Напрямна фіксуючої планки 3 розташована на важелі 6, який, центруючись за хвостовиком шпинделя I, не перешкоджає його обертанню. Гвинти 7 і 8, які закріплені у трикутнику 9, здійснюють кутове переміщення важеля 6 разом з планкою 3, чим забезпечується плавне і точне попереднє кутове встановлення шпинделя і зв'язаної з ним через хомутик 10 деталі, що перевіряється. Гвинтом 11 затискується важіль у відрегульованому положенні, а рукоятка 12 відводить фіксуючу планку при обертанні ділильного механізму.

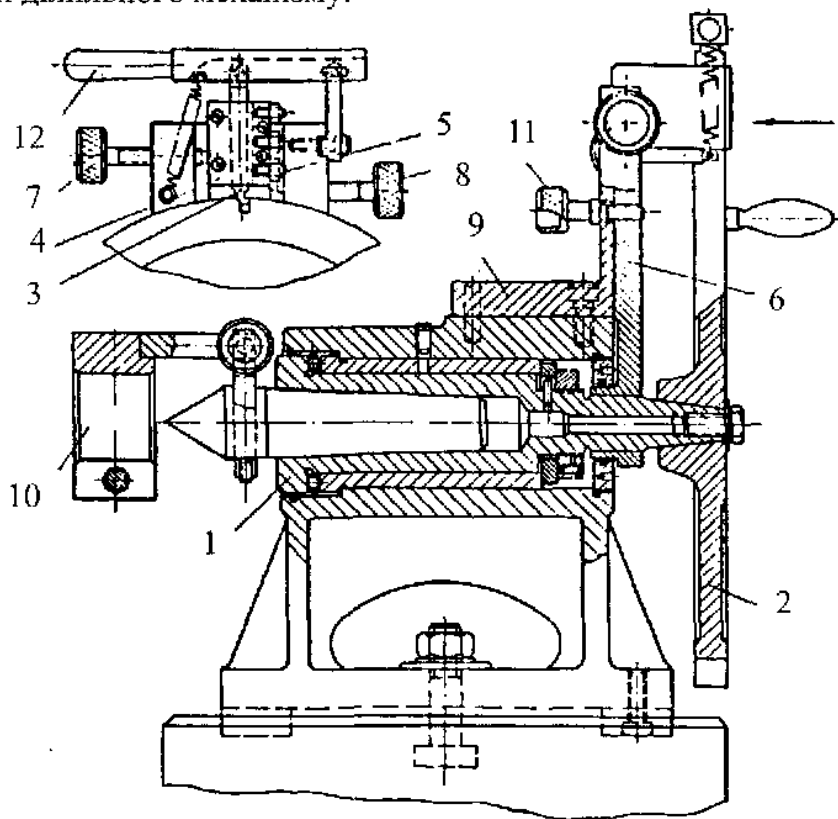


Рисунок 12.14. Бабки з ділильним диском



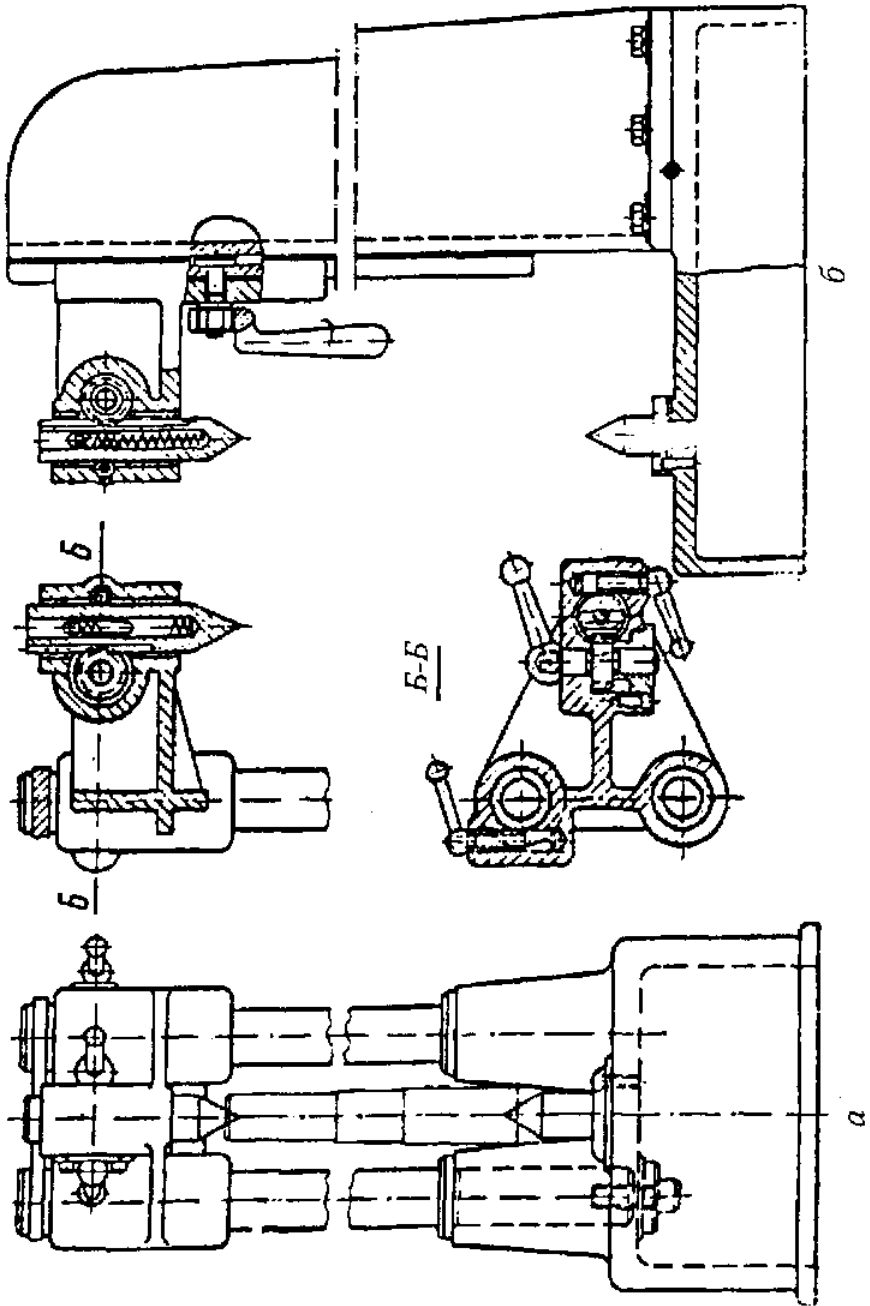


Рисунок 12.15. Вертикальні центрові бабки

Крім горизонтальних бабок, широко застосовуються і вертикальні. Вони мають постійно закріплену або таку, що переміщується бабку із зручно розташованим відведенням верхнього рухомого центра. На рисунку 12.15 показано конструкції, в яких підняття центра здійснюється валиком, який несе шестерню зчеплену з рейкою центра. Конструкція на двох паралельних колонках рисунок 12.15, *а* є менш жорсткою і застосовується для деталей невеликої ваги. Конструкція з виливним стояком швелерного перерізу рисунок 12.15, *б* має більшу жорсткість і застосовується для деталей великої довжини та значної ваги. В обох конструкціях наведених на рисунку 12.15, перпендикулярність осі центрів до площини основи забезпечується лише точністю виготовлення. На відміну від цього, в конструкції, яка показана на рисунку 12.16 передбачається регулювання центрів.

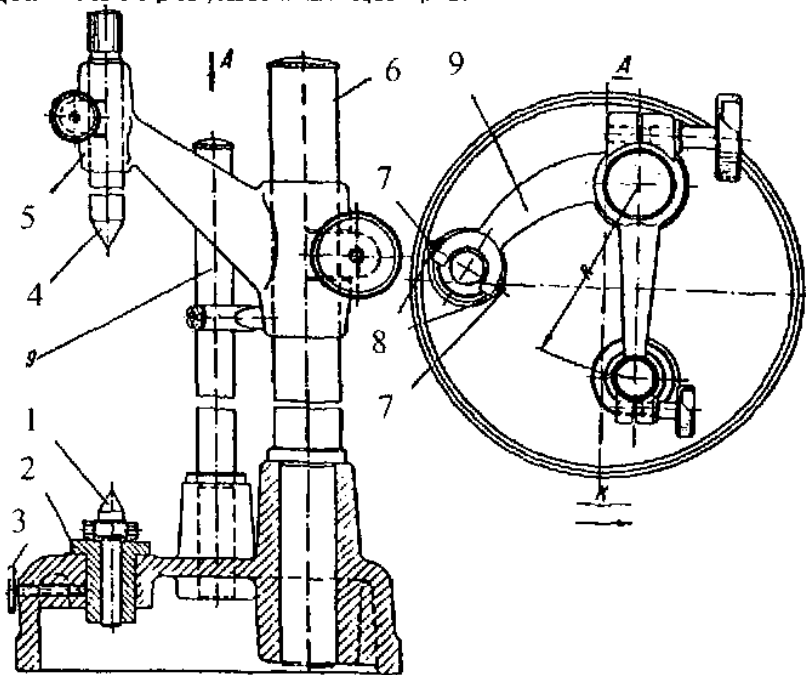


Рисунок 12.16. Вертикальна центрова бабка регульована

Нижній центр 1, який сидить в ексцентричній втулці 2, за рахунок обертання цієї втулки переміщується на деяку величину, змінюючи радіус  $R$ . Закріплення втулки 2 у відрегульованому положенні провадиться гвинтом 3.

Верхній центр 4 переміщується в отворі кронштейна 5, який може бути встановленим на будь-якій висоті на скалці 6. Кронштейн має допоміжний приливок М, в якому розташовані регулювальні гвинти 7 з контргайками 8. Паз приливка прямується допоміжною скалкою 9. Регулюючи гвинти 7, які упираються в скалку 9, переміщують верхній центр 4 в напрямку стрілок К.

### 12.3. Передатні елементи контрольних пристроїв

Більша частина контрольних пристроїв включає в свою конструкцію передатні елементи. Основним призначенням цих елементів є:

- передача вимірних величин на деяку відстань від поверхні, що вимірюється;
- зміна напрямку величин, що передаються;
- охорона наконечника вимірювального приладу від безпосереднього контакту з деталлю, що контролюється.

Передатні елементи поділяються на дві основні групи: прямі та важільні.

**Прямі передатні пристосування.** Прямі передачі є широко поширеними елементами конструкцій контрольних пристроїв. Вони можуть проектуватись як індивідуальні вузли окремого пристрою або у виді типових нормалізованих вузлів.

На рисунку 12.17, а показано нормалізований вузол у виді корпусу, який несе прямий передавальний стержень та індикатор. Стержень стикається безпосередньо з деталлю, що перевіряється. Стержень переміщується в нарізній втулці 2, яка фіксується гвинтом 4 у розрізній втулці 5. Передачу рекомендується застосовувати у тих випадках, коли поверхня деталі, що контактується з вимірювальним наконечним, переміщується відносно індикатора (наприклад, при перевірці биття), оскільки проміжний стержень 1, у випадку зношування, може бути легко замінений новим. Регулюванням нарізної втулки 2 можна створити необхідний натяг стержня 1 (0,3–0,5 мм) і тим самим забезпечити малі переміщення вимірювального стержня індикатора при встановленні і знятті деталі, що перевіряється в пристрої.

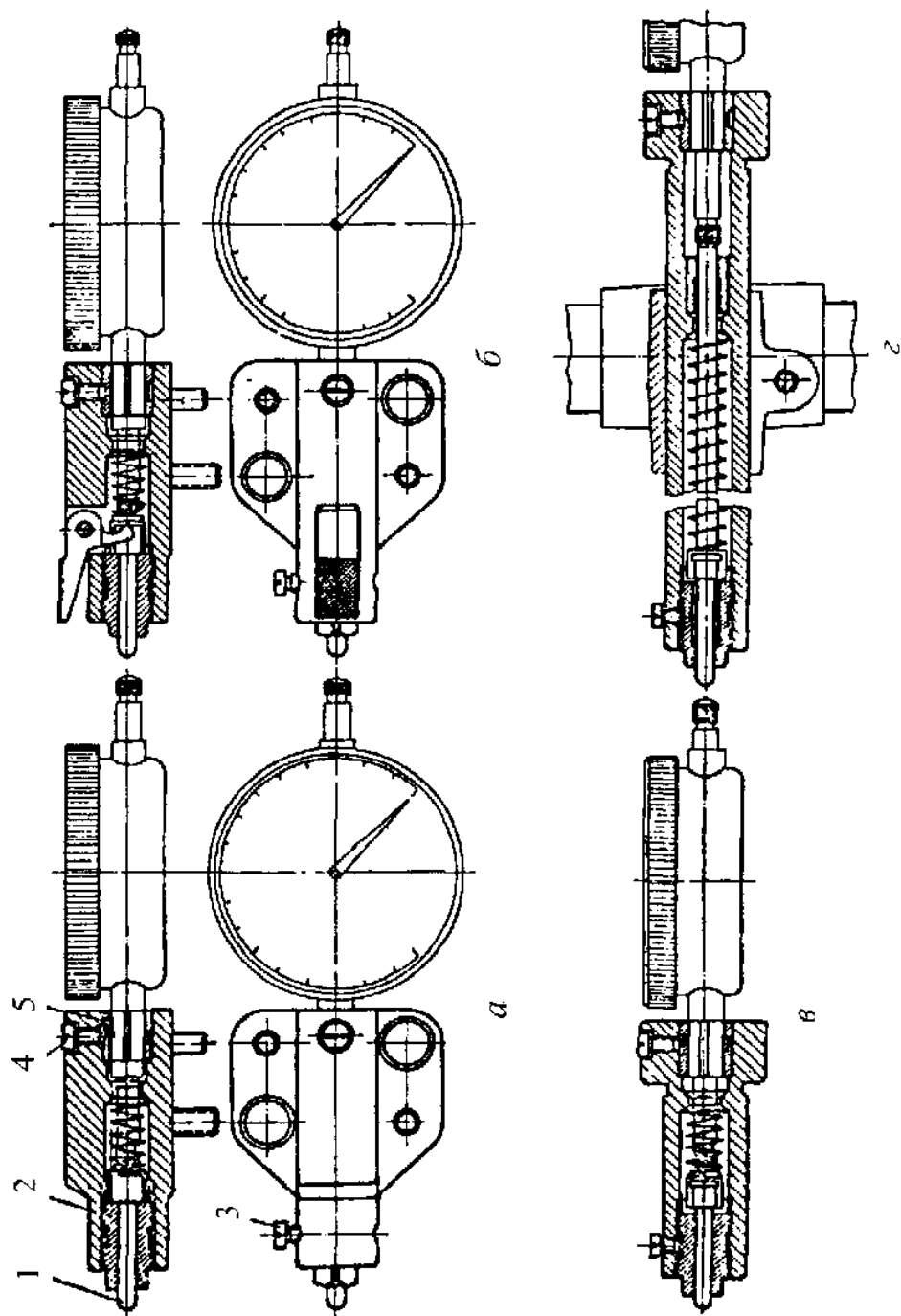


Рисунок 12.17. Прямі передачі

Разом з тим, індикатор може бути встановленим у передачі з будь-яким натягом. Таким чином, індикатор може бути встановленим для роботи на будь-якій ділянці шкали, чим скорочується довжина його холостих ходів. Завдяки цьому значно зменшується зношування механізму і збільшується термін служби індикатора.

При необхідності відведення вимірювального стержня застосовується аналогічна передача з відведенням, виконаним у виді кутового вилкоподібного важеля (рисунок 12.17, б). Передачу з аретиром (відведенням) виконують у тих випадках, коли поверхня деталі, що перевіряється може бути легко пошкоджена, наприклад, м'яка поверхня шару баббїту або алюмінію з високою шорсткістю обробки.

Передача в циліндричному корпусі (рисунок 12.17, в) відрізняється лише тим, що вона монтується не на площині плити пристрою, а в отворі, в якому вона закріплюється гвинтом. Ця передача зручна своєю компактністю і простотою.

У випадку необхідності встановлення більш довгих передач в них застосовується не тільки подовжений стержень, але й змінена напрямна – замість однієї втулки встановлюються дві: одна нерухома і друга регульована. Для компенсації можливої кривизни стержня і неспіввісності обох втулок (особливо можливої внаслідок того, що одна втулка посаджена на нарізці) в них зроблені скорочені напрямні. На рисунку 12.17,г показано таку передачу, довжина її досягає 180–220мм.

Проміжний штифт прямих передач (рисунок 12.18), який контактує з вимірювальним стержнем і деталлю, що контролюється, повинен мати високу твердість і поверхню з шорсткістю не менше  $R_a = 0,63 - 0,32$  мкм. Вимірювальні кінці стержнів, залежно від поверхні з якою вони контактують, роблять сферичними, гострими з малим радіусом при вершині, ножеподібними або плоскими.

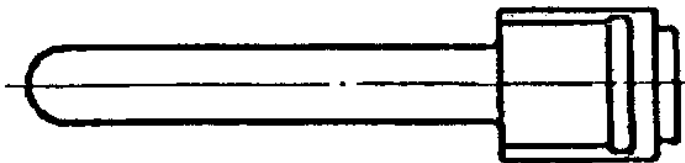


Рисунок 12.18. Штифт передавальний

Найбільш широко застосовуються вимірювальні стержні зі сферичними кінцями (рисунок 12.19, а). Стержні з гострим кінцем швидко зношуються, тому їх застосування по можливості слід уникати (рисунок 12.19, б). Стержні з плоским торцем (рисунок 12.19, в) рекомендується застосовувати при контролі деталей зі сферичними поверхнями, особливо в тих випадках, коли велика величина незбігання осі стержня і центра сфери деталі, що перевіряється може внести похибку у вимірювання. Ножеподібний стержень (рисунок 12.19, г) застосовують в аналогічних випадках при вимірюванні циліндричних поверхонь. Ножеподібний стержень слід фіксувати у певному кутовому положенні. Для цього у якості нап'ямної використовується спеціальна нарізна втулка з пазом (рисунок 12.20). В паз входять лиски головки стержня, завдяки яким зберігається його кутове положення під час використання пристрою. Для збільшення терміну служби стержня і зменшення зношування вимірювальний наконечник оснащують вставкою з твердого сплаву (рисунок 12.21).

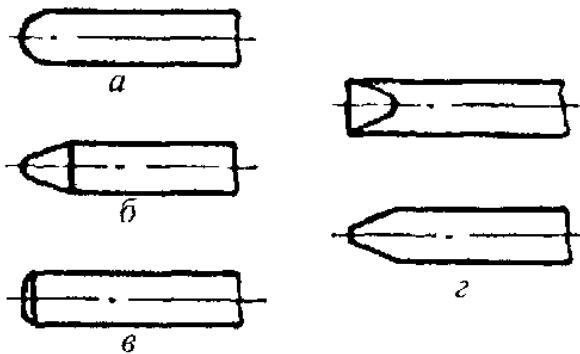


Рисунок 12.19. Кінці передавальних штифтів

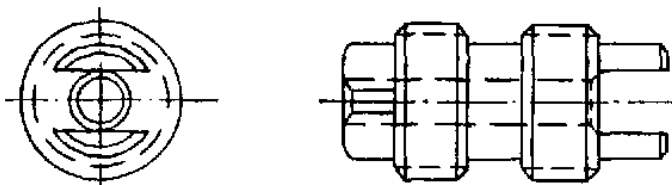


Рисунок 12.20. Втулка, що спрямовує передавальний штифт

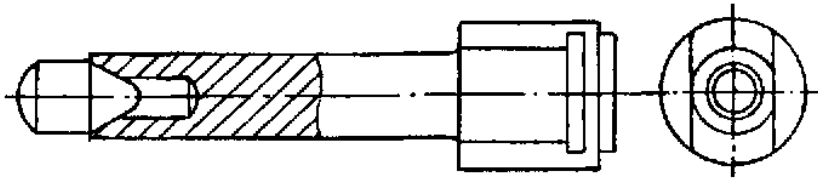


Рисунок 12.21. Штифт передавальний з твердосплавним наконечником

При значній довжині пряма передача виконується з додатковим штифтом (рисунок 12.22, *а*), причому передній кінець стержня спрямовується вузьким пояском втулки, а задній конус входить в гніздо проміжного штифта. Робочі поверхні стержня і гнізда повинні бути оброблені з шорсткістю  $R_a = 0,32 - 0,16$  мкм. Штифт має кут конуса менше, а радіус закруглення більше, ніж сполучене з ним гніздо (рисунок 12.22, *б*). Цим створюється контакт сферичної поверхні стержня з кінцевою поверхнею гнізда, який легко виконується технологічно і забезпечує точність, достатню для контрольних пристроїв.

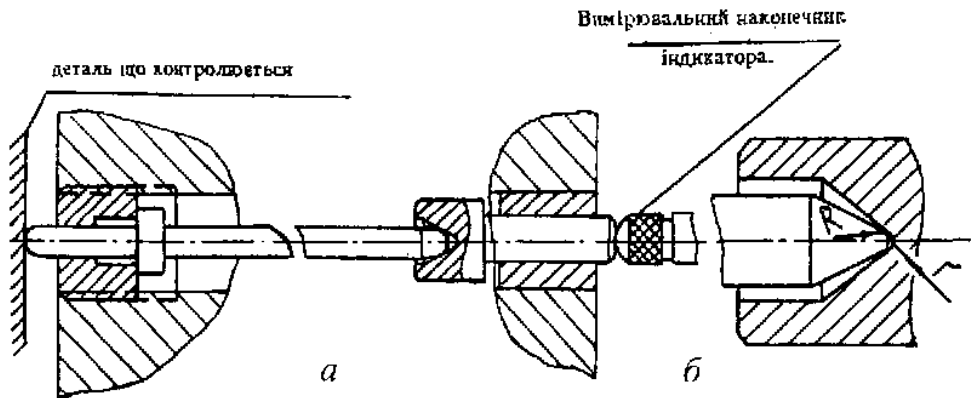


Рисунок 12.22. Передача пряма подовжена

Аналогічну передачу можна виконати з двома напрямними штифтами на кінцях і довгим проміжним стержнем.

Підвищення точності прямої передачі можна добитися шляхом зменшення тертя. Для цього за допомогою кульок, розміщених по колу в декілька рядів між стержнем і втулкою, замінюють тертя ковзання тертям кочення (рисунок 12.23). Недоліком цієї конструкції є важкість усунення зазорів, які з'являються при зношенні у вигляді повздовжніх канавок.

Іноді при контролі деталей в процесі обробки пряма передача частково знаходиться в зоні обробки деталі, через що напрямні забруднюються абразивним пилом, який попадає на них. Це призводить до заїдання вимірювального стержня і прискорення зношування напрямної. В таких випадках надійним захистом є встановлення ущільнення у виді гумової гармошки або металевого сільфона (рисунок 12.24). Подібні ж ущільнення застосовуються для пристроїв, які працюють у запиленних цехах кувальних, ливарних і подібних.

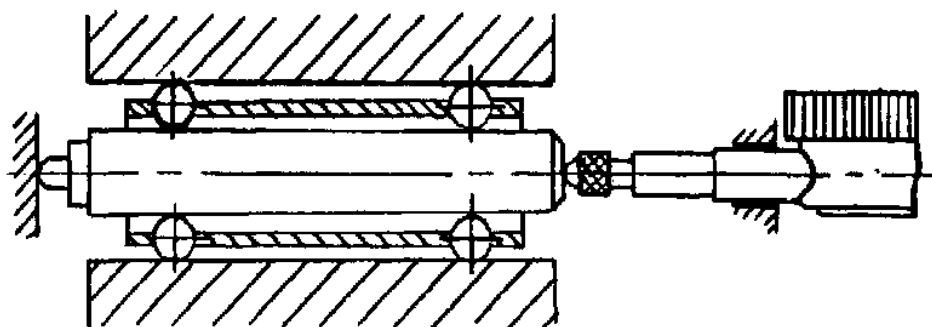


Рисунок 12.23. Пряма передача на кульках

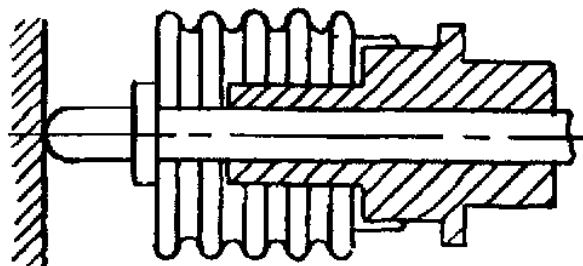


Рисунок 12.24. Сильфонне ущільнення передавальних штифтів

Велике значення мають передачі на пружних пластинах, основною перевагою яких є те, що вони не мають частин які труться і піддаються зношуванню. Тертя ковзання чи кочення у даному випадку замінено внутрішньомолекулярним тертям, яке виникає внаслідок внутрішніх напружень металу пластин при згинанні. Передачі на пластинах практично не піддаються зношуванню. Вони вільні від бокового хитання, яке викликається у більшості інших конструкцій наявністю зазорів в напрямній.



Недоліком цієї конструкції є лише те, що її рухомі частини, що закріплені на пружних пластинах, мають порівняно невеликий хід, що іноді обмежує можливість їх застосування. Передача (рисунки 12.25, а) являє собою паралелограм, двома сторонами якого служать пружні плоскі пластини, третьою стороною нерухомою – корпус пристрою або планка, а четвертою – передавальний елемент. При повздовжньому переміщенні верхньої рухомої планки пружні пластини декілька згинаються біля місць закріплення і планка відходить, займаючи нове положення, паралельне початковому. При цьому планка декілька опускається. Однак величина вертикального переміщення настільки мала, що практично нею можна знехтувати.

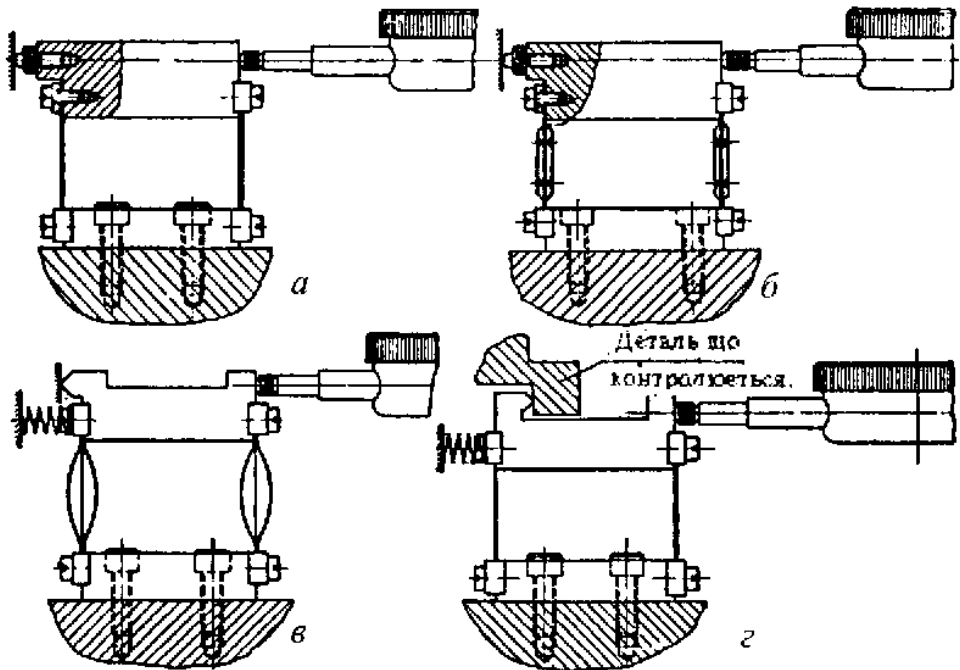


Рисунок 12.25. Прямі передачі на пружних пластинах

Для підвищення точності передачі застосовуються накладки у середній частині пластин (рисунки 12.25, б), внаслідок чого згинання зосереджується біля прихватів. Подібна конструкція створює вертикальну жорсткість конструкції. Цю ж ціль переслідують і застосування „напружених” пластин (рисунки 12.25, в).

Допоміжні зігнуті пластини додатково намагаються розтягнути основну пластину і тим охороняють її від згинання при випадковому прикладанні навантаження уздовж основних пластин.

Передачі на пластинах мають ряд додаткових переваг, завдяки яким їх застосування надго доцільно. На рисунку 12.25, з показано використання передачі для вимірювання внутрішньої поверхні деталі. Форма планки, що переміщується дозволяє обійти буртик деталі, що не викликає ускладнення конструкції.

**Важільні передачі** застосовуються:

- для кутового змінювання напрямку вимірних величин, що передаються;
- для передачі вимірних величин в напрямку паралельному початковому, але яке не знаходиться з ним на одній прямій;
- для перетворення (збільшення чи зменшення) величини, що передається.

Важільні передачі мають контакт безпосередньо з деталлю що контролюється або з іншими елементами самого пристрою – передавальними стержнями, вимірювальними наконечниками і т. ін.

Важелі в передачах можуть встановлюватись окремо між деталлю, що перевіряється і вимірювальним приладом або у виді однієї з ланок багатоланкової передачі.

На рисунок 12.26 показано типи подібних передач, в яких пряма передавальна ланка розташовується під важелем, після нього, а у випадку застосування триланкової передачі – з обох боків важеля.

Кінці плечей важелів повинні мати точковий контакт з поверхнею деталі що перевіряється або наступної передавальної ланки пристрою. Для цього поверхні кінців плечей важелів виконують трьох типів:

- сферична поверхня контактує з поверхнями деталі – плоскою або циліндричною великого радіусу;
- плоска поверхня контактує зі сферичною поверхнею деталі;
- ножеподібна або напівциліндрична поверхня контактує з перпендикулярною до неї циліндричною поверхнею.

Форми сполучуваних поверхонь можуть викликати похибки у передатних відношеннях. Проте при малих кутових величинах переміщень важелів ці похибки будуть відносно невеликі і ними можна знехтувати.

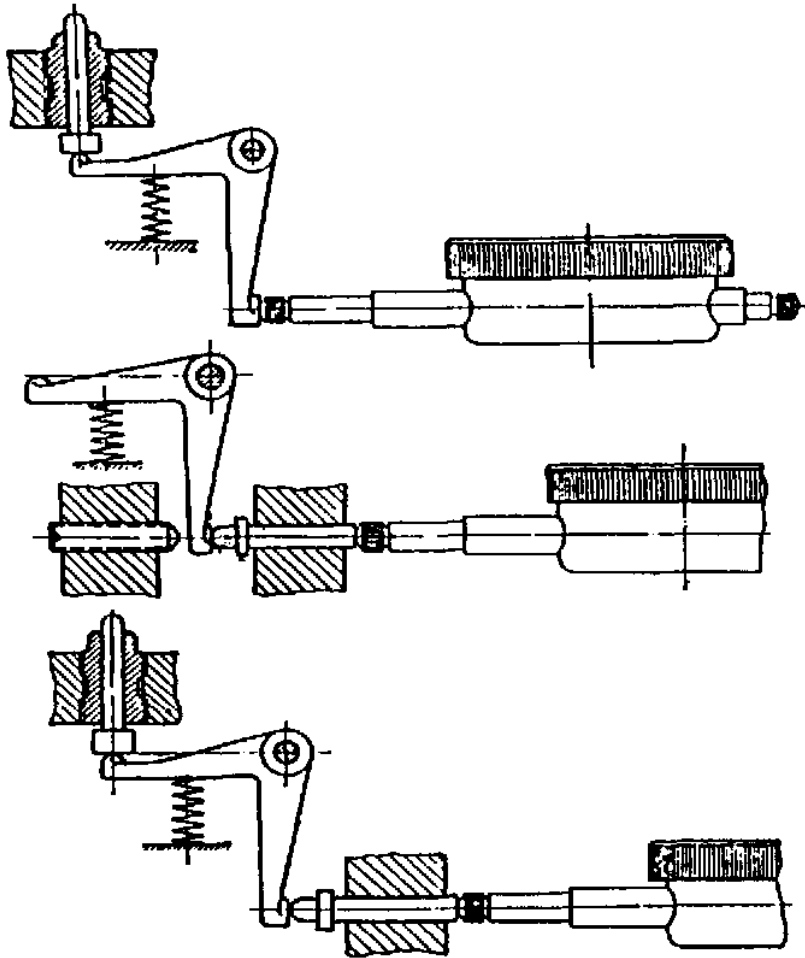


Рисунок 12.26. Кутові важельні передачі

Форма передатного важеля визначається його призначенням і конструкцією пристрою, в якому він застосований. Важелі можуть бути кутовими (рисунок 12.27, а, б, д, е, ж, з), прямими (рисунок 12.27, в, г, і), збільшувачими або зменшувачими.

Для уникнення прослизання та підвищеного зношування поверхні контакту з деталлю, що перевіряється чи елементами контрольного пристрою, необхідно, щоб контактна площа чи дотична до контактної поверхні важеля була перпендикулярна до напрямку вимірювання і проходила через вісь важеля.

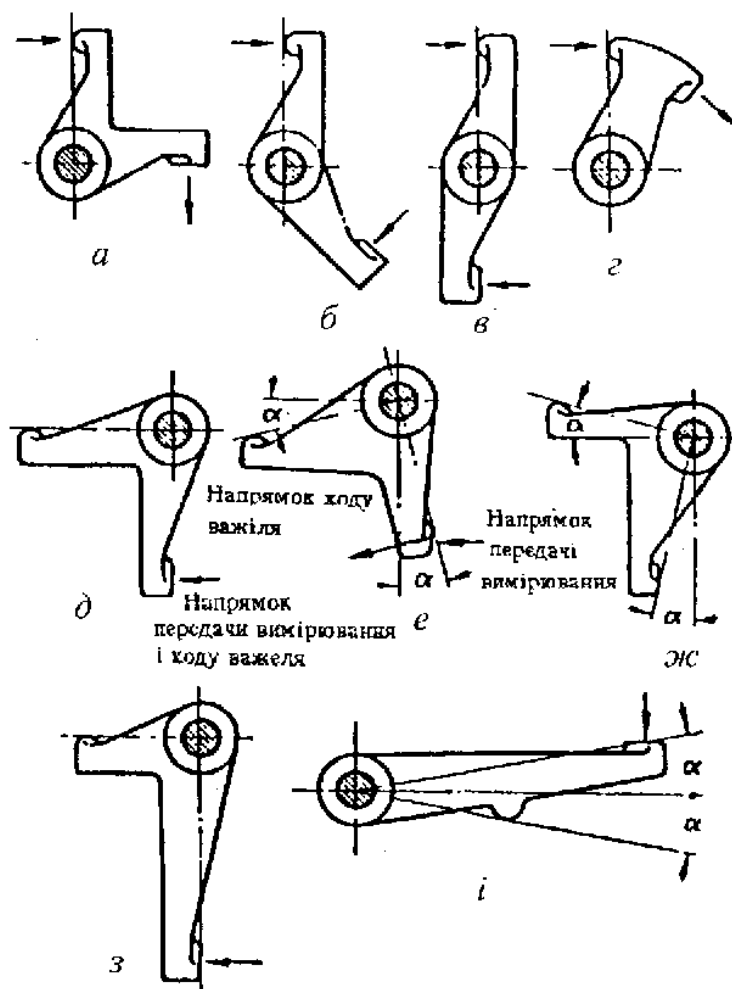


Рисунок 12.27. Типи передавальних важелів

При використанні збільшувачих і зменшувачих важелів рекомендується приймати передатне відношення рівним 1,5:1, 2:1, 3:1 і рідше 5:1 (збільшене співвідношення збільшує похибку передачі).

Для забезпечення точності передатного відношення розміри плечей важелів слід задавати на кресленні з відхиленням  $-0,1\text{ мм}$  для важелів з величиною плеча 15–40 мм. При більшій довжині плеча відповідно повинен бути розширеним і допуск на його виготовлення.

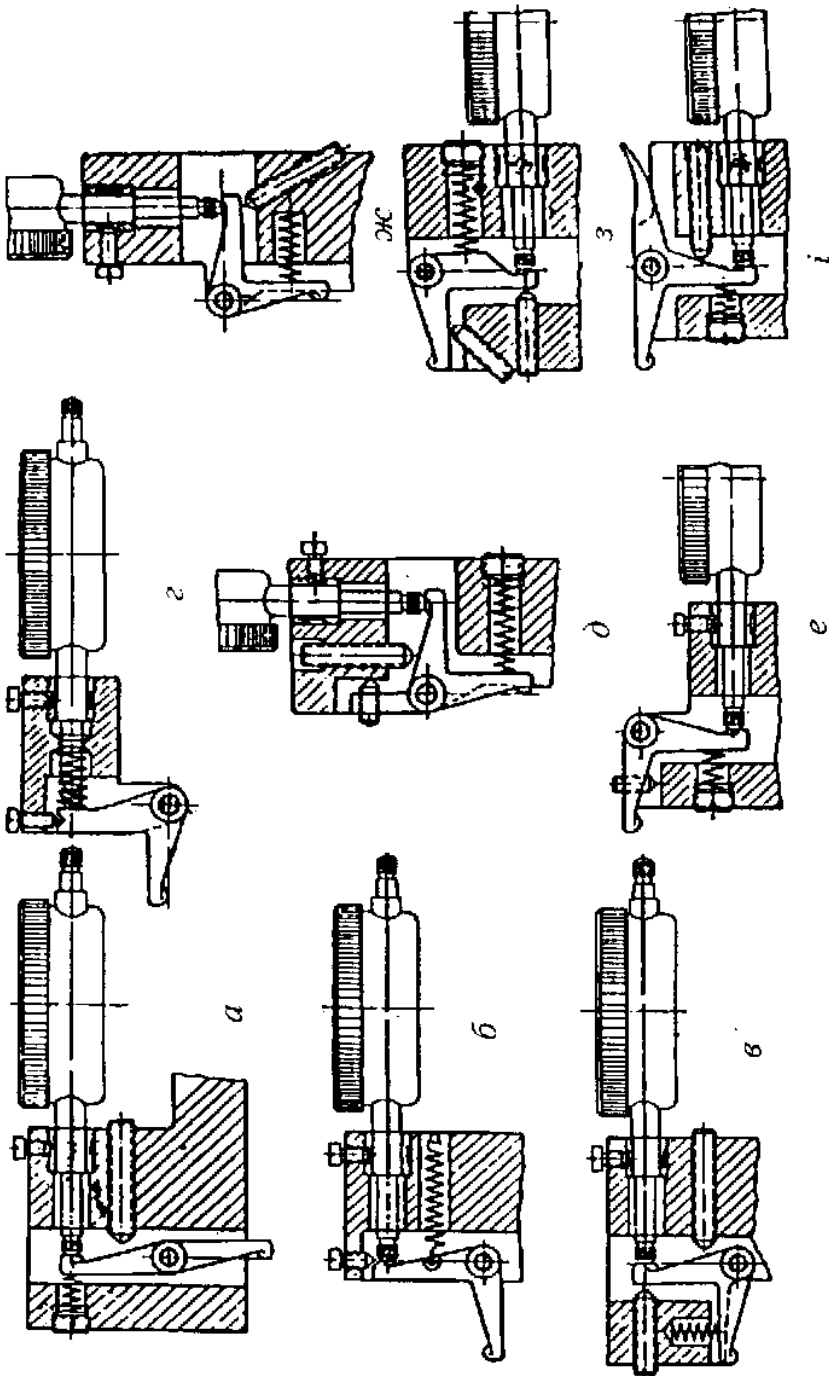


Рисунок 12.28. Монтаж важельних передач

Важелі виготовляють з високовуглецевої сталі з загартуванням до твердості HRC 60. Для підвищення зносостійкості кінці важеля можуть напаяватись твердим сплавом.

На рисунку 12.28 наведено різні випадки компанування вузлів важільної передачі на пристроях. Ці приклади полегшують вибір тієї чи іншої конструкції вузла при проектуванні пристроїв, хоча не охоплюють всього різноманіття можливого конструктивного оформлення.

## 12.4. Рухомі елементи

Більшість контрольних пристроїв мають різні рухомі елементи. Це можуть бути або деталі, в яких здійснюється обертання – шпинделі, центри тощо, або деталі, які мають повздовжнє переміщення – щупи, каретки тощо.

Рухомі деталі, залежно від необхідної точності і чутливості, можуть переміщуватись з тертям ковзання або з тертям кочення. В деяких випадках застосовуються конструкції зі сполученням обох видів тертя в одному вузлі.

**Деталі обертання.** Найбільш поширена конструкція шпинделя контрольного пристрою показана на рисунку 12.29. Шпиндель обертається у втулках 2. Від осьових переміщень шпиндель охороняється шліфованою шайбою 3 і двома гайками 5, які дозволяють точно регулювати величину осьового зазору. Для охорони гайок від відкручування та забезпечення ковзання між торцями 2 і шайби 3 передбачено штифт 4, який входить в паз шайби і примушує її обертатись разом зі шпинделем.

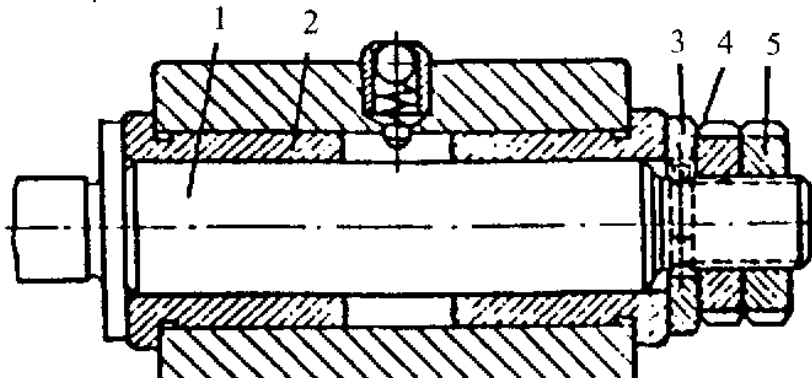


Рисунок 12.29. Шпиндель циліндричний

Втулки 2 рекомендується застосовувати сталеві загартовані. Це виправдовується тим, що в контрольних пристроях звичайно використовуються малі швидкості обертання і низькі питомі тиски, внаслідок чого немає необхідності ставити бронзові втулки. В той же час сталеві загартовані втулки більш технологічні, допускають притирання, відновлювальне хромування і більш зносостійкі.

Посадка пальця у втулках залежить від точності пристрою і може бути виконана за 7–8-м квалітетами або в особливо точних випадках з індивідуальним припасуванням. Для легкості обертання шпинделя повинно бути передбачено мащення.

Як було вказано вище, одним із важливих факторів, які впливають на точність пристрою, є зазор між шпинделем і втулкою, який по мірі зношування безперервно збільшується. Це потребує відновлювального ремонту з заміною або хромуванням зношених деталей. Такого недоліку не мають шпинделі з конічною посадочною поверхнею.

Перевага конічного шпинделя (рисунок 12.30, а) полягає в тому, що шляхом змінювання товщини шайби А можна досягти посадки шпинделя у втулці з мінімальним зазором.

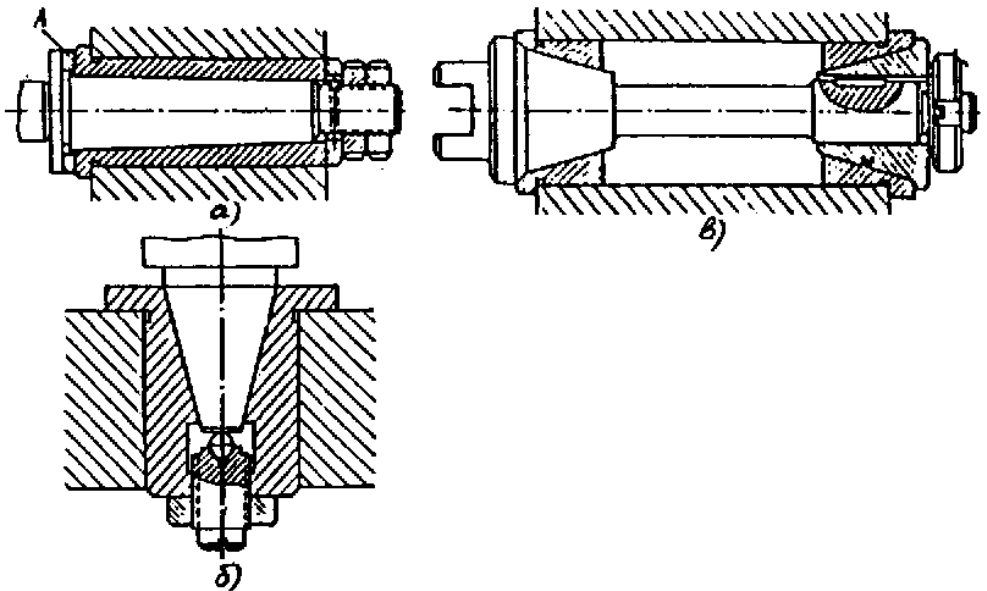


Рисунок 12.30. Шпинделі конічні

По мірі зношування шпинделя радіальний зазор може бути знову зменшений підшліфуванням шайби А.

З технологічних міркувань рекомендується застосовувати стандартну конусність шпинделя, наприклад, конус Морзе. При цьому зміна діаметрального зазору на 1 мкм потребує зміни товщини приблизно на 20 мкм.

Якщо подібний конічний шпиндель має вертикальне розташування, то доцільно опертися шпиндель на центральну кульку з регульовальним гвинтом (рисунок 12.30, б). В контрольних пристроях для перевірки шестерень на шум і контакт шпиндель має посадку одночасно на чотири конуси, з яких два є центруючими і два здійснюють осьове базування (рисунок 12.30, в). Сталевий загартований шпиндель з одягнутою на ньому втулкою базується на двох бронзових втулках запресованих в корпус. Припасування за всіма чотирма конусами проводиться шабрінням посадочних поверхонь бронзових втулок.

Комбіновані конструкції з використанням одночасно двох видів тертя ковзання та кочення застосовується, головним чином, в тих випадках, коли потрібна висока точність центрування і малі втрати на тертя внаслідок великих осьових навантажень на шпиндель.

На рисунку 12.31 показано шпиндель, призначений для базування важких деталей. Хвостовик шпинделя надійно центрується у втулці, а його бурт, який опирається на кульки, забезпечує легкість обертання. Наявність плоских бігових доріжок і відбір кульок в один розмір з точністю 1–2 мкм забезпечує високу точність за торцевим биттям.

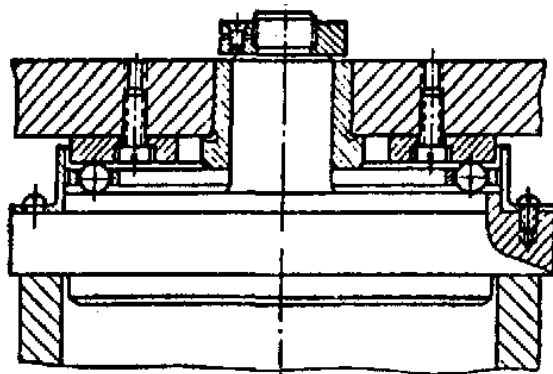


Рисунок 12.31. Шпиндель на кульковій опорі



**Деталі прямолінійного переміщення.** До деталей та вузлів прямолінійного переміщення відносяться всілякі планки, шупи, скалки, каретки, столи і т. ін. На відміну від прямих передач вони характеризуються значно більшою довжиною переміщення.

Для деталей прямолінійного переміщення точність напрямних визначається величиною бокового хитання, тобто посадкою і довжиною напрямку.

Чутливість напрямних визначається коефіцієнтом тертя між рухомою і нерухомою деталлю, співвідношенням довжини і ширини напрямної, а також положенням точки прикладання сили, що переміщує та її напрямком.

Для того щоб уникнути заїдання деталей, що переміщуються, необхідно враховувати напрямок і положення точки прикладання зусиль, що переміщують.

За конструкцією напрямні можна поділити на дві групи: напрямні ковзання і напрямні кочення.

Найбільш простою є конструкція, яка складається з однієї планки, по якій переміщується деталь, що спрямовується (рисунок 12.32). Її перевага полягає в тому, що вона дозволяє швидко встановити і зняти вузол, що переміщується.

Нею користуються, наприклад, для напрямку універсальних стояків з індикатором.

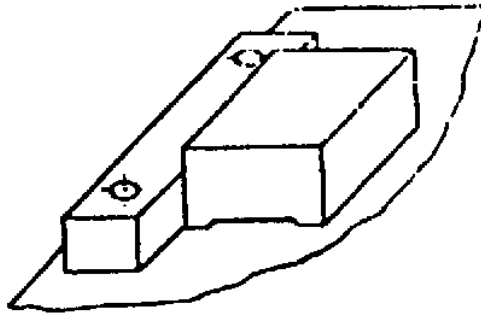


Рисунок 12.32. Однобічна напрямна

Однобічна напрямна обмежує деталь що переміщується лише в одному напрямку, в той час як двобічна обмежує її переміщення в двох бокових напрямках. Конструкція може бути виконана двома способами. У першому випадку (рисунок 12.33, а) деталь,

що переміщується спрямовується двома планками. У другому (рисунок 12.33, б) – спрямовується однією планкою, яка входить у шпонковий паз. Очевидно, що останній спосіб є кращим, оскільки співвідношення довжини і ширини напрямку буде більш сприятливим.

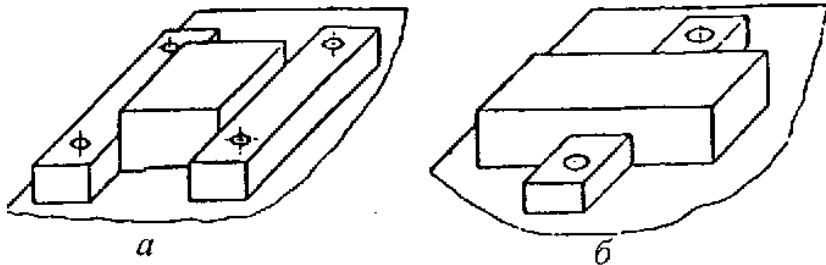


Рисунок 12.33. Відкрита двобічна напрямна

Більшу точність має напрямна, в якій посадка здійснюється за призматичним пазом (рисунок 12.34). Припасуванням (шліфуванням або шабрінням) здійснюється в даному випадку посадка по горизонтальній опорній площині і боковим поверхням паза з мінімальними зазорами. По мірі збільшення зазору додатковою обробкою поверхонь що труться відновлюється початкова посадка. Подібна конструкція застосовується для надійного базування в контрольних верстатах і пристроях за умови не частого переміщення деталей.

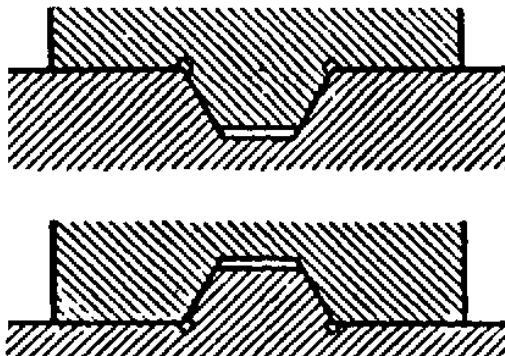


Рисунок 12.34. Призматична напрямна

Недоліком описаних напрямних є те, що елемент що переміщується не охороняється від вертикального зміщення (піднімання, перекосів). Крім того, відкриті напрямні не захищені від попадання пилю і бруду. В цьому відношенні краще напрямні напівзакритого типу.

Напівзакриті напрямні, побудовані на терті ковзання, застосовуються в тих випадках, коли не ставляться високі вимоги до точності та чутливості елемента, що переміщується. Найпростіша конструкція такої напрямної (рисунок 12.35, а) забезпечує посадку за боковими сторонами і висотою заплечиків. В цій конструкції не передбачено регулювання зазору, який виникає по мірі зношування. Частково цей дефект може бути усуненим в напрямній з регульованим клином (рисунок 12.35, б). За допомогою регульованих гвинтів тут усуваються бокові і вертикальні зазори в одному з заплечиків.

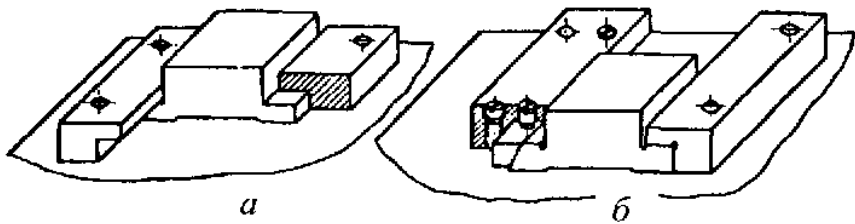


Рисунок 12.35. Напівзакрита напрямна

Більш повне регулювання має загальновідома напрямна у вигляді ластівчиного хвоста, але вона менш чутлива.

Для напрямку невеликих деталей, що переміщуються (планок, шупів, пальців) застосовуються закриті прямокутні та циліндричні напрямні.

Найбільш поширений тип прямокутної напрямної (рисунок 12.36) уявляє собою стояк з пазом, в якому переміщується деталь, що спрямовується. Її поперечне переміщення обмежується боковими сторонами паза, а вертикальне – кришкою, закріпленою гвинтами. Таким чином, деталь прямокутного перерізу, що спрямовується, має посадку по всім чотирьом сторонам. Як правило, в подібних напрямних задається посадка з зазором 6–7-го квалітету точності.

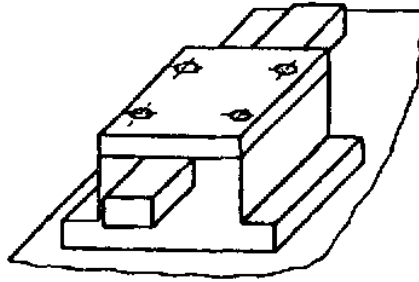


Рисунок 12.36. Закрита прямокутна напрямна

Більш технологічною і зручною є циліндрична напрямна прямолінійного переміщення. Вона становить собою бронзову або загартовану сталеву втулку, в якій переміщується сталева загартована циліндрична скалка. Шпонкове пристосування запобігає обертанню скалки навколо осі. Конструкція шпонкового пристосування визначається вимогами які ставляться до точності кутової фіксації деталі, що переміщується. Ці вимоги будуть тим вище, чим менше радіус розташування шпонки і чим більше радіус, на якому може виникнути похибка кутового хитання. Таким чином, для напрямної з високою кутовою точністю необхідно винести шпонкове пристосування на велике плече.

Іншим засобом підвищення точності є застосування шпонок, в яких зазор усувається як при виготовленні пристрою, так і в експлуатації.

Найбільш простим шпонковим пристосуванням є гвинт з циліндричним кінцем, який входить у фрезерований паз скалки пальця. Ця конструкція не забезпечує точності кутової фіксації через зазори між гвинтом і шпонковою канавкою і через неточну посадку гвинта на нарізці, тому її застосовують лише для грубого обмеження обертання (рисунок 12.37, а).

Більш точною є конструкція, в якій шпонка фіксується за циліндричним отвором корпусу, а її кінець зі шліфованими дисками з малим зазором спрямовує шліфований паз скалки (рисунок 12.37, б). Шпонка надійно закріплюється двома гвинтами. Середній нарізний отвір служить для демонтажу шпонки. Ця конструкція задовільно працює лише до тих пір поки не збільшаться зазори в результаті зношування. Відновлювальний ремонт цього з'єднання в цехових умовах утруднений.



Підвищити чутливість циліндричного спрямування незалежно від конструкції шпонкового пристосування можна застосувавши кулькову напрямну кочення.

Каретки, що переміщуються на кульках або роликах, є найбільш чутливими і широко застосовуються при проектуванні контрольних пристроїв і приладів. Вони поділяються на два типи: каретки, що висять на кульках і каретки, що лежать на кульках.

У першого типу кареток швидка поява зазорів і хитання по мірі зношування потребує відносно частого регулювання.

Цього недоліку не має каретка що лежить на кульках (рисунок 12.38, а). На нижній площині цієї каретки є два паралельних призматичних паза. На верхній площині плити знаходиться один призматичний паз і площина, по якій катаються три кульки: дві напрямних між двома призмами і одна опорна між призмою і площиною. Каретка лежить на цих трьох кульках і притягується до них пружиною, яка розташована в центрі ваги А опорного трикутника, вершинами якого є центри кульок. Для запобігання перекошування каретки під її четвертим кутом закріплюється сухар, який обмежує можливе опускання цього кута. Зазор між сухарем і нижньою площиною каретки дорівнює 0,05–0,1 мм.

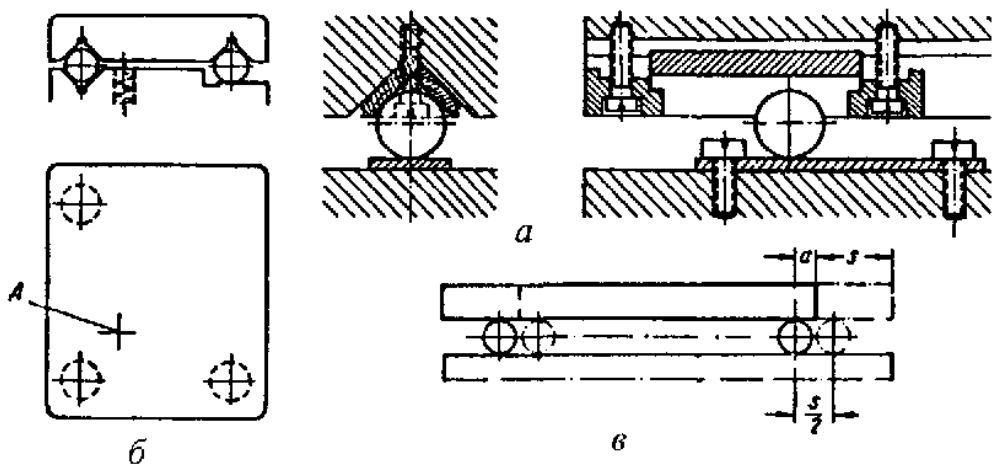


Рисунок 12.38. Каретка на кульках з усуванним зазором

Перевага цієї конструкції полягає у простоті, точності та технологічності. Всі зазори постійно усуваються пружиною.

Завдяки цьому, незважаючи на зношування, в каретці не виникає хитання. Для зменшення зношування поверхні кочення повинні бути високої твердості. При малих розмірах, каретка і напрямна можуть бути загартовані, а при значних розмірах до каретки закріплюються сталеві загартовані пластини. Закріплення пластин до призми здійснюється за допомогою напівциліндричних сухарів, а до плоскої напрямної безпосередньо гвинтами (рисунк 12.38, б).

Для визначення правильного розташування кульок і величини їх переміщення необхідно враховувати, що величина переміщення каретки в два рази більше величини переміщення кульок, як це видно на рисунку 12.38, в.

Недоліком кулькових напрямних є те, що величина хода каретки обмежується величиною хода кульок.

Цього недоліку не мають вузли, що переміщують і які спрямовуються кульковими підшипниками, що обертаються на нерухомих осях. Один з можливих варіантів подібної напрямної показано на рисунку 12.39. Щоб отримати не тільки легкий і довгий хід, але й можливість усунення хитання, осі декількох кулькових підшипників роблять ексцентричними, що дозволяє шляхом їх регулювання вибирати зазори.

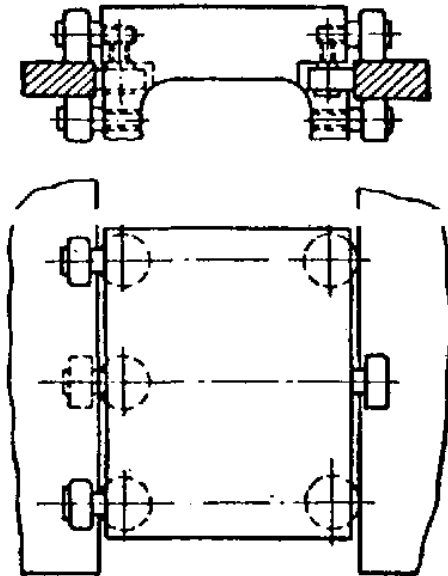


Рисунок 12.39. Каретка на кулькових підшипниках

## 12.5. Затискні пристосування

Для надійного встановлення деталей, що перевіряються на контрольних пристроях застосовуються затискні пристосування. Вони повинні закріплювати деталь, не викликаючи при цьому деформацій. Надто сильні затискачі можуть викликати як залишкові деформації на поверхні деталі, що перевіряється, так і пружні деформації, які скривлюють показання контрольного пристрою. Залишкові деформації на поверхні деталі (вм'ятини, забоїни тощо) можуть бути відвернуті за допомогою різних сухарів, які мають збільшену площу контакту з деталлю, зменшують питоме навантаження на неї. Появу пружних деформацій можна попередити застосуванням легких затискачів і правильним розташуванням точок затискання (в більш жорстких перерізах, проти опор тощо). Для охорони поверхонь оброблених з високою шорсткістю застосовують всілякі проміжні вставки з м'яких матеріалів (латуні, гуми, шкіри та ін.).

В контрольних пристроях знаходять широке застосування всілякі гвинтові затискачі. Гвинти, як правило, затягуються пальцями рук, тому вони мають спеціальні головки.

У випадках, коли для встановлення і зняття деталі необхідно затискний наконечник відвести на велику відстань, рекомендується користуватись затискачами типу байонетів. Звичайний байонет (рисунок 12.40, *а*) має шток 1, на якому профрезерована канавка під наконечник напрямного гвинта 2. Канавка має пряму ділянку, розташовану уздовж осі штока 1, затискну ділянку, яка створює спіраль з кутом  $4-5^\circ$  до осі штока. Кінець штока, повернутий до деталі, що затискується, оснащується наконечником 3 (сферичним, або таким, що гойдається тощо), на протилежному кінці штока є рукоятка 4, за допомогою якої шток переміщують в осьовому напрямку і обертають навколо осі. Пряма ділянка канавки дозволяє швидко підводити і відводити шток, а спіральна ділянка, яка має кут спіралі в межах кута гальмування, забезпечує надійне затискання деталі. Дана конструкція не має осьового регулювання затискного положення штока. Цього недоліку не має байонет, показаний на рисунку 12.40, *б*. Замість напрямного гвинта в ньому є штифт 1, запресований радіально в шток 2. Канавка профрезерована в напрямній втулці 3, причому змінювання осьового положення втулки 3 шляхом загвинчування в корпус або вигвинчування з нього можна забезпечити необхідне розташування штока.



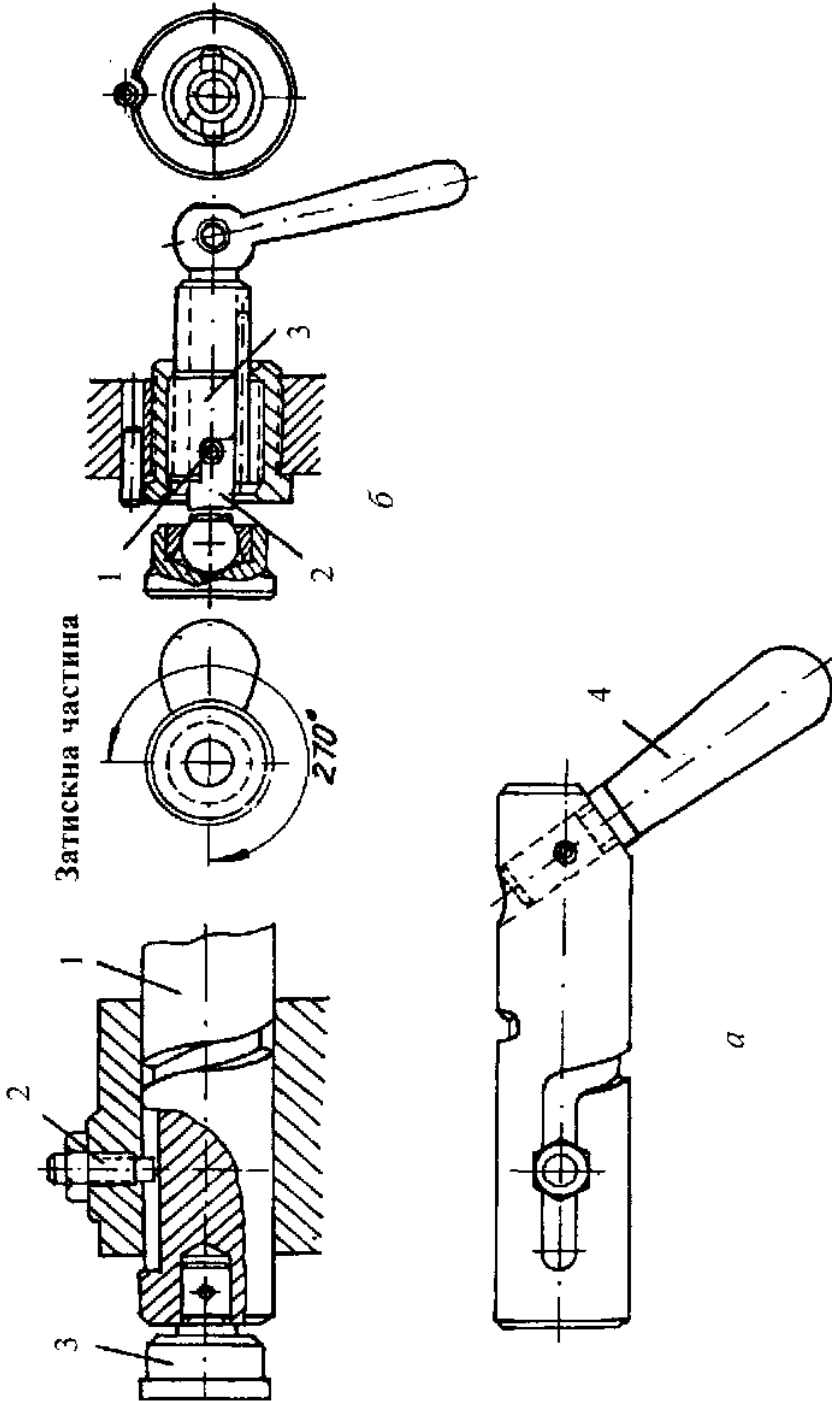


Рисунок 12.40. Байonetні затискачі

Більш швидкодіючим є шарнірний затискач, показаний на рисунку 12.41. Його окремі елементи (серга 2 і рукоятка 1) спочатку встановлюються під дуже малими кутами, розвиваючи значне зусилля, а потім переходячи за мертву точку до упора у виступ А на затискній планці 3, охороняють від повернення затискача назад. Зусилля затискання створюється величиною деформації планки 3.

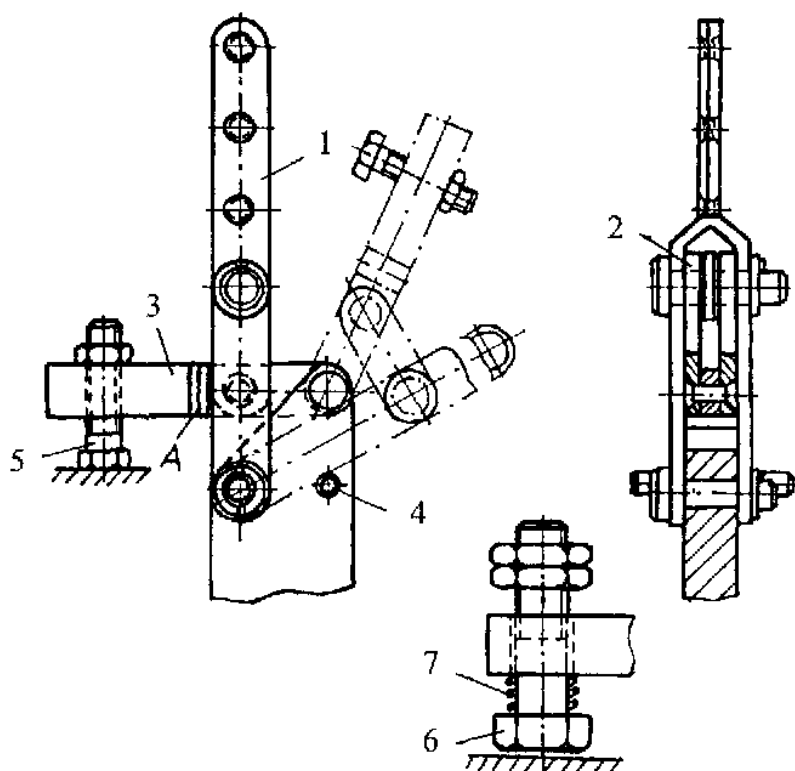


Рисунок 12.41. Шарнірний затискач

Розташування важелів затискача забезпечує не тільки швидке і легке вмикання і вимкнення затискача, але й великий відвід затискної планки 3. Це дає можливість вільно встановлювати і знімати деталь з пристрою. Упорний штифт 4 обмежує відвід рукоятки. Шарнірний затискач затискує деталі, які мають порівняно малий допуск на виготовлення 0,5–0,7мм. Збільшення відхилень розташування поверхні, що затискується призведе або до ненадійного затискання, або до надмірного згинання планки 3.

Тому у випадках контролю виливок чи поковок, у яких змінювання висоти необроблених поверхонь, що затискаються коливається в межах декількох міліметрів, замість нерухомого болта 5 ставлять болт 6 з пружиною 7.

Затискач з перекидною пружиною легше шарнірного затискача. Якщо деталь що затискається в процесі вимірювання повинна обертатись, то затискач оснащують роликком або кульковим підшипником (рисунок 12.42). Перевагою даної конструкції є: простота, можливість відходу затискного важеля при затискуванні деталей що обертаються (внаслідок їх некрутлості, биття тощо) і невелике зусилля затискання, яке не викликає деформації деталі, що перевіряється.

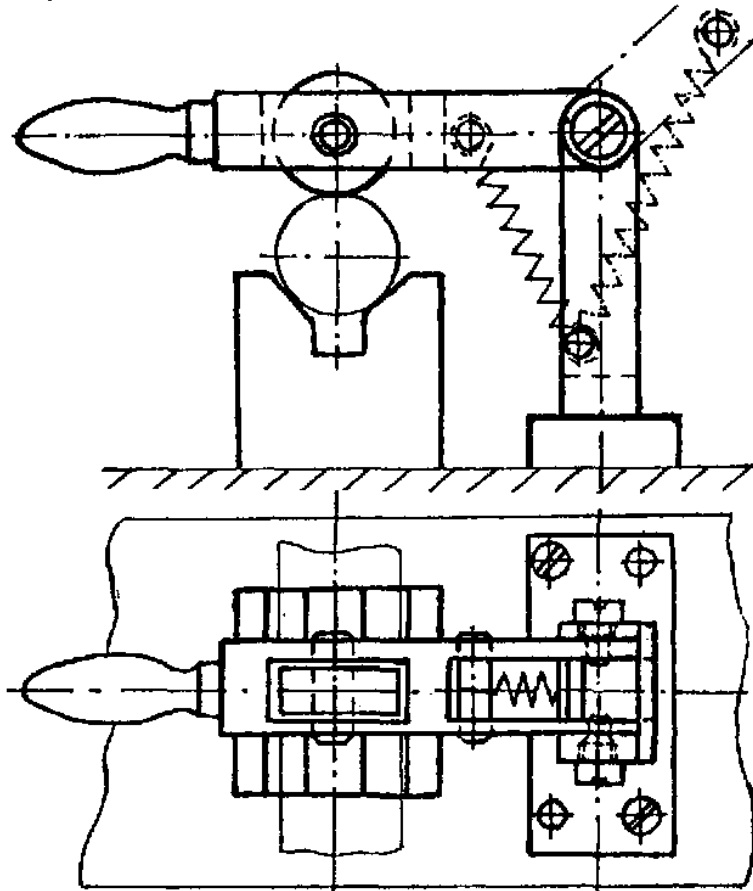


Рисунок 12.42. Затискач з перекидною пружиною

Зусилля  $Q$ , що розвивається затискачем, визначається при схемі затискання за рисунком 12.43, а, як

$$Q = \frac{Pl \sin \alpha}{L},$$

при схемі затискання за рисунком 12.43, б, як

$$Q = \frac{Pl \sin \alpha - Ph \cos \alpha}{L},$$

при схемі затискання за рисунком 12.43, в, як

$$Q = \frac{Pl \sin \alpha - Ph \cos \alpha}{L},$$

де  $P$  – зусилля пружини;  $L$  – відстань від точки гойдання важеля до точки закріплення пружини на важелі тобто до точки прикладання сили  $P$ , виміряне перпендикулярно напрямку затискання;  $h$  – відстань від точки гойдання важеля до точки закріплення пружини на важелі, виміряне паралельно напрямку затискання;  $\alpha$  – кут між напрямком дії пружини сили  $P$  і напрямком, перпендикулярним напрямку зусилля затискання.

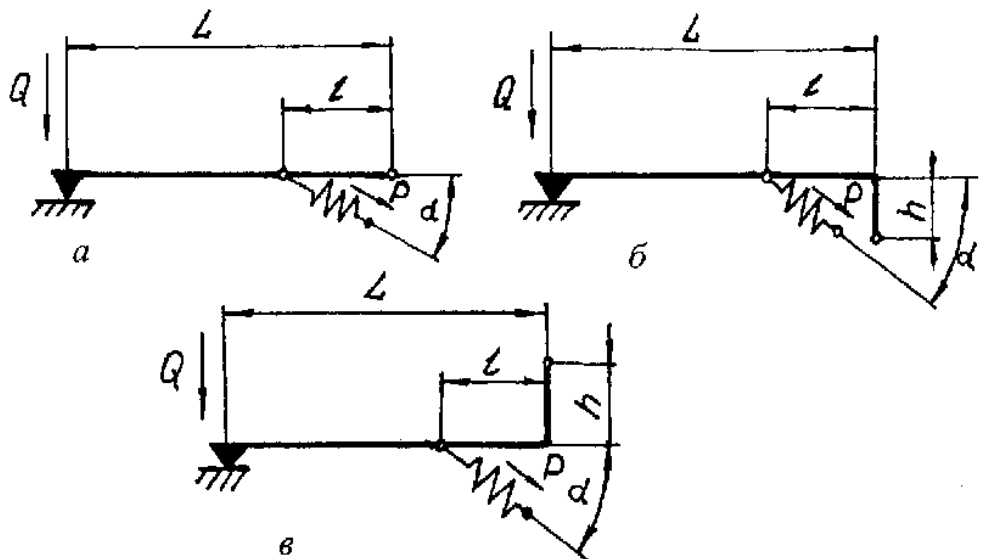


Рисунок 12.43. Розрахунок затискача з перекидною пружиною

## 12.6. Вимірювальні засоби

### Вимірювальні засоби з механічним перетворенням

Залежно від передатного механізму ці засоби можна поділити на зубчасті, важільні, пружинні і важільно-зубчасті.

До приладів з *зубчастою передачею* відносяться індикатори годинникового типу (рисунок 12.44), механізм яких складається з дрібномодульних зубчастих коліс, що здійснюють передачу від вимірювального стержня до стрілки. Межа застосування індикаторів у машинобудуванні широка; вони застосовуються при встановленні і перевірці заготовок на верстатах, а також як відлікові пристосування у найрізноманітніших приладах і пристроях.

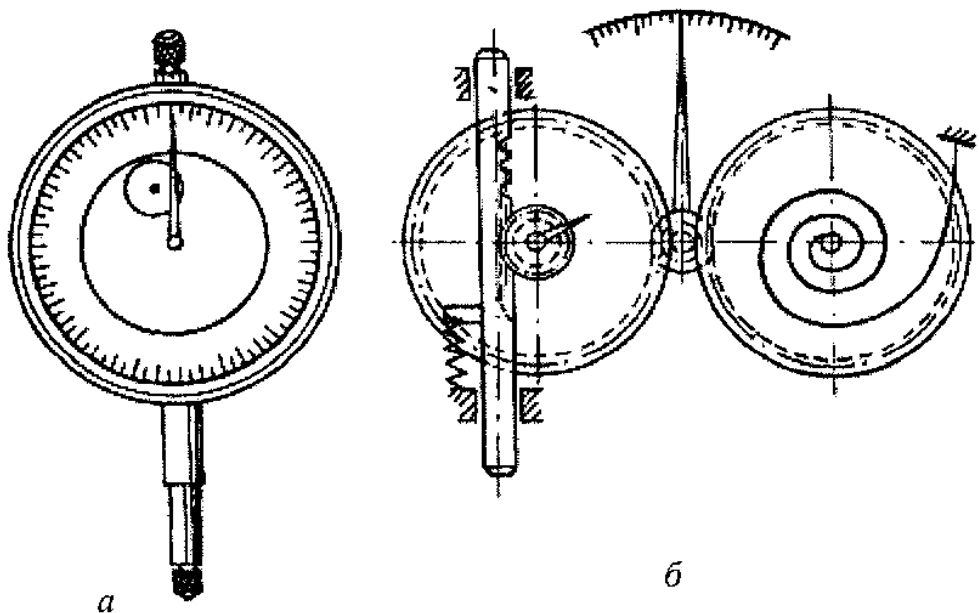


Рисунок 12.44. Індикатор годинникового типу:  
*a* – загальний вигляд; *б* – принципова схема

Більшість індикаторів має діапазон показань 2 або 3,5 або 10 мм, ціна поділки індикаторів – 0,01 мм, похибка вимірювання від 5 до 22 мкм.

До приладів з чисто *важільною передачею* відносяться мініметри (12.45, *а*) – прилади з лезоподібними опорами, відстань між якими мале плече важеля (12.45, *б*).

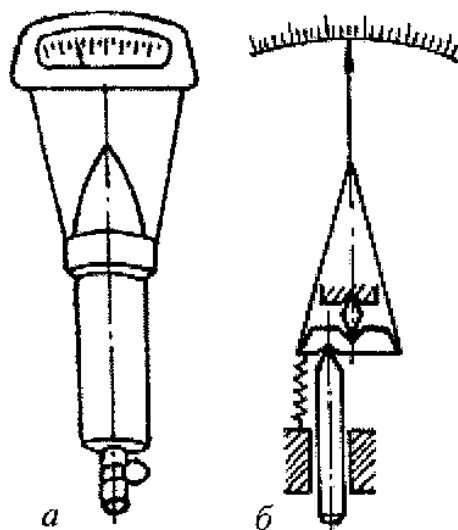


Рисунок 12.45. Головка мініметра: *а* – загальний вигляд; *б* – принципова схема

Великим плечем тут є стрілка. Одна з ножеподібних опор нерухома і відносно неї відбувається обертання призми і стрілки. Друга опора зв'язана з вимірювальним стержнем, який поступально переміщується. Звичайно у мініметрів довге плече  $L = 100$  мм, інтервал поділок шкали дорівнює 1 мм, а коротке плече залежно від ціни поділки  $\ell = 0,1; 0,2; 0,5; 1,0$  мм.

Прилади з *пружинною передачею* відрізняються простотою конструкції передатного механізму, довговічністю в роботі і стабільністю показань. Найбільш удосконаленим приладом цієї групи є мікрокатор (рисунок 12.46) побудований на основі використання пружних властивостей плоскої скрученої стрічки – пружини з фосфористої або берилієвої бронзи прямокутного перерізу. Товщина стрічки 0,004–0,006 мм, ширина 0,15–0,30 мм. Ця стрічка 6 завита спіраллю від середини в різні напрямки і закріплена з одного боку до нерухомого кронштейна 7, а з іншого боку до пружного трикутника 4, який жорстко зв'язаний з плоскими пружинами 2 і 3, причому пружина 2 жорстко скріплена з вимірювальним стержнем 8.

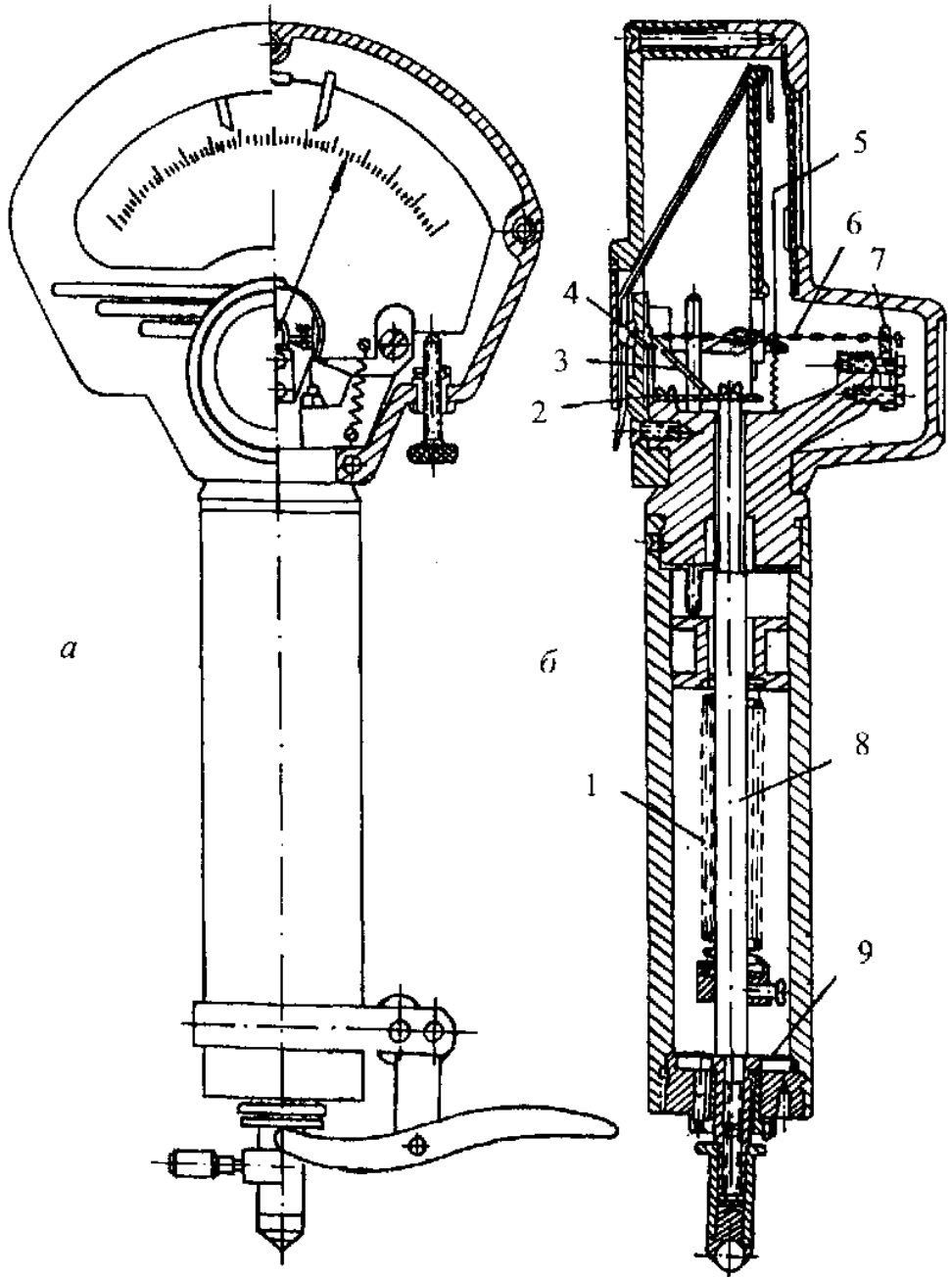


Рисунок 12.46. Головка мікрокатера:  
*a* – загальний вигляд; *б* – принципова схема

Аналогічна пружина 9 зв'язана з нижньою частиною стержня. Таким чином, вимірювальний стержень закріплений в двох пластинчастих пружинах 1 переміщується за рахунок їх деформації. Вимірювальне зусилля забезпечується пружиною 1. До середини стрічки 6 прикріплена скляна стрілка 2. Під дією вимірювального стержня стрічка буде розтягуватись, а прикріплена до неї стрілка відхилиться на деякий кут по шкалі.

Ціна поділки мікрокаторів від 0,01 мм до 0,0005 мм і похибка вимірювання не перевищує ціни поділки.

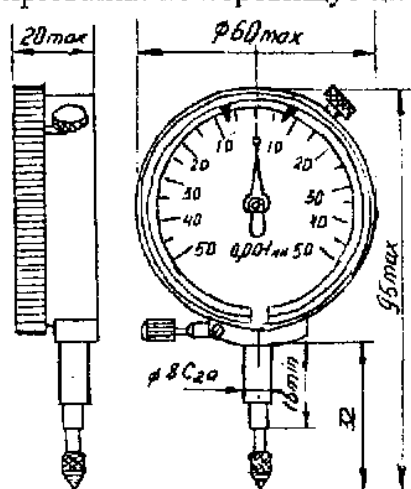


Рисунок 12.47. Вимірювальна головка важельно-зубчастої передачі

### Важельно-зубчасті

прилади являють собою сполучення важельної передачі з зубчастою, що дозволяє значно збільшити передатне відношення. Робота цих приладів заснована на тому, що прямолінійне переміщення сприймається важелями, які за допомогою зубчастої передачі перетворюють їх в обертальний рух стрілки. До цих приладів відносяться головки типу ІГ (рисунок 12.47) та індикатори багатообертові типу МІГ (рисунок 12.48).

Головки мають регулювальний гвинт для точного встановлення на нуль, аретир, покажчики меж поля допуску. До цього типу відносять також індикатори типу ІРБ (рисунок 12.49). Ціна поділки таких приладів, звичайно 0,01–0,001 мм і похибки вимірювання – в межах 0,005–0,015 мм.

Для вимірювання внутрішніх розмірів (діаметрів) застосовують прилади цієї ж групи – індикаторні внутрішньоміри (рисунок 12.50).

Для закріплення головок у пристроях випускаються різноманітні допоміжні пристосування – розрізні втулки, стояки, шарніри тощо.



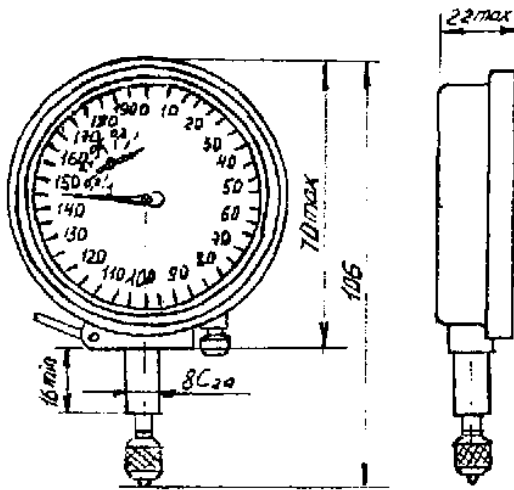
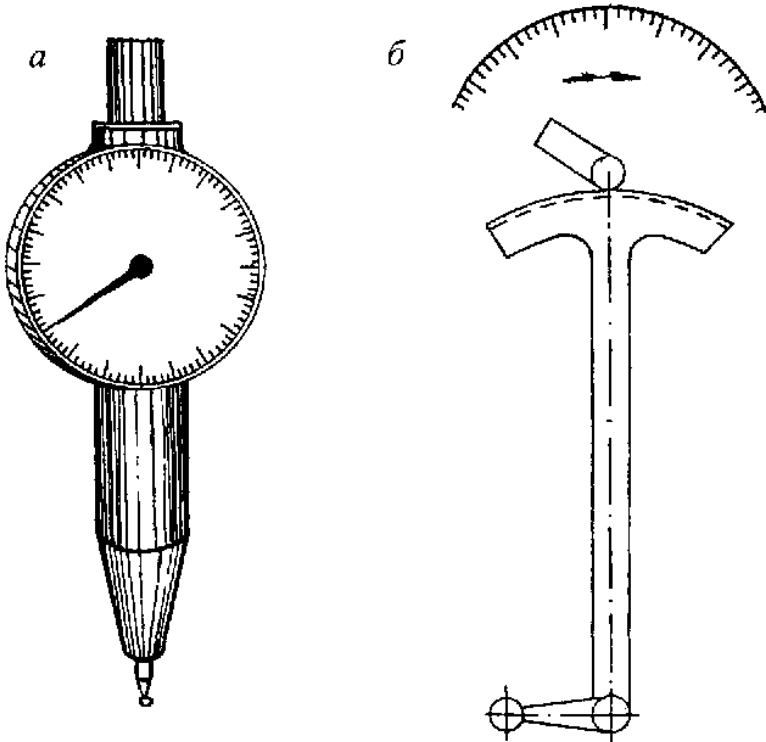


Рисунок 12.48. Індикатор багатообертовий

Рисунок 12.49. Важельно-зубчасті індикатори: *a* – загальний вигляд; *б* – принципова схема

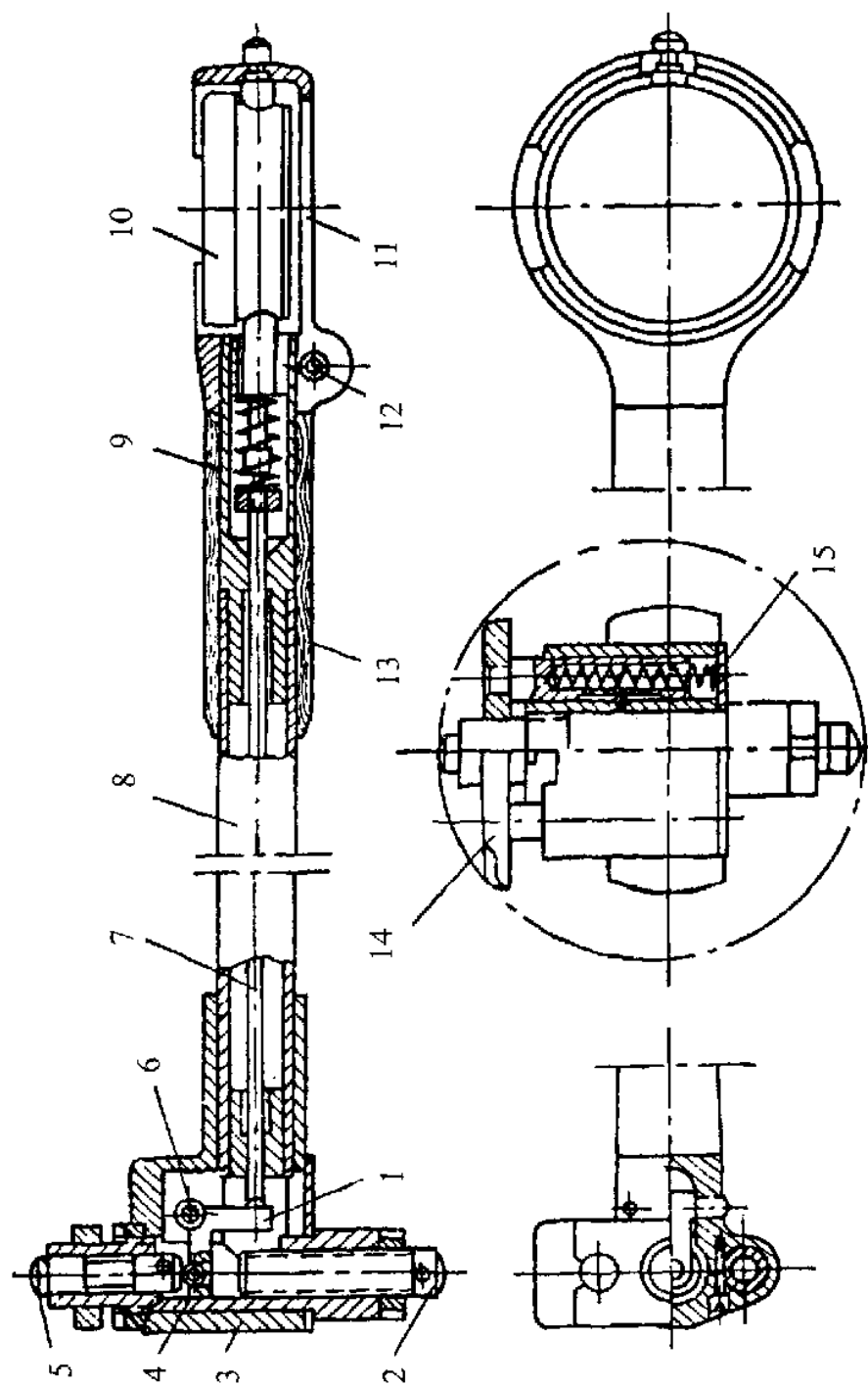


Рисунок 12.5. Індикаторний внутрішньомір

## Вимірювальні засоби з електричним перетворенням

У серійному та масовому виробництвах як вимірювальні засоби у контрольних пристроях широко застосовуються електричні та пневматичні прилади.

З електричних приладів найбільшого поширення набули вимірювальні засоби з ємнісними, індуктивними та електроконтактними датчиками.

*Прилади з ємнісними датчиками* поділяються на недиференціальні і диференціальні.

*Недиференціальним ємнісним датчиком* (рисунок 12.51, а, б) називається датчик, що складається з одного конденсатора, який має рухому і нерухому обкладинку, розділені повітряним зазором, при цьому рухова обкладинка зв'язана з вимірювальним наконечником, який сприймає змінування розміру. У недиференціального датчика, що працює за зміною зазору між паралельними обкладинками (рисунок 12.51, а), змінування ємності  $C$  [Пф] пов'язане такою залежністю із змінуванням відстані між обкладинками  $l$  мм, тобто зі змінуванням вимірювального розміру [11]:

$$C = \frac{\epsilon S}{l},$$

де  $\epsilon$  – діелектрична проникливість;  $S$  – корисна площа обкладинок,  $\text{см}^2$ .

Недиференціальний датчик, що працює за зміною площі перекриття пластин (рисунок 12.51 б), найчастіше являє собою два коаксіальні циліндри з зазором, значно меншим, ніж діаметри. У цих датчиків змінування ємності  $C$  [Пф] пов'язане такою залежністю зі зміною довжини перекриття пластин  $l$  мм, тобто зміною вимірюваного розміру [11]:

$$C = 27,8 \cdot 10^{-3} \frac{\epsilon l}{D-d},$$

де  $D$  і  $d$  – діаметри зовнішньої і внутрішньої обкладинок, мм.

*Диференціальним ємнісним датчиком* називається датчик, який має два чи більше (парне число) конденсатори, ємності яких змінуються з різним знаком, при цьому рухова обкладинка зв'язана з вимірювальним наконечником, що сприймає змінування розміру (рисунок 12.51, в, г, д, е).

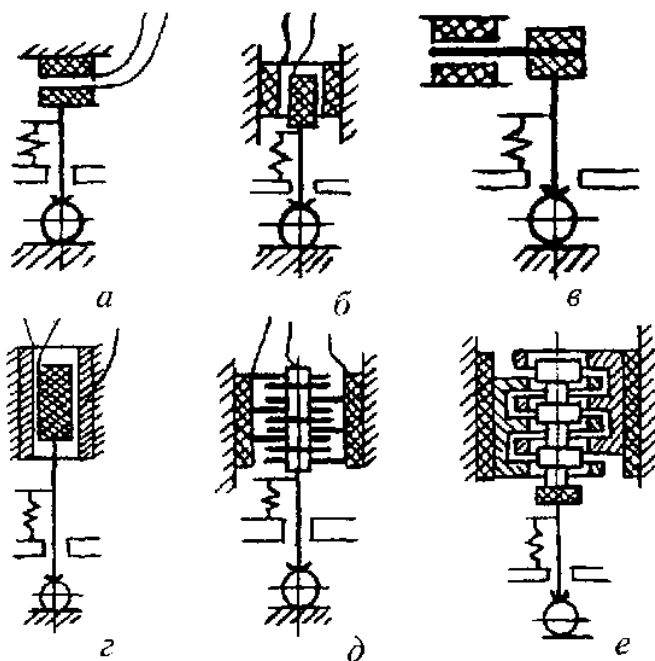


Рисунок 12.51. Схеми ємнісних датчиків

Диференціальні ємнісні датчики, що працюють за принципом змінювання зазору (рисунок 12.51, в), мають робочі конденсатори, які складаються як мінімум з двох плоских нерухомих пластин круглої або прямокутної форми і як мінімум однієї рухомої пластини, розташованої між ними (тобто ніби два конденсатори).

Датчики, що працюють за принципом змінювання корисної площі (рисунок 12.51, г), також мають дві нерухомі і одну рухоми обкладинки циліндричної форми.

Найбільше застосовуються диференціальні датчики, хоча вони і більш складні. Ці датчики мають більш високу чутливість, лінійну характеристику (зміна показів приладу від зміни розміру виражається прямою лінією), похибка їх менше залежить від навколишнього середовища.

Для підвищення корисної ємності датчиків їх найчастіше виготовляють з декількох пластин із збереженням принципу дії за зазором (рисунок 12.51) або з декількох циліндрів (рисунок 12.51, е) при роботі з перекриттям площ.

Переваги приладів з ємнісним датчиком:

1. Висока лінійність вихідної характеристики (відхилення від лінійності можна забезпечити в межах 0,0001–0,00001%).
2. Висока чутливість (може бути одержана мала ціна поділки).
3. Можливість забезпечення малих вимірювальних зусиль і навіть безконтактних вимірювань.

Недоліки приладів з ємнісним датчиком:

1. Великий вихідний електричний опір, що ускладнює схему електронного блока та його конструкцію.
2. Велика чутливість до зовнішніх умов і до елементів електричного ланцюга (коливання температури змінює корисну площу конденсаторів і відстань між ними, зовнішні приєднувальні кабелі діють як додаткові ємності, вологість змінює діелектричну проникливість тощо).
3. Необхідність знімати сигнал з рухомого елемента (рухомої обкладинки).

### Прилади з індуктивними датчиками

Під *приладом з індуктивним датчиком* розуміють вимірювальні засоби з електричним перетворенням, в яких лінійні або кутові переміщення перетворюються в зміну індуктивності електричного ланцюга.

Електрична схема цього приладу складається з датчика і елементів ланцюга, що являють собою електричний ланцюг вимірювання індуктивності.

### Види та схеми індуктивних датчиків

Схема індуктивного датчика складається з катушки індуктивності, тобто провідника електрики, згорнутого в спіраль магнітопровода, який складається з осердя (постійної частини) і якоря, що при вимірюванні розміру зміщується відносно катушки і цим самим змінює магнітну проникливість (опір) осердя, а отже, змінює індуктивність катушки.

Як і в ємнісних датчиках, змінювання індуктивності відбувається або в результаті змінювання зазору між рухомою частиною магнітопровода якоря і осердя (рисунок 12.52, а, в), або в результаті змінювання площі (рисунок 12.52, б, г).

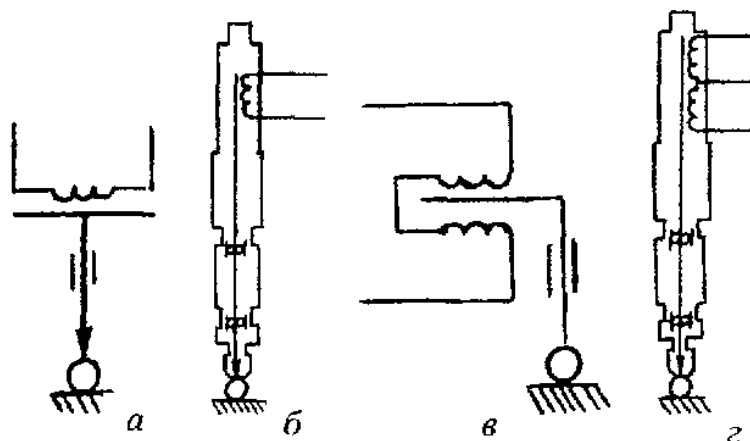


Рисунок 12.52. Схеми індуктивних датчиків

Індуктивні датчики, як і ємнісні, можуть бути або недиференціальними (рисунок 12.52, а, б), або диференціальними (рисунок 12.52, в, г).

Зміна індуктивності відбувається при зміні параметрів зазору за такою залежністю [11]:

$$L = \frac{w^2}{\sum_{i=1}^N \frac{l_{on}}{\mu_o S_{on}} + \sum_{k=1}^K \frac{l_k}{\mu_k S_k}},$$

де  $w$  – кількість витків катушки;  $l_{on}, S_{on}$  – довжина і площа  $n$ -ої повітряної ділянки магнітного ланцюга;  $l_k, S_k$  – довжина і площа  $k$ -ої феромагнітної ділянки магнітного ланцюга;  $\mu_o, \mu_k$  – магнітна проникливість повітря і матеріалу  $k$ -ої ділянки магнітного ланцюга;  $N$  – кількість повітряних ділянок магнітного ланцюга;  $K$  – кількість феромагнітних ділянок магнітного ланцюга.

Датчики, що працюють за принципом змінювання зазору, використовуються для малих переміщень (від часток мікрометра до 3–5 мм), а ті, що працюють за принципом змінювання площі, – для переміщень від 0,5 до 15 мм. Частота живлення сучасних приладів з індуктивними датчиками застосовується в межах 3–15 кГц і при цьому найчастіше використовуються магнітопроводи з фериту, який має достатню магнітну проникливість, малі втрати і температурну стабільність.

Конструкції індуктивного датчика залежно від сфери застосування поділяють на датчики осьової дії і датчики бокової дії.

У датчиках осьової дії звичайно намагаються забезпечити розмір приєднувального циліндра 8 або 28 мм. Датчики з приєднувальним розміром 28 мм використовують при необхідності мати катушки з великою індуктивністю.

Датчики з великою індуктивністю катушок дозволяють використовувати так звану "безпідсилювальну схему", оскільки отримується потужний сигнал, який використовують без додаткового підсилювання. У всіх інших випадках використовують датчики з приєднувальним розміром циліндра 8 мм. Ці датчики мають найбільше застосування (забезпечуючи переміщення до 1 мм).

Конструктивне оформлення датчика щодо катушок індуктивності і магнітопроводу, в основному, ідентичне.

### **Номенклатура приладів з індуктивними датчиками і основні технічні характеристики**

У приладах з індуктивним датчиком, на відміну від приладів з механічним перетворенням є можливість мати в одному приладі кілька значень цін поділок і відповідно кілька діапазонів показань. Звичайно намагаються створити гаму приладів з індуктивним датчиком з урахуванням задоволення потреб в засобах вимірювання для різних випадків використання. Ціни поділок встановлюють відповідно до ряду чисел 1, 2, 5. Для індуктивних систем ці ціни поділок бувають від 0,00001 до 0,05 мм (0,00001; 0,0001; 0,0002; 0,0005; 0,001; 0,002; 0,005; 0,010; 0,050 мм).

Діапазон показань звичайно встановлюють, виходячи з поділок, що наносяться на шкалі. У різних приладів наносять  $40(\pm 20)$ ;  $60(\pm 30)$ ;  $100(\pm 50)$  поділок. Сполучення цін поділок і діапазонів показів в одному приладі різне, і в багатьох приладах, що створюють цілу гаму, має місце перекриття.

За кількістю використовуваних датчиків прилади випускаються або з одним, або з двома датчиками. При використанні двох датчиків здійснюється одна з простіших операцій – алгебраїчне підсумовування величин переміщень (тобто складання з урахуванням знаку). У таких приладах звичайно один датчик позначений А, а другий Б і є додатковий тумблер А + Б і А – Б.

За допомогою двох датчиків можна здійснювати різні вимірювання, за яких або сам параметр потребує алгебраїчного підсумовування (наприклад, вимірювання конуса), або використання двох датчиків дозволяє виключати похибку базування деталі на вимірювальній позиції (наприклад, при вимірюванні товщини тонких деталей, які мають вигнуту поверхню). Відомі спеціальні прилади, в яких може бути використано одночасно до 10 датчиків з одним електронним блоком, і спеціальний перемикач для почергового включення датчиків. Такі пристосування використовують для багатомірних контрольних пристроїв.

Живлення у більшості індуктивних приладів здійснюється від мережі напругою 127/220 В з частотою 50 Гц. Є прилади з живленням від вмонтованих в них акумуляторів. У деяких приладах передбачено живлення і від мережі, і від акумулятора чи батареї.

Визначення вимірюваних значень у більшості приладів здійснюється за шкалою і стрілкою. Проте більшість приладів, як правило, забезпечують додатковими виходами електронного блока, до яких можна підключати затискувальні пристосування, систему цифрового відліку (наприклад, трирозрядний цифровий вольтметр), стандартну цифродрукуючу машину чи інші пристосування, що працюють з цифровим кодом (наприклад, для подальшої обробки даних), пристосування для амплітудних вимірювань (тобто вимірювань коливань розміру, наприклад, биття з відліком безпосереднього значення биття замість зашам'ятовування максимальних і мінімальних відхилень), світлофорний блок, що показує відхилення розміру за границі допуску загоранням відповідних ламп, чи навіть пристосування, призначене для розділення деталей на розмірні групи для здійснення селективного складування.

### **Похибка вимірювання приладами з індуктивним датчиком**

Ця похибка виникає за тими ж причинами, що і похибка при використанні вимірювальних головок. Похибка більшості індуктивних приладів звичайно не перевищує ціни поділки при використанні одного датчика і двох цін поділки при використанні двох датчиків. Перевірка точності приладів з індуктивним датчиком аналогічна перевірці точності вимірювальних головок, тобто здійснюється за кінцевими мірами довжини, точність яких встановлю-



ється залежно від нормованої точності приладів. Іноді розробляють спеціальні устаткування для здійснення перевірки приладів високої точності, які використовуються і для механічних вимірювальних головок, і для приладу з індуктивним датчиком [11].

### Прилади з електроконтактним датчиком

У контрольних пристроях та контрольно-сортувальних автоматах широко застосовуються електроконтактні датчики. Схема контрольного пристрою з електроконтактним датчиком для однорізного контрольного пристрою наведена на рисунку 12.53. Якщо розмір  $D$ , що перевіряється, знаходиться в полі допуску, то лампи 1 і 2 не загораються. Якщо розмір  $D$  менший за мінімально допустимий – замикаються нижні контакти і загорається лампа 1. При великому максимально допустимому розмірі загорається лампа 2. Лампа 3 загорається при розмиканні обох контактів, тобто коли деталі придатні. Опір цієї мостової схеми підібрано так, що при замиканні одного з контактів лампа 3 гасне. Таким чином, на будь-якій стадії роботи пристрою горить одна з трьох ламп. Несправність схеми і перегорання ламп виявляється за відсутності світла. Електроконтактні датчики зручні для багатомірних контрольних пристроїв світлофорного типу. Вони забезпечують значне підвищення продуктивності та полегшують працю контролерів. Технічні вимоги на датчики регламентовані державним стандартом.

Застосовують також багатоконтактні датчики для сортування деталей на розмірні групи.

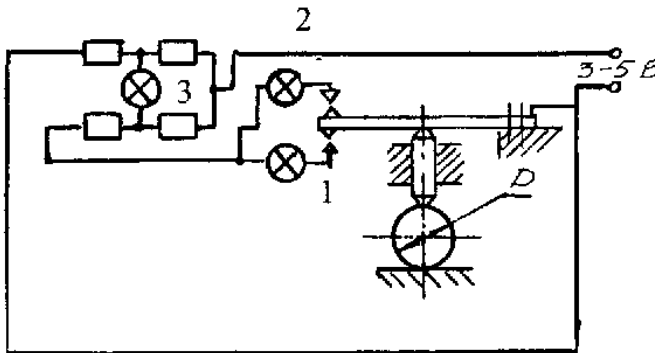


Рисунок 12.53. Пристосування з електроконтактними датчиками

Розрізняють датчики двох видів: граничні (рисунок 12.54, а) та амплітудні (рисунок 12.54, б). Перші використовують для контролю розмірів, другі – для контролю форми і розташування поверхонь деталей.

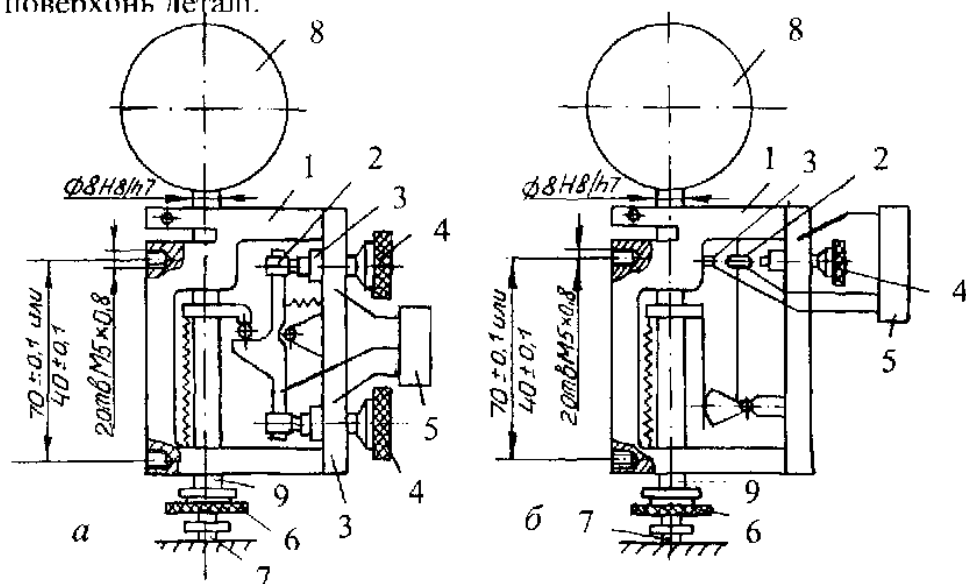


Рисунок 12.54. Електроконтактні датчики

Електричні схеми включення електроконтактних датчиків бувають з силовими і сітковими контактами. Недоліком датчиків першого типу є знижена точність роботи через підгорання контактів. Для підвищення надійності роботи датчиків їх контакти виконують з вольфраму і включають в мережу низької напруги (3–5 В). Датчики настроюють і періодично перевіряють за еталонном.

Датчики другого типу не мають зазначеного недоліку, вони довговічні і працюють стабільно.

Датчики виконують із звичайним брызкозахисним або пилозахисним корпусом (рисунок 12.54). Для закріплення при експлуатації датчики повинні мати на корпусі два нарізні отвори  $M5 \times 0,8 \text{ мм}$ , розташовані на відстані  $70 \pm 0,1 \text{ мм}$ , а у малогабаритних датчиків – на відстані  $40 \pm 0,1 \text{ мм}$ , або гільзу 9 діаметром 8 чи 14 мм, або з граничними відхиленнями за  $h8$ . У верхній частині корпусу має бути передбачено приєднувальний отвір під відлікове пристосування (з посадкою  $H8/h7$ ). Вимірювальний наконечник виконують сферичним змінним з нарізкою  $M2 \times 0,45 \text{ мм}$  з гладким стрижнем  $\Phi 5q6$ .

Таблиця 12.2 – характеристики електроконтактних перетворювачів (датчиків) з регульованими контактами

Найменування перетворювача	Модель	Підприємство-виготовлювач	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання, мм	Нестабільність спрацювання контакту, мм	Зміщення після 25000 вимірювань, мм, $\pm$	Вимірювальне зусилля, F, cH		Табірні розміри, мм	Маса, кг
							100–300	150–500		
Перетворювач (датчик) електроконтактний двожезовий	228	Завод "Калібр"	0,02	0–1	0,001	$\pm 0,001$	100–300	66×19×132	0,42	
	229						150–500	0,454		
Перетворювач (датчик) електроконтактний тримжезовий	233		0,001	0–0,4	0,005	$\pm 0,005$	30–60	8×16×32	0,2	
Перетворювач (датчик) електроконтактний двожезовий	248		0,002	0–0,2	0,001	$\pm 0,001$	100–300	66×19×127	0,4	

Продовження таблиці 12.2

Найменування перетворювача	Модель	Підприємство - виготовлювач	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання, мм	Нестабільність спрацювання контакту, мм	Зміщення налад- ження після 25000 вимірювань, мм,	Вимірювальне зусилля, F, сН	Габаритні розміри, мм	Маса, кг
Перетворювач (датчик) електроконтактний малогабаритний	КДМ-13	-	0,005	0-3	0,002	± 0,003	300	6×45×17	0,115
	КДМ-14					± 0,004		93×48×17	
Перетворювач (датчик) електроконтактний амплітудний	БРГ	КРІН	0,001	± 0,005	0,003	± 0,005	200	-	0,22
Електроконтактна шкальна головка	1105	"Карл Мар" (ФРН)	0,1; 0,05;	± 1,5	-	-	-	106×163×18	0,120
	1110		0,01	± 0,25					
	1115		0,005	± 130					
	1120		0,001	± 0,05					
	1114		0,01	-					
1124	0,001	-	-						

У таблиці 12.2 наведено характеристики електроконтактних граничних датчиків, що випускаються серійно. Датчик моделі 228 і малогабаритний датчик моделі 233 (рисунок 12.54) призначені для контролю лінійних граничних розмірів і використовуються в різних автоматичних і світлофорних засобах і пристосуваннях активного контролю. Перетворювач моделі 229, в основному, призначений для засобів активного контролю розмірів, а датчик моделі 228 розроблений для контролю розмаху змінюваних розмірів, а саме – для контролю похибок геометричної форми чи взаємного розташування поверхонь. Головка типу ЕГР призначена для контролю граничних лінійних розмірів. Вона має вид індикатора з вмонтованою шкалою.

Електроконтактні датчики забезпечують точність вимірювання 1 мкм (6-й квалітет),  $1 \pm 3$  мкм (7-й квалітет). Така точність зберігається до 25 тис. вимірювань без регулювання датчиків. Межа вимірювання – 1 мм, а сила вимірювання 1 – 2Н.

### **Переваги і недоліки вимірювальних засобів з електричним перетворенням**

**Переваги приладів:**

1. Можливість отримання практично будь-якого передатного відношення.

2. Аналоговий (безперервний) характер вимірюваної інформації, що видається.

3. Вимірювана інформація може бути використана для відліку за шкалою або цифровою індикацією чи реєструватися записуючими (друкуючими) пристосуваннями, чи піддаватись математичній обробці за допомогою електронних пристосувань.

4. Дистанційність вимірювання без обмежень відстані.

5. Можливість поєднання з механічними, оптичними і пневматичними приладами.

6. Можливість розробки датчиків малих габаритних розмірів.

7. Універсальність джерела живлення – електричний струм.

8. Можливість мати в одному приладі декілька цін поділок і діапазонів показань.

9. Можливість використання окремо функціональних блоків, вузлів і деталей, що застосовуються в загальній електротехніці і радіотехніці.

Недоліки приладів з електричним принципом дії:

1. Складні схеми і конструкції порівняно з механічними і пневматичними приладами, що потребують для обслуговування спеціалістів вузького профілю.

2. Висока відносна вартість приладів.

3. Для деяких приладів необхідна висока стабілізація живлення. Необхідність для більшості приладів живлення від мережі обмежує сферу їх застосування.

4. Недостатньо висока надійність, особливо небезпечні поступові відмови, які за зовнішнім виглядом приладу неможливо виявити.

5. Деяка складність вимірювання через незручність розташування датчика (де проводиться безпосереднє вимірювання) відносно електронного блоку (де проводиться відлік показань).

### Вимірювальні засоби з пневматичним перетворенням (пневматичні прилади)

#### Принцип дії та загальна характеристика

Якщо повітря під постійним тиском  $P_1$  буде проходити через отвір  $F_1$  в камеру, а з неї через отвір  $F_2$  назовні, то тиск  $P_2$  в камері буде залежати від співвідношення перерізів цих отворів. Якщо переріз отвору  $F_1$  буде постійним, а  $F_2$  – змінним, то  $P_2$  буде функцією  $F_2$ . Якщо проти вихідного отвору розташувати поверхню  $Z$ , то тиск повітря  $P_2$  в камері буде функцією відстані  $S$ : при зменшенні  $S$  воно буде зростати, при збільшенні – зменшуватись.

Кожна вимірювальна пневматична система складається з вузла очищення та стабілізації тиску повітря, відлікового пристосування і власне вимірювального вузла.

У зв'язку з тим, що витрати стиснутого повітря залежать від величини надлишкового тиску повітря, що підводиться до пневматичної вимірювальної системи, тиск має бути постійним.

Пневматичний вимірювальний вузол містить вимірювальні сопла або контактні пневматичні головки і набуває різних конструктивних форм і габаритів відповідно до умов контролю деталі. Конструкція пристрою визначається необхідністю створення залежності між величиною зазору, через який відбувається витікання повітря, і параметром деталі, що вимірюється.

Пневматичні вимірювальні системи дають можливість одержання високих передатних відношень з широким діапазоном регулювання при порівняно нескладних схемах і простоті експлуатації. В

ряді випадків використовується можливість вимірювання розміру без безпосереднього контакту з поверхнею деталі. Безконтактний метод дозволяє контролювати деталі, що легко деформуються, а також поверхні з високими класами шорсткості, які можуть бути зіпсовані при механічному контакті. Крім того, відсутність контакту вимірювальних сопел з поверхнею деталі призводить до значного збільшення строку служби пневматичних калібрів. У системах високого тиску повітряний струмінь, що витікає на поверхню деталі, очищує її від пилу та емульсії, знижує похибки вимірювання.

Пневматичні пристосування використовують для вимірювання лінійних і кутових розмірів, відносного розташування поверхонь, відхилень від правильної геометричної форми, шорсткості поверхні, деформації тощо. При цьому досягається висока точність вимірювань. Так, точність відліку за шкалами деяких пневматичних приладів становить 0,05 мкм. Важливою позитивною якістю пневматичних пристроїв є можливість здійснення дистанційних вимірювань.

Але застосування пневматичного методу вимірювань ускладнюється необхідністю ретельного очищення повітря, що використовується, та стабілізації його тиску. Іншим фактором, що обмежує застосування пневматичних методів вимірювань, є інерційність показань пневматичних пристосувань. Час спрацювання особливо важливий для приладів, що базуються на вимірюванні тисків, і залежить від ряду параметрів (діаметра вхідних і вимірювальних сопел, робочих тисків та ін.).

Похибки пневматичного методу вимірювань залежать від конструктивних особливостей приладу, його інерційності, коливань робочого тиску та якості очищення повітря.

### **Пневматичні вимірювальні засоби постійного перепаду тиску (прилади ротаметричного типу)**

#### *а) Схема довжиноміра високого тиску*

Схема приладу з ротаметром зображена на рисунку 12.55, а. Очищене стиснуте повітря під тиском 30–50 Мпа надходить до вертикальної прозорої трубки 18, яка поширюється угору. В цій трубці знаходиться легкий поплавок 20. Поряд з трубкою розташована шкала 19. Чим більший зазор між деталлю, що вимірюється, 4 і пробкою 17 вимірювального пристосування, тим більша швидкість повітря і висота підйому поплавка в трубці 18. Кожному розміру деталі відповідає своя висота положення поплавка в трубці.

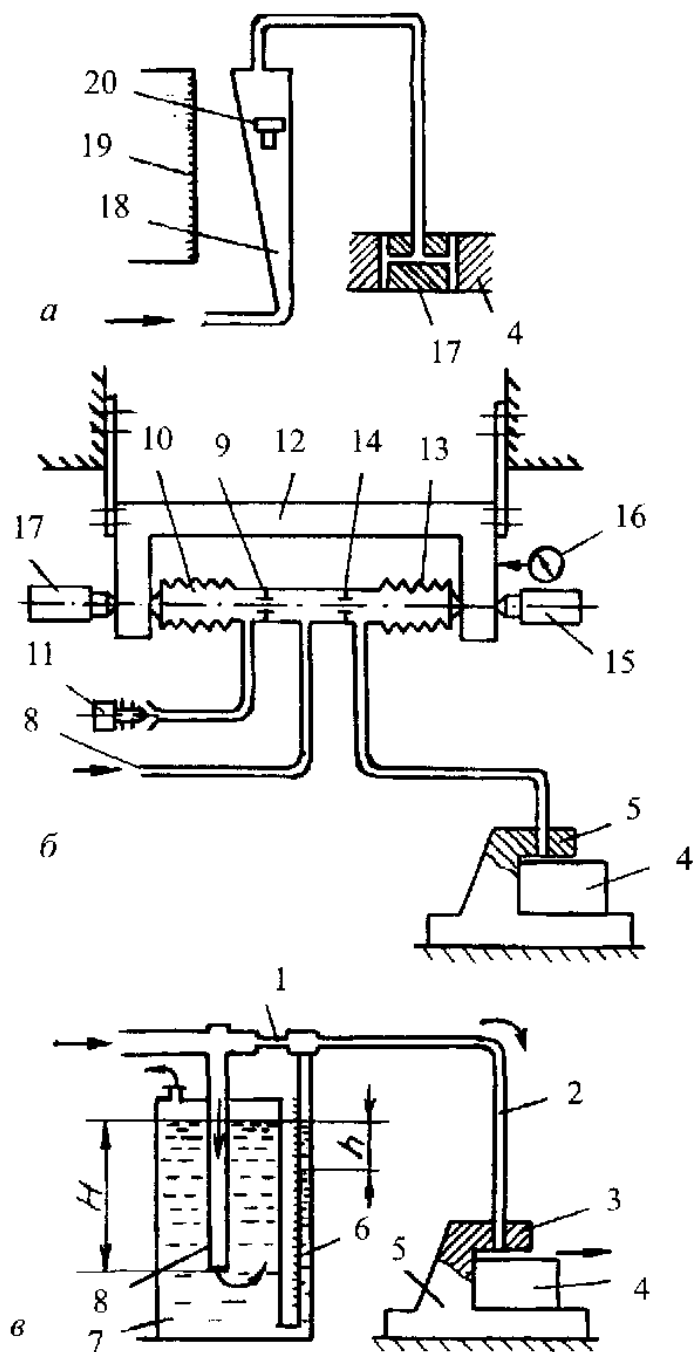


Рисунок 12.55. Пневматичні прилади



*Ротаметри* випускаються з однією або кількома трубками. Стабілізатор тиску (механічний) і фільтр у прилад не вмонтовуються.

Необхідна ціна поділки і діапазон вимірювання можуть бути одержані відповідним добором сопел, зміною тиску повітря, конусності трубки і маси поплавка. Шкали приладів градууються за кінцевими мірами або атестованими кільцями.

### *б) Типорозміри приладів і основні технічні характеристики*

Характерною особливістю конструкцій є можливість створення блоків, що мають до 10 показуючих пристосувань, для здійснення так званих багатомірних вимірювань.

Технічні характеристики ротаметра звичайно відносять до випадку виготовлення його з одним вимірювальним соплом діаметром 1 і 2 мм, оскільки вони (характеристики) можуть значно змінюватись, особливо точнісні дані, при використанні різної оснастки.

Ціни поділок звичайно встановлюють рівними 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5 і 10 мкм. Але відомі прилади, в яких перехід з однієї ціни поділки на іншу здійснюється заміною поплавка, а іноді поплавка разом з трубкою. Діапазон показань становить відповідно 5, 10, 20, 35, 60, 100, 160 мкм, тобто від 16 до 50 поділок. Використовуються трубки з конусністю 1:400 і 1:1000.

Тиск повітря в мережі, від якої живляться прилади, дорівнює 0,31–0,59 Мпа, робочий тиск (тобто після стабілізатора) – 0,1...0,2 Мпа. Витрати повітря звичайно становлять 9л/хв. (0,54 м<sup>3</sup>/год) при роботі з трубкою конусністю 1:1000 (мала ціна поділки), 16л/хв. (0,96 м<sup>3</sup>/год) для трубок 1:400. При відсутності деталі на вимірювальній позиції витрати повітря становлять понад 40 л/хв. (2,4 м<sup>3</sup>/год).

### *в) Похибка вимірювання*

Похибка вимірювання залежить від тих же факторів, що і при використанні вимірювальних головок. Значення цієї похибки при використанні ротаметра з одним вимірювальним соплом приблизно дорівнює похибці вимірювання пружинними головками за різних умов їх застосування. Похибка приладу з вимірювальним соплом не перевищує ціни поділки 0,5 і 1 мкм.

## Пневматичні вимірювальні засоби змінного перепаду тиску (прилади манометричного тиску)

### *а) Схеми приладів*

На рисунку 12.55, б показано схему пневматичного мікрометра високого тиску диференціального типу з сильфонами. Живлення цього приладу здійснюється через механічний стабілізатор для створення постійного тиску стиснутого повітря. По трубці 8 повітря надходить в сильфони 13 і 10 через сопла 14 і 9. З сильфона 13 воно подається до вимірювального пристосування 5, а з сильфона 10 – до регульованого клапана 11. Тиск в сильфоні 13 змінюється залежно від розміру заготовки 4, тиск в сильфоні 10 стає постійним. Деформація сильфонів викликає переміщення підвішеної на плоских пружинах планки 12, яка зв'язана з вимірювальним приладом 16 (або з електроконтактними датчиками 15). Як чутливі елементи в цих мікрометрах використовуються також рідина, трубка Бурдона, мембрана. Прилади описаного типу точні, малоінерційні, прості в експлуатації і налагодженні.

Можливості застосування пневматичних мікрометрів у контрольних пристроях різноманітні. Їх можна використовувати для перевірки розмірів, правильності форми і взаємного положення поверхонь в одно- і багатовимірних пристроях, а також в пристроях автоматичного типу.

Пневматичні мікрометри високого тиску використовуються, як правило, у вигляді пневмоелектроконтактних перетворювачів. Перетворювачі першого типу за інших різних умов забезпечують менший час спрацювання, однак вони не дозволяють контролювати вироби з великими допусками. В останньому випадку застосовують перетворювачі другого типу.

Пневмоелектроконтактні перетворювачі входять до складу контрольного пристосування моделі 344. Перетворювачі випускаються з кількістю поділок  $80(\pm 40)$  і робочим тиском  $0,15 \pm 0,05$  Па. Остаточне настроювання ціни поділки і діапазону показань виконується споживачем.

Настроювання перетворювачів регульованими розривними контактами проводиться за деталями-зразками, кількість яких дорівнює кількості контактів, що регулюються.

На рисунку 12.55, в показано схему пневматичного мікрометра низького тиску. Стиснуте повітря тиском близько 30 Мпа надходить у вертикальну трубку 8, занурену на глибину  $H = 500$  мм в посудину 7 з водою. Остання сполучається з вертикально градуйованою скляною трубкою 6. Через каліброване сопло 1 повітря надходить в трубу 2, на кінці якої знаходиться вимірювальне пристосування 5. При малому зазорі між деталлю, що перевіряється 4, і вимірювальним наконечником 3 стовп води в трубці 2 через зменшення витоку повітря через зазор піднімається. Шкалу градуують на мікрометри або частки допуску. При глибині занурювання трубки 8 на 500 мм тиск в ній дорівнює 5 Мпа. У цьому випадку передатне відношення приладу – 2500–5000; ціна поділки – 0,001 мм, інтервал поділок – до 5 мм.

Недоліки цих приладів:

1. Деяка інерційність водяного манометра. Це потребує витримки в часі (3 – 4 сек) між встановленням виробу і моментом відліку показань приладу.

2. Нерівномірність шкали приладу.

Конструктивно довгомір низького тиску складається з водяного стабілізатора тиску, фільтра і водяного манометра з двома трубками і двома шкалами. Окремо до довгоміра випускаються пристосування для відліку зі шкалою.

Як джерело повітря використовується заводська пневматична мережа, компресор або балон зі стиснутим повітрям. Постійність тиску повітря забезпечується спеціальним стабілізатором тиску (рідинним або механічним), а очищення повітря від сторонніх домішок та вологи здійснюється фільтром. Стабілізатор тиску і фільтр вмонтовуються безпосередньо у пневматичний прилад або постачаються незалежно від приладу. Блоки фільтрів зі стабілізаторами тиску повітря до приладів для контролю лінійних розмірів виготовляються за галузевими стандартами.

### *б) Типорозміри приладів і основні технічні характеристики*

Як і в приладах високого тиску, в конструкції приладів низького тиску передбачена можливість створення блоків, що мають до семи відлікових пристосувань. Найчастіше прилади виготовляють з робочим тиском повітря 500 мм вод. ст. (0,05 Мпа), хоча

тиск можна зробити і більше (наприклад, 1000 мм вод. ст.), але в цьому випадку збільшуються і габаритні розміри (практично у два рази). Для цих приладів прийнято діаметр вимірювального сопла 2 мм. З цим соплом виготовляють прилади з цінами поділок 0,0005; 0,001; 0,002; 0,005 мм з діапазоном показань відповідно 0,02; 0,04; 0,08; 0,16 мм. Витрати повітря з одним вимірювальним соплом – не більше 10 л/хв. Маса приладу з одним відліковим пристосуванням – 12 кг, а з двома – 30 кг.

### *в) Похибка вимірювання*

Похибка вимірювання при застосуванні приладів як універсальних залежить від тих же факторів, що і при вимірюванні вимірювальними головками. У спеціальних випадках використання приладів похибка залежить від умов застосування і особливостей використовуваної оснастки. Похибка одного приладу з вимірювальним соплом 2 мм не перевищує ціни поділки приладу.

## **Вимірювальна оснастка, що використовується з пневматичними приладами, та види вимірювань, що проводяться**

Для вимірювання різних параметрів виробів до пневматичних приладів випускається спеціальна вимірювальна оснастка.

*Види вимірювань* можуть бути здійснені при недиференціальній і диференціальній схемах. На рисунку 12.56 наведено приклади вимірювання під час використання приладів високого і низького тиску при одному відліковому пристосуванні чи при використанні інших приладів, що працюють за недиференціальною схемою.

На рисунку 12.57 наведено приклади вимірювання при використанні двох розглянутих відлікових пристосувань, а також при використанні інших приладів, що працюють за диференціальною схемою. При використанні трьох і більше відлікових пристосувань можуть бути здійснені так звані багатовимірні вимірювання, тобто одночасні вимірювання параметрів деталі. Такі вимірювання здійснюються шляхом механізації процесу вимірювання.

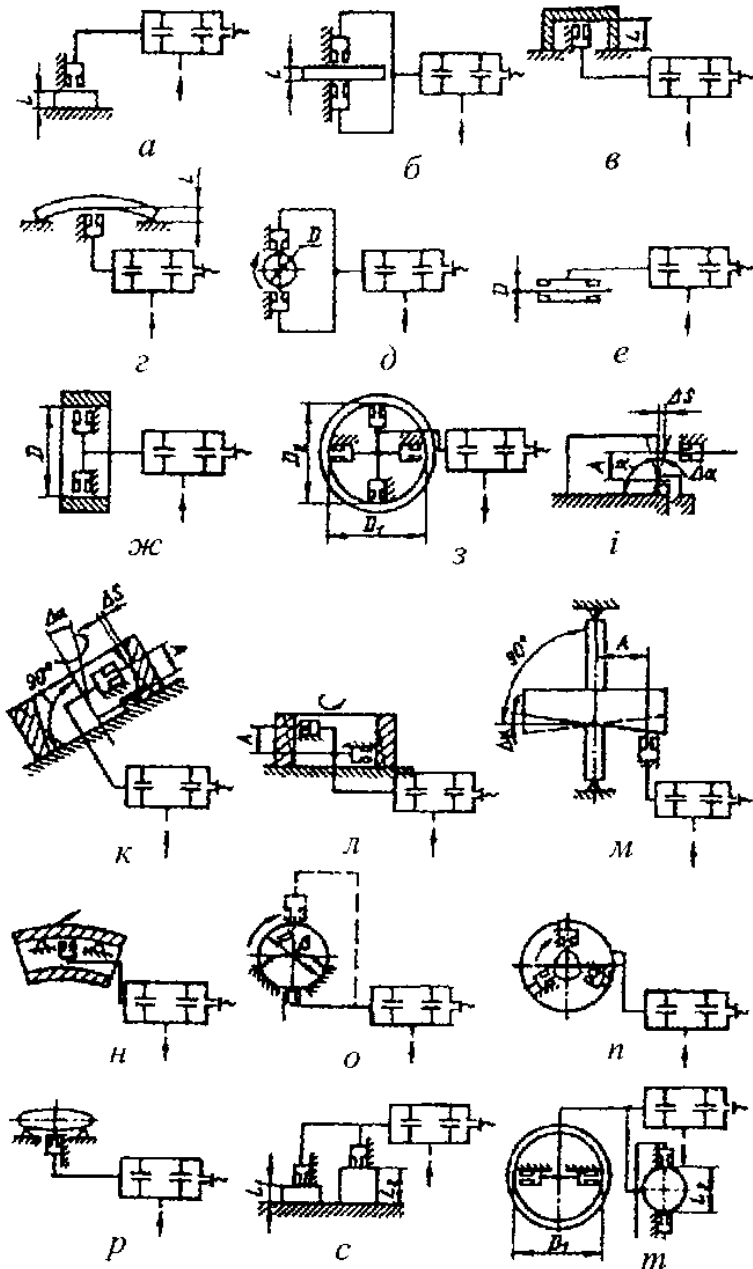


Рисунок 12.56. Приклад вимірювання пневматичними приладами при використанні одного відлікового пристосування або при недиференціальній схемі вимірювання

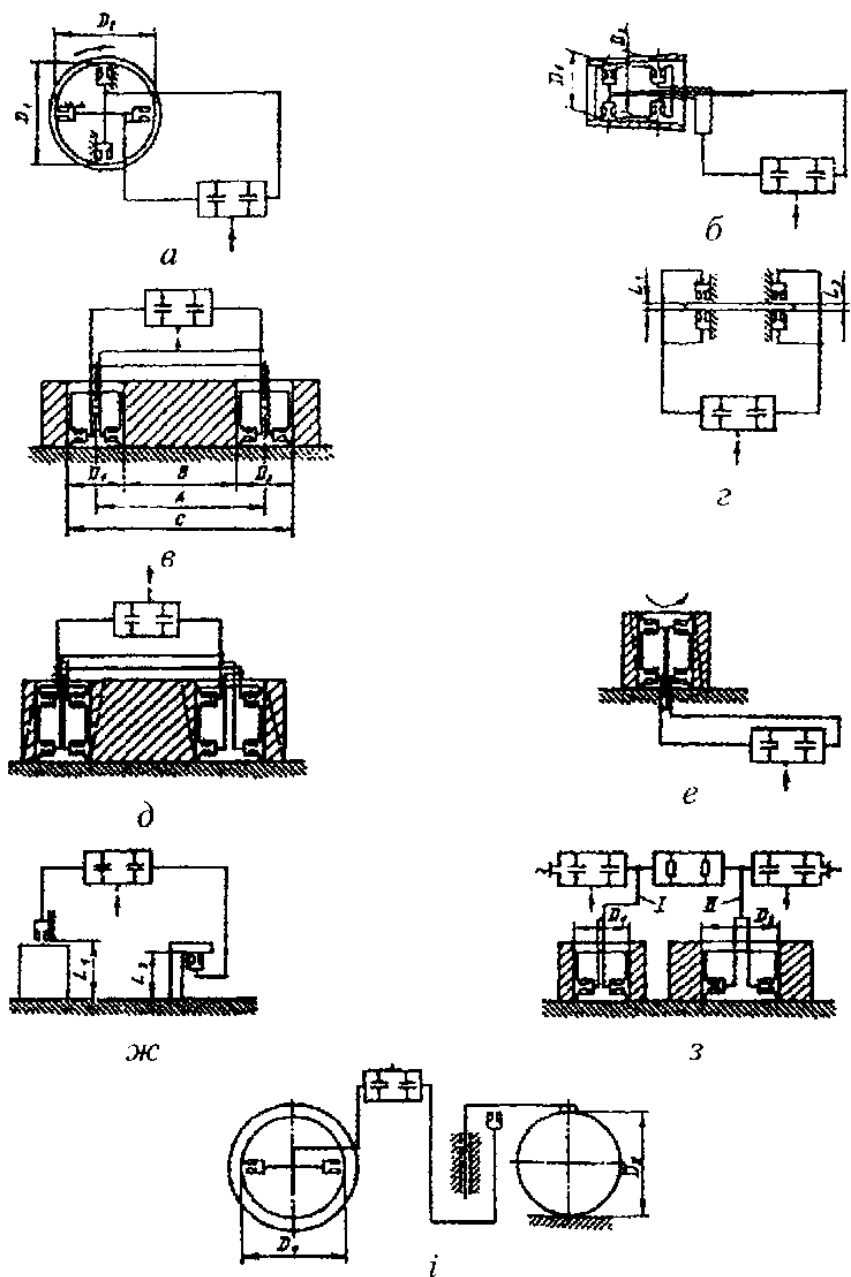


Рисунок 12.57. Приклади вимірювання пневматичними приладами при диференціальній схемі вимірювання

## **Переваги і недоліки вимірювальних засобів з пневматичним перетворенням та рекомендації до їх застосування**

**Переваги пневматичних приладів:**

1. Простота конструкції у виготовленні і в обслуговуванні, невисока вартість.
2. Дистанційність вимірювання при безперервному характері сигналу.
3. Можливість безконтактних вимірювань з високою точністю.
4. Малі розміри вимірювальної оснастки (сопла), яка може бути розміщена у важкодоступних місцях.
5. Можливість одержання суми чи різниці вимірюваних розмірів без яких-небудь лічильно-розв'язувальних пристосувань, можливість одержання усереднених сигналів.
6. Можливість одержання великих передатних чисел.
7. Можливість автоматизації приладів зі змінним перенадом тиску при використанні манометра з пружними чутливими елементами.

**Недоліки пневматичних приладів:**

1. Необхідність мати стиснуте повітря, очищене від усяких домішок.
2. Невеликий діапазон показань (лінійність характеристики в межах 0,2 мм).
3. Велика інерційність системи.
4. Створення при безконтактних вимірюваннях у зоні вимірювання повітряного потоку, що призводить до коливання температури в зоні вимірювання.

### **Орієнтовні рекомендації з використання пневматичного принципу перетворення**

Пневматичний принцип перетворення слід застосовувати:

- а) в усіх випадках, коли потрібні безконтактні вимірювання (тобто для деталей, що легко деформуються, і не можна допустити пошкодження поверхні);
- б) при дистанційних вимірюваннях, коли через якісь причини не можна допустити електричний струм і магнітні поля в зоні вимірювання;
- в) при вимірюванні отворів в умовах серійного і масового виробництва, особливо отворів малого діаметра (3 – 4 мм);

г) при вимірюваннях, коли інерційність пневматичного перетворення дає можливість отримати усереднений сигнал (наприклад, у приладах активного контролю).

## 12.7. Приклади конструкцій контрольних пристроїв

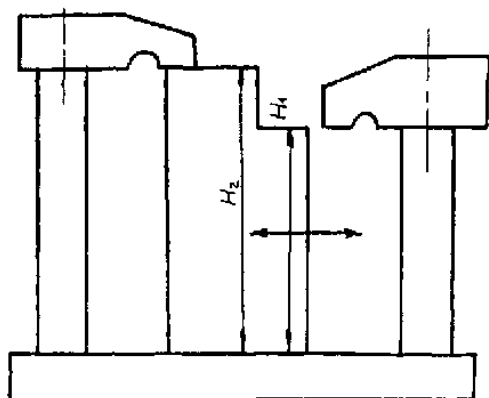


Рисунок 12.58. Схема пристрою з жорсткими граничними елементами

Найпростішою є схема пристрою з жорсткими граничними елементами для перевірки висоти уступів (розміри  $H_1$  і  $H_2$ ) ступінчастої деталі, яку під час контролю пересувають по плиті вручну (рисунок 12.58). Контроль виконують від нижньої базової площини.

Схему індикаторного пристрою для перевірки співвісності двох отворів показано на рисунку 12.59.

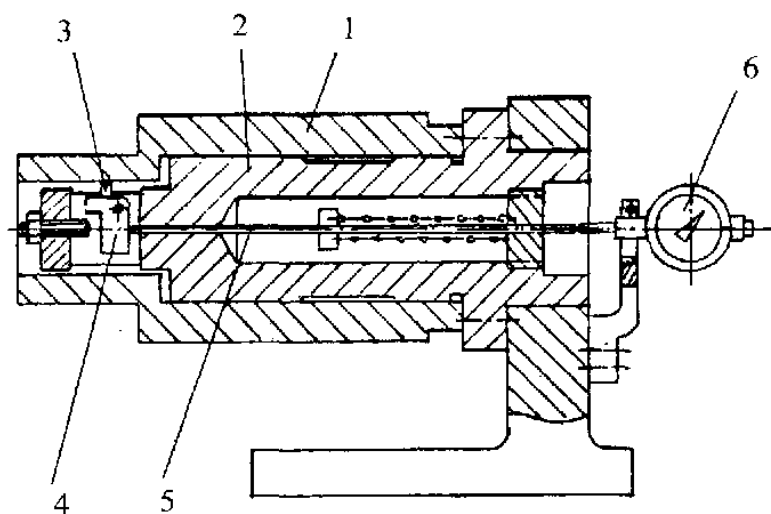
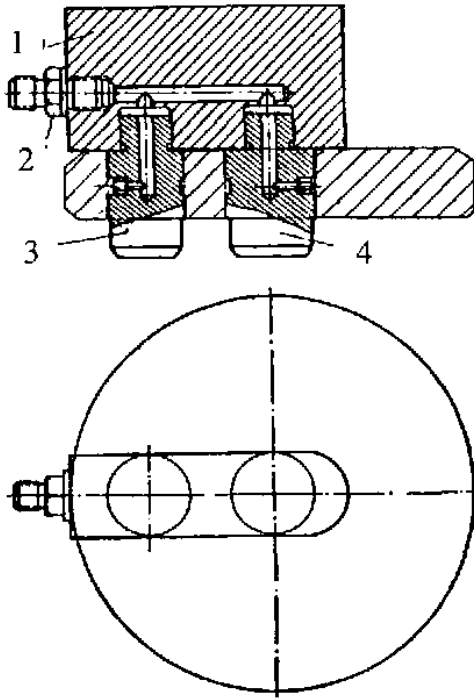


Рисунок 12.59. Схема індикаторного пристрою для перевірки співвісності двох отворів



Контрольовану деталь 1 намагають на консольний порожнинний палець 2 і під час перевірки повертають вручну на один оберт. При ексцентричності малого отвору вимірювальний наконечник 3 передає рух через важіль 4 і штифт 5 на індикатор 6. На шкалі цього індикатора відмічається подвоєне значення ексцентриситету.



**Рисунок 12.60. Пневматичний пристрій для контролю відстані між осями отворів**

На рисунку 12.60 зображена конструкція накладного пневматичного пристрою для контролю відстані між осями отворів. В корпус 1 пристрою загвинчено штуцер 2 і запресовано дві пробки 3 і 4. Кожна з пробок має по одному вимірювальному соплу, спрямованому в різні боки. Таким чином, вимірюється відстань між протилежними твірними двох отворів. Застосування таких пристроїв доцільно лише при малих допусках на відстані між осями отворів.

Схему багатовимірного контрольного пристрою для перевірки поршня показано на рисунку 12.61

Індикаторами 1, 2 і 3 перевіряють відповідно відстані від осі отвору під палець поршня, перпендикулярність осі отвору до осі поршня і розташування осі отвору в одній площині з віссю поршня. При контролі двох останніх параметрів потрібно виконувати перестановку деталі. Різниця показів індикаторів 2 і 3 дорівнює подвоєному значенню вимірюваної похибки.

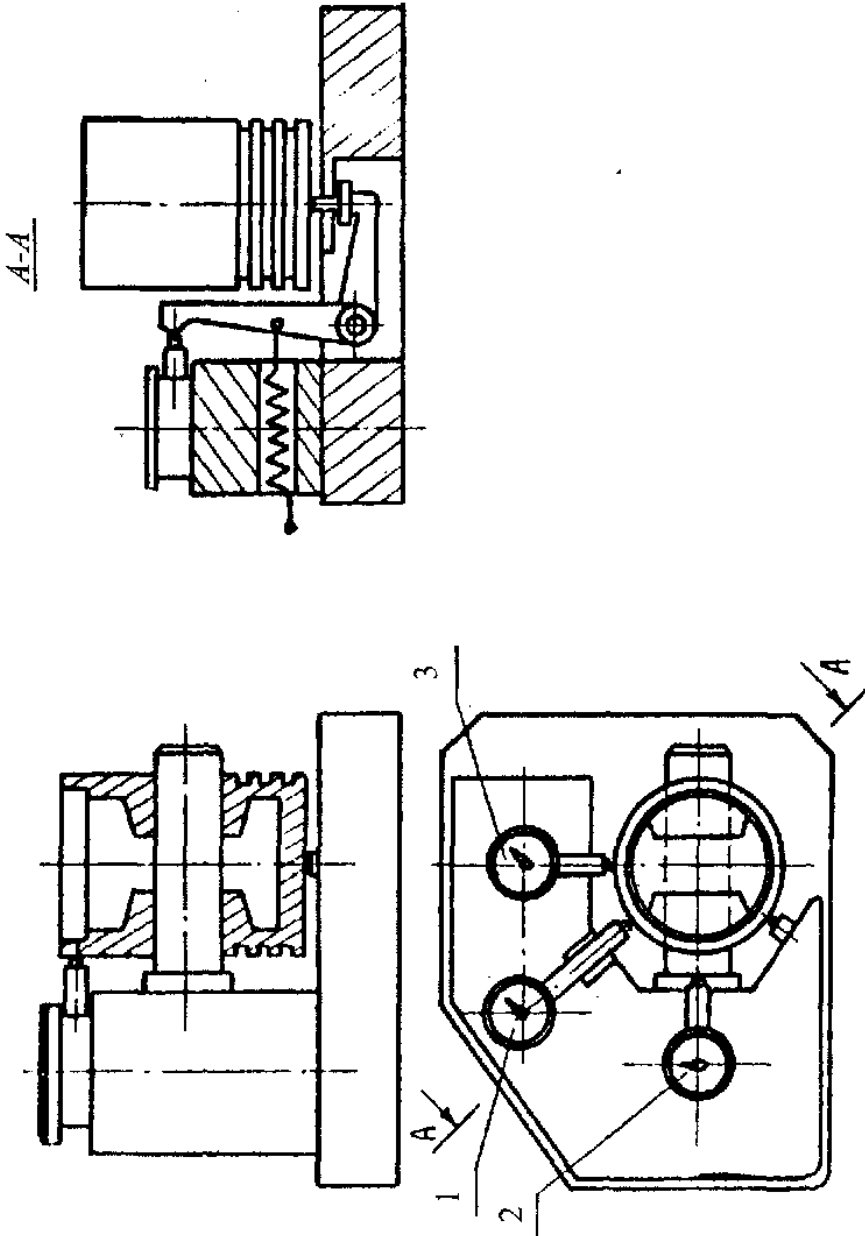


Рисунок 12.60. Схема багатомірного пристрою для перевірки поршня

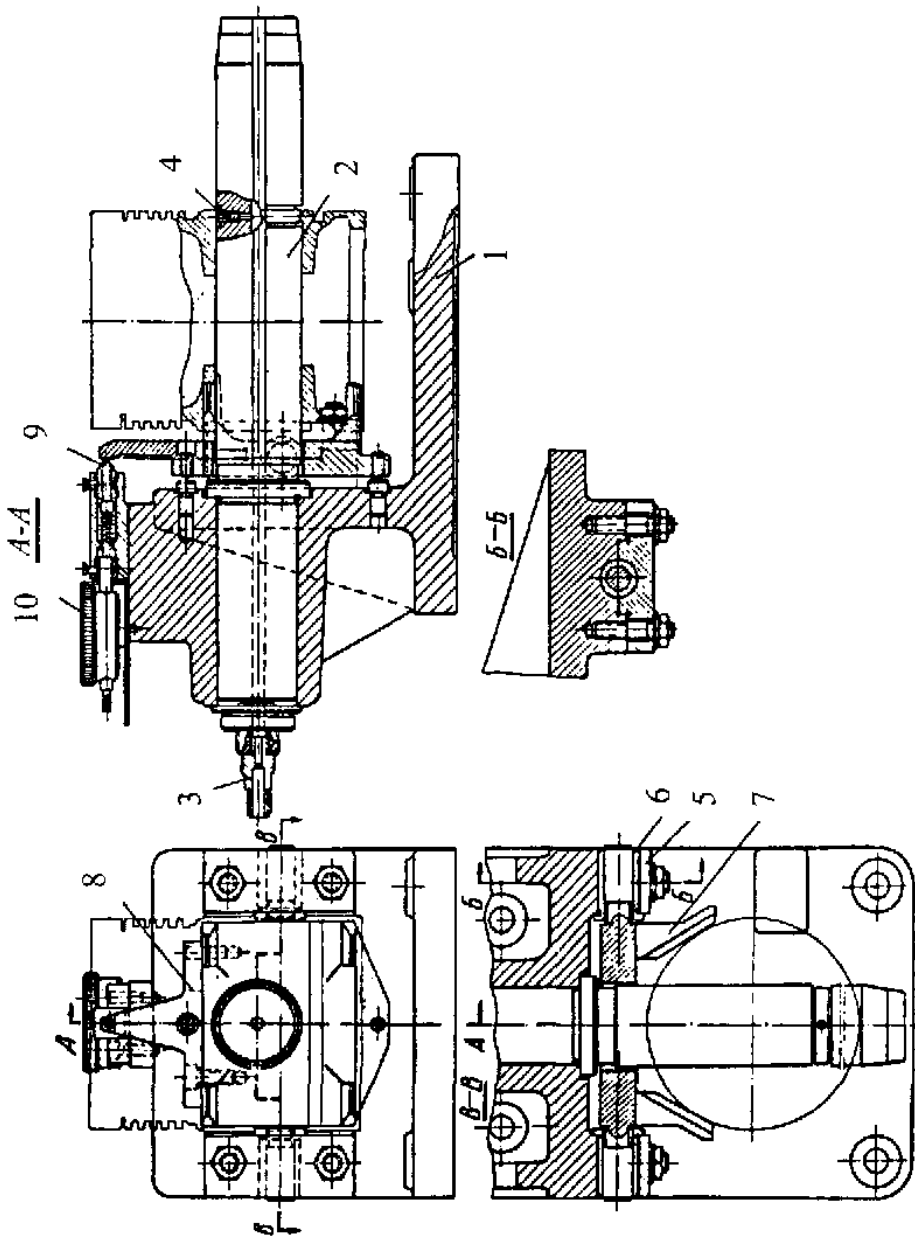


Рисунок 12.62. Комбінований пневматичний та індикаторний пристрій для контролю поршня

Застосовують також комбінований пневматичний та індикаторний пристрій рисунок 12.62 для одночасного контролю розмірів отворів під поршневий палець і відхилень від перпендикулярності осі зовнішньої циліндричної поверхні поршня до осі цих отворів.

Пневматична пробка 2 закріплюється на стояку 1 і за допомогою штуцера 3 та шланга приєднується до відлікового приладу. Пробка оснащена двома діаметрально розташованими соплами 4. Призма 7, що гойдається може обертатись на цапфах у втулці 6, закріпленій в кронштейні 5. До призми закріплено важіль 8, який стикається зі штоком 9, діючим на вимірювальний стержень індикатора 10.

Поршень своїми отворами встановлюється на пробку і переміщується до упора в призму. За показанням пневматичного приладу ротаметра визначається діаметр отворів. Одночасно призма 7 встановлюється за зовнішньою циліндричною поверхнею поршня. Важіль 9, жорстко з'єднаний з призмою, передає відхилення на стрілку індикатора. Другий відлік за пневматичним приладом та індикатором провадиться після повторного встановлення поршня з обертанням на  $180^\circ$ . Різниця показань індикатора характеризує величину неперпендикулярності осей поршня.

Слід відмітити, що описаний пристрій легко можна перетворити в багатовимірний пневматичний пристрій, підвищивши точність і продуктивність контролю. Для цього необхідно просвердлити в укороченій у порівнянні з конструкцією, що розглядається пробці 2 ще один канал, ввести другу пару сопел для одночасного контролю другого отвору під поршневий палець і приєднати його до другого відлікового пристосування. Замість індикатора можна також встановити пневматичну контактну голівку, приєднавши її до третього відлікового приладу.

Пневматичний метод вимірювання застосований також для контролю сфери лінзи. Пневматичний сферометр зображено на рисунку 12.63. Лінза 2, що перевіряється встановлюється на тонкий кільцевий опорний поясок втулки 1. Повітря від відлікового приладу проходить через канал в корпусі пристрою 5 і витікає через зазор між вимірювальним соплом 3 і поверхнею лінзи. Величина цього зазору залежить від радіуса кривизни лінзи, тому розташовуючи різні ділянки сферичної поверхні лінзи перед соплом, можна установити наявність відхилень радіуса кривизни лінзи по зміні показань приладу. Переналагодження пристрою на

контроль лінз іншого радіуса кривизни провадиться шляхом переміщення втулки 3 по висоті за допомогою гайки 4. Переваги безконтактного пневматичного метода контролю лінз безперечні, оскільки поверхня їх не пошкоджується.

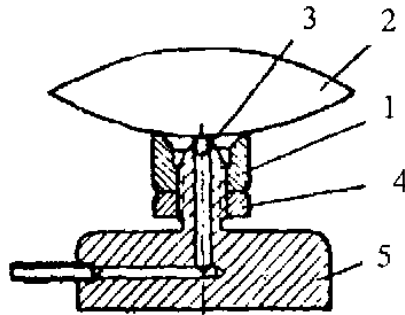


Рисунок 12.63. Пневматичний сферометр

На рисунку 12.64 показано спеціальний калібр для контролю кінчних поверхонь. В кінчій пробці розташовані дві пари вимірювальних сопел, розташованих в розрахункових перерізах конусу на заданій відстані. Кожна з пар сопел має окремий вихід до відлікового пристосування. При використанні двошкального приладу величина відхилень від конусності визначається різницею показань по шкалах. З таким калібром зручно застосовувати диференційний прилад, підліковуючи безпосередньо відхилення від конусності.

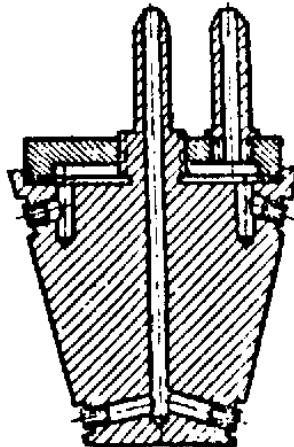


Рисунок 12.64. Калібр для контролю конусності

Конструкції контактної пристрою для контролю паралельності двох протилежних поверхонь показано на рисунку 12.65. До корпусу пристрою 1, в якому запресовано вимірювальне сопло 2 закріплено два вимірювальних наконечника 6 і рухомий важіль 4, підвішений на плоскій пружині 3. У важіль вмонтований регульований наконечник 6 і доведена пластина 5, розташована проти вимірювального сопла.

На рисунку 12.66 показано пристрій для одночасного контролю трьох діаметрів ступінчастого валика, а на рисунку 12.67 – для одночасного контролю внутрішнього і зовнішнього діаметрів деталі.

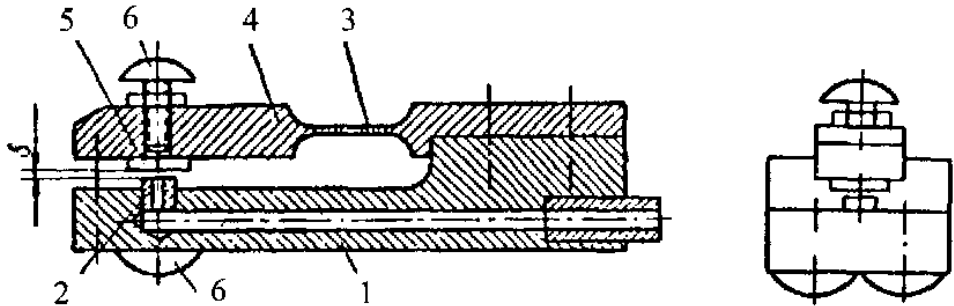


Рисунок 12.65. Пристрій для контролю відхилень від паралельності

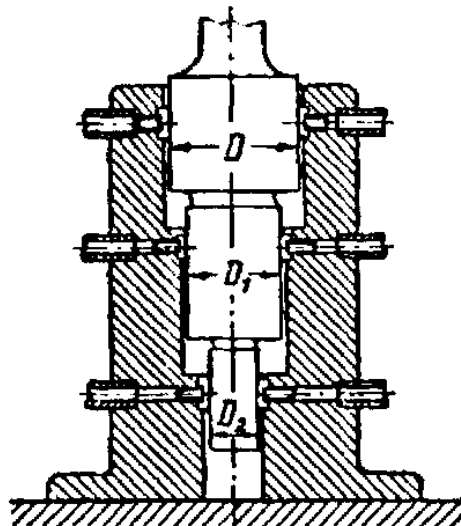


Рисунок 12.66. Багатовимірний пристрій для контролю трьох діаметрів ступінчастого валика

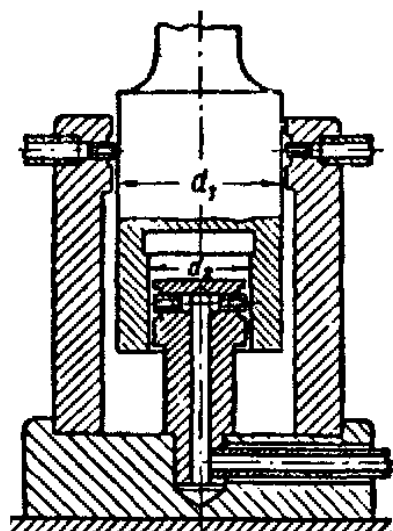


Рисунок 12.67. Багатовимірний пристрій для контролю зовнішнього і внутрішнього діаметрів деталі

## Запитання для самоконтролю

1. Сформулюйте службові призначення контрольних пристроїв. Де і коли вони застосовуються?

2. З яких складових елементів складаються контрольні-вимірювальні пристрої? Надайте їх коротку характеристику.

3. Які основні вимоги ставляться до контрольні-вимірювальних пристроїв?

4. Сформулюйте правила вибору баз вимірювання. Наведіть приклади.

5. Надайте характеристику установчих елементів контрольні-вимірювальних пристроїв, що використовуються для встановлення деталей на площину. Наведіть приклади.

6. Те ж саме – при встановленні за зовнішньою циліндричною поверхнею.

7. В чому полягають особливості конструкції призм, що використовуються в контрольні-вимірювальних пристроях?

8. Надайте характеристику установчих елементів контрольні-вимірювальних пристроїв, що застосовуються для встановлення деталей за внутрішньою циліндричною поверхнею. Наведіть приклади.

9. Надайте характеристику центрових бабок, де і коли вони застосовуються? Наведіть приклади.
10. Надайте характеристику передатних елементів контрольно-вимірювальних пристроїв. Наведіть приклади.
11. Надайте характеристику рухомих елементів контрольно-вимірювальних пристроїв. Наведіть приклади.
12. Те ж саме – затискні елементи.
13. Надайте характеристику вимірювальним засобам з механічним перетворенням. Наведіть приклади.
14. Те ж саме – з електричним перетворенням.
15. Те ж саме з пневматичним перетворенням.
16. Наведіть приклади конструкцій контрольно-вимірювальних пристроїв з різними засобами перетворень первинної інформації.



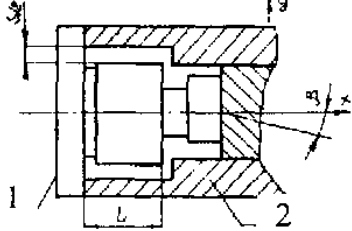
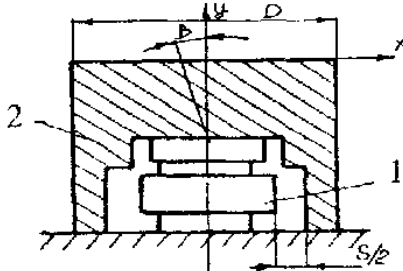
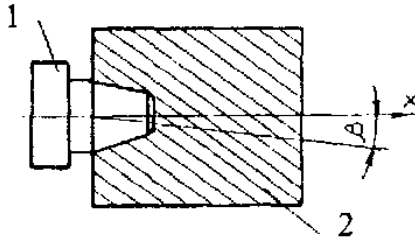
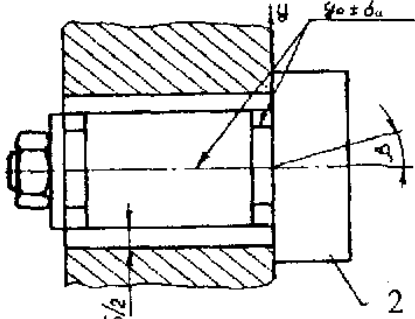
# ТЕМА 13

## Розрахунки верстатних пристроїв на точність обробки, та контрольних – на точність вимірювання

### 13.1. Похибки, що пов'язані з верстатним пристроєм

Похибка положення  $\varepsilon_{\text{пр}}$  заготовки виникає в результаті неточності виготовлення пристрою  $\varepsilon_n$ , його встановлення й фіксації на верстаті  $\varepsilon_{\text{вт}}$  і зношування установчих елементів  $\varepsilon_{\text{зн}}$ . Похибка  $\varepsilon_n$  залежить в основному від точності виготовлення деталей пристрою. Технологічні можливості виготовлення пристроїв забезпечують витримування  $\varepsilon_n = 0,01 \div 0,005$  мм [8]. Похибка  $\varepsilon_{\text{вт}}$  виникає в результаті зміщень і перекосу корпуса пристрою на столі, планшайбі чи шпинделі верстата. Можливі варіанти встановлення пристроїв на верстаті і похибки  $\varepsilon_{\text{вт}}$ , що виникають у цих випадках, показано в таблиці 13.1 [12]. У масовому виробництві при однократному незмінному закріпленні пристрою ця величина доводиться вивіркою до певного мінімуму і постійна протягом експлуатації. При певних умовах вона може бути усунювана відповідним налагодженням верстата. У серійному виробництві постійна похибка встановлення пристрою перетворюється у випадкову, що змінюється в певних межах. На  $\varepsilon_{\text{вт}}$  впливають зношування й пошкодження поверхонь сполучення при регулярному змінюванні пристроїв. При додержанні раціональних умов змінювання пристроїв, правильному виборі зазорів в сполученнях  $\varepsilon_{\text{вт}}$  можна знизити до 0,1–0,02 мм [12]. Складова  $\varepsilon_{\text{зн}}$  характеризує змінювання положення контактних поверхонь установчих елементів в результаті їх зношування.

Таблиця 13.1 – похибки встановлення пристроїв

№ ш/п	Схема встановлення	$\epsilon_{\text{вп}}$
1	2	3
1		<p>У напрямі <math>X</math>: 0,01 – 0,04 мм.</p> <p>У напрямі <math>Y</math>: значення <math>S</math> для <math>&lt; \beta</math></p> $2\text{arctg} \frac{S}{L}$
2		<p>У напрямі <math>X</math>: значення <math>S</math></p> <p>У напрямі <math>Y</math>: 0,01 – 0,04 мм; для <math>&lt; \beta</math></p> $2\text{arctg} \frac{0,01-0,04}{D}$
3		<p>У напрямі <math>X</math>: 0,03 – 0,06 мм; для кута <math>\beta</math> 5 – 10 мм</p>
4		<p>У напрямі осі <math>X</math>: 0,05 – 0,2 мм; для кута <math>\beta</math> 2 – 5°</p>

1	2	3
5		<p>Для конусу Морзе:  № 10 – 0,1 – 0,2 мм;  № 1-3 – 0,15 – 0,3 мм;  № 4,5 – 0,2 – 0,4 мм;  № 6 – 0,25 – 0,5 мм.</p> <p>Для метричного конусу:  № 80 – 0,25–0,5мм  № 100; 200 – 0,3 – 0,6 мм</p> <p>У напрямі осі X:  0,01 – 0,03 мм</p> <p>У напрямі осі Y: значення S;  для кута <math>\beta - 2\delta_\alpha</math></p>
6		<p>У напрямі Y:  0 – 0,02 мм.</p> <p>У напрямі X:  значення S;  для кута <math>\beta \arctg S / L</math>  на довжині <math>l</math>; <math>S l / L</math></p>
7		<p>У напрямі осі Y:  0 – 0,03 мм;  для кута <math>\beta</math></p> $2\arctg \frac{0,01-0,03}{L}$

Примітка: Позначення на схемах: 1 – шпиндель; 2 – пристрій; 3 – конус; 4 – центр; 5 – заготовка; 6 – стіл верстата; 7 – плита пристрою; 8 – кондуктор

## 13.2. Місце верстатного пристрою в загальному балансі точності обробки

**Похибки, що з'являються при обробці.** Похибки, що з'являються в процесі виготовлення деталей машин, неминучі, оскільки зумовлені численними неточностями, які супроводжують будь-який виробничий процес. Це враховують при конструюванні призначенням відповідних допусків. Правильно добрати ступінь точності виготовлення деталей можна лише при точному врахуванні всіх похибок, які з'являються в процесі виробництва.

Похибки технологічних параметрів зумовлюються різними чинниками, які поділяють на статичні та динамічні. До перших належать неточності частин технологічної системи (верстатів, пристроїв, різальних інструментів, заготовок, засобів вимірювання), а також їх взаємного положення. До динамічних чинників належать деформації від дії сил різання, зміни температури, внутрішнє напруження в заготовці.

Отже, сумарна похибка обробки дорівнює:

$$\overline{\Delta\Sigma} = \overline{\Delta\Sigma_{ст}} + \overline{\Delta\Sigma_{дн}}. \quad (13.1)$$

### **Розрахунок статичної складової очікуваної похибки.**

Методика такого розрахунку ґрунтується на аналізі технологічної системи, що складається зі структурних компонентів та їх основних елементів.

Розглянемо, наприклад, технологічну систему фрезерного верстата 1, налагоджену на виконання розміру  $A \pm T_A$  на заготовці 2, яку встановлено в пристрої 3 (рисунок 13.1).

Оброблюють поверхню різальним інструментом (фрезою) 4. Кожна з основних частин технологічної системи має елементи, які впливають на статичну складову похибки обробки. Цими елементами в заготовці є бази технологічна 5 та вимірювальна 6; у пристрої – установчий елемент 7, елемент для напрямлення або налагодження різального інструменту (на рисунку 13.1 не показано) та елемент для встановлення або перевірки на верстаті 8; у верстата – елементи для встановлення пристрою 9 та різального інструменту 10; у різального інструменту – елементи для встановлення на вер-

статі 11 та різальний (вершина або твірна) 12. Кожний елемент цієї системи може відхилятися від номінального положення, що становить його похибку, яка, у свою чергу, є складовою частиною сумарної статичної похибки. Крім того, кожна частина технологічної системи (крім верстата) може мати похибку встановлення на верстаті, у пристрої. Отже, похибки, що розглядаються в цій системі, поділяють на похибки складових частин технологічної системи та похибки встановлення компонентів системи.

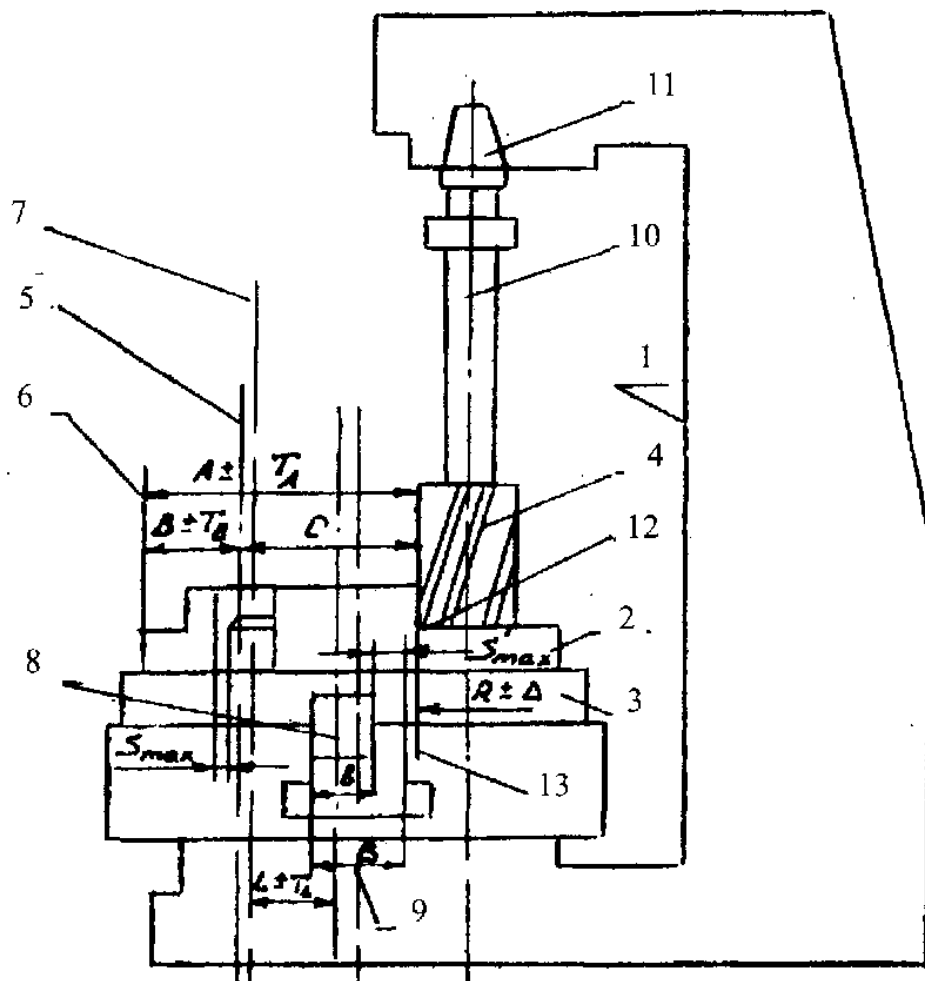


Рисунок 13.1. Схема технологічної системи верстата

*Похибки складових частин технологічної системи:*

1. Похибка базування заготовки  $\varepsilon_6$  – це відхилення її вимірювальної бази відносно траєкторії оброблюваного інструменту 13.

Розглянемо систему відносно розміру  $A \pm T_A$  (рисунок 13.1). Технологічною базою при обробці поверхні 13 (і отриманні розміру  $A \pm T_A$ ) є вісь базового отвору 5 заготовки 2, а вимірювальною – площина 6; унаслідок несумісності цих баз похибка базування неминуча. Числове значення похибки базування легко визначити з огляду на таке.

Розмір  $A \pm T_A$  можна уявити як складений із двох частин  $B \pm T_B + C$ . Одна з частин  $C$  є налагоджувальним розміром для різального інструменту при обробці поверхні 13, тобто це відстань леза фрези від технологічної бази заготовки 5, яка при обробці партії заготовок залишається незмінною, вимірювальна ж база 6 коливатиметься відносно леза фрези в межах допуску на розмір  $B$ , отриманий на попередній операції, тобто чисельно дорівнюватиме  $\pm T_B$ . Допуск розміру, тобто  $\pm T_B$ , буде похибкою базування при обробці поверхні 13 (і отриманні розміру  $A \pm T_A$ ).

Формули для визначення похибки базування (типові випадки) наведено в таблиці 8 [14].

У загальному випадку похибку базування розглядають як похибку замикальної ланки відповідного розмірного ланцюга.

2. Похибка пристрою  $\varepsilon_n$ , тобто похибка положення установчих елементів відносно елементів для встановлення (перевірки) пристрою на верстаті або елементів для напрямлення різального інструменту.

Для розглядуваного прикладу (див. рисунок 13.1)  $\varepsilon_n$  – це допуск на розмір між осями установчого пальця і шпонки, тобто  $\pm T_L$ .

3. Похибка різального інструменту  $\varepsilon_i$ , тобто похибка положення вершини або твірної інструменту відносно елемента для його встановлення на верстаті.

Для інструментів, які застосовують на верстатах із ЧПК – це похибка їх налагодження (на рисунку 13.1 – це биття фрези і похибки її діаметра, тобто  $\pm \Delta$ ).

4. Похибка верстата  $\varepsilon_g$ , тобто похибка позиціонування та положення елементів верстата, що спричинюється відхиленням від паралельності (перпендикулярності) відносно переміщення елементів верстата для встановлення різального інструменту і пристрою:

$$\overline{\varepsilon_g} = \overline{\Delta_{\text{поз}}} + \overline{\Delta_{\text{ел.в}}}, \quad (13.2)$$

де  $\Delta_{\text{поз}}$  – похибка позиціонування;  $\Delta_{\text{ел.в}}$  – похибка положення елементів верстата, яка спричинюється відхиленням від паралельності (перпендикулярності) елементів верстата для встановлення різального інструменту або пристрою.

Похибки верстата можна також визначити згідно зі стандартами їх геометричної точності.

На рисунку 13.1  $\varepsilon_g$  – це допуск на непаралельність переміщення стола відносно осі шпинделя; згідно зі стандартом на 1000 мм довжини допускається  $\varepsilon_g = 0,03 \dots 0,04$  мм.

*Похибки встановлення компонентів системи:*

1. Похибка зміщення заготовки  $\varepsilon_{\text{зм}}$  при її встановленні, яка виникає внаслідок наявності зазорів в сполученнях.

На рисунку 13.1  $\varepsilon_{\text{зм}}$  дорівнює максимальному зазору в з'єднанні установчого елемента і базового отвору заготовки:

$$\varepsilon_{\text{зм}} = \frac{S_{\text{max}}}{2} = \frac{D_{\text{б.о}}^{\text{max}} - d_{\text{ц.п}}^{\text{min}}}{2},$$

де  $D_{\text{б.о}}^{\text{max}}$  – максимальний діаметр базового отвору заготовки;  $d_{\text{ц.п}}^{\text{min}}$  – мінімальний діаметр центруючого пальця (установчого елемента).

2. Похибка закріплення  $\varepsilon_z$  заготовки яка виникає від сили затиску.

Емпіричні залежності для визначення  $\varepsilon_z$  наведено в таблиці 9 – 14 [14].

3. Похибка встановлення пристрою  $\varepsilon_{\text{в.п}}$ , яка визначається похибками верстата та положення елементів пристрою для його встановлення або перевірки на верстаті:

$$\overline{\varepsilon_{\text{в.п}}} = \overline{\varepsilon_{\text{в}}} + \overline{\Delta_{(n)\varepsilon}}, \quad (13.3)$$

де  $\Delta_{(n)\varepsilon}$  – похибка положення елементів пристрою для його встанов-

лення або перевірки на верстаті.

Емпіричні дані щодо похибки  $\varepsilon_{в.п}$ , наведено в таблиці 13.1. На рисунку 13.1  $\varepsilon_{в.п}$  дорівнює максимальному зазору в з'єднанні паз стола - шпонка пристрою:

$$\varepsilon_{в.п} = \frac{S'_{\max}}{2} = \frac{B - \varepsilon}{2},$$

де  $B, \varepsilon$  – ширина відповідно паза стола верстата та шпонки пристрою.

4. Похибка встановлення інструменту  $\varepsilon_{в.і}$ , яка визначається похибками верстата та положення елементів інструменту для його встановлення на верстаті, тобто

$$\bar{\varepsilon}_{в.і} = \bar{\varepsilon}_\sigma + \bar{\Delta}_{(і)\sigma}, \quad (13.4)$$

де  $\Delta_{(і)\sigma}$  – похибка положення елементів інструменту для його встановлення на верстаті.

На рисунку 13.1  $\varepsilon_{в.і} = 0$ , оскільки в з'єднанні хвостовика оправки та конусного отвору шпинделя зазору немає.

**Підсумування похибок.** Усі розглянуті похибки є полями розсіяння випадкових величин, розподіл яких характеризується кривою Гауса. Тому згідно із законами встановленими в курсах теорії ймовірності та математичної статистики формулу підсумкової статичної похибки можна записати в такому вигляді:

$$\Delta_{\Sigma ст} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{3м}^2 + \varepsilon_н^2 + \varepsilon_{в.п}^2 + \varepsilon_в^2 + \varepsilon_і^2 + \varepsilon_{в.і}^2}. \quad (13.5)$$

### 13.3. Загальні положення методики розрахунків на точність верстатних пристроїв при їх проектуванні

Існує два підходи до розрахунку пристроїв на точність – проектний і перевірковий.

*Перший (проектний)* полягає в тому, що із загальної структурної формули технологічного допуску, визначається допустима похибка пристрою  $\Delta_{пр}$ . Числові значення  $\Delta_{пр}$  розподіляють між всіма ланками, що входять в складальний розмірний ланцюг, як допуски на основні розміри пристрою.

*Основними* будемо називати ті розміри, відхилення й допуски положення конструктивних елементів пристрою, які разом з витри-



муваними на даній операції розмірами заготовки становлять єдиний замкнений технологічний розмірний ланцюг і тому справляють безпосередній вплив на точність витримуваних на даній операції розмірів, поворотів і допусків положення оброблюваної заготовки.

*Похідними (конструктивними)* будемо називати розміри і допуски положення конструктивних елементів, які не є ланками загального з витримуваними на даній операції розмірами технологічного ланцюга, і тому не справляють безпосереднього впливу на ці розміри, але забезпечують нормальні умови встановлення заготовки в пристрій, пристрою на верстаті і вивірки системи.

*Перевірковий* – полягає в тому, що допуски на основні розміри пристрою призначаються, виходячи з практичного досвіду, а потім перевіряється як ці допуски задовольняють рівняння технологічної точності, тобто перевіряється умова

$$T_3 \geq \Delta_{\Sigma}, \quad (13.6)$$

де  $T_3$  – допуск на витримуваний в пристрої параметр заготовки.

Перевірковий підхід до точнісних розрахунків пристроїв більш простий і менш трудомісткий, тому він частіше застосовується на практиці.

Розглянемо цей метод докладніше. Як було зазначено вище  $\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\Sigma_{ст}} + \Delta_{\Sigma_{дн}}$  (13.1)  $\Delta_{\Sigma_{ст}}$  можна визначити за формулою (13.5).

До динамічних похибок пристрою відносять  $\epsilon_{зн}$  – похибки зношування базових елементів;  $\epsilon_r$  – похибки пристрою, що викликані температурними деформаціями;  $\epsilon_j$  – похибки, що обумовлені коливаннями технологічної системи, і які визначаються власними динамічними характеристиками.

Коли спрацювання установчих або напрямних елементів пристрою ( $\epsilon_{зн}$ ) істотно впливає на підсумкову похибку, рекомендується призначити допуск на спрацювання цих елементів. Цей допуск має приблизно дорівнювати допуску оброблюваної поверхні.

Запас на спрацювання  $\epsilon_{зн}$  можна додати до похибки зміщення заготовки  $\epsilon_{зм}$ , оскільки він збільшує саме цю похибку.  $\epsilon_r$  – визначається за формулами, що надано в технології машинобудування [13], при спрощених розрахунках і при роботі з застосуванням МОР цю похибку можна не враховувати.  $\epsilon_j$  – залежить від жорст-

кості технологічної системи; ця похибка разом з похибкою налагодження технологічної системи складає похибку метода обробки, тобто:

$$\bar{\varepsilon}_j + \bar{\Delta}_н = \bar{\Delta}_м. \quad (13.7)$$

Отже, сумарну похибку обробки в розгорнутому виді та з врахуванням зношування установчих елементів можна визначити за формулою:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{K_1 \varepsilon_б^2 + \varepsilon_3^2 + (\varepsilon_{3м} + \varepsilon_{3н})^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{в.п}^2 + \varepsilon_в^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_{в1}^2} + K_2 \Delta_м, \quad (13.8)$$

де  $K_1 = 0,8 - 0,85$ , коефіцієнт зменшення похибки базування ( $\varepsilon_б$ ) внаслідок того, що дійсні розміри установчої поверхні рідко дорівнюють граничним [4];  $K_2 = 0,6 - 0,8$ , коефіцієнт зменшення величини  $\Delta_м$ , яким враховується змінювання табличних даних [4]; а умову забезпечення заданої точності розміру можна подати у вигляді:

$$T_3 \geq \sqrt{K_1 \varepsilon_б^2 + \varepsilon_3^2 + (\varepsilon_{3м} + \varepsilon_{3н})^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{в.п}^2 + \varepsilon_в^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_{в1}^2} + K_2 \Delta_м; \quad (13.9)$$

$$T_3 - K_2 \Delta_м \geq \sqrt{K_1 \varepsilon_б^2 + \varepsilon_3^2 + (\varepsilon_{3м} + \varepsilon_{3н})^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{в.п}^2 + \varepsilon_в^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_{в1}^2}.$$

Вираз  $(T_3 - K_2 \Delta_м)$  означає допустиму статичну похибку пристрою, позначимо її  $[\Delta_{пр}]_{ст}$ , тоді остаточно умову забезпечення точності заданого розміру можна записати у вигляді:

$$\Delta_{\Sigma ст} = \sqrt{K_1 \varepsilon_б^2 + \varepsilon_3^2 + (\varepsilon_{3м} + \varepsilon_{3н})^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{в.п}^2 + \varepsilon_в^2 + \varepsilon_1^2 + \varepsilon_{в1}^2} \leq [\Delta_{пр}]_{ст}. \quad (13.10)$$

Важливим при проектуванні пристроїв є призначення розмірів і допусків положення основних елементів (для встановлення заготовки, встановлення або перевірки пристрою на верстаті, напрямлення різальних інструментів тощо). При призначенні допусків слід керуватись розумінням економічності виготовлення та експлуатації пристрою.

Основні рекомендації такі:

а) на розміри, які визначають похибку пристрою, допуски призначають, виходячи з технології його виготовлення, тобто керуючись економічною точністю обробки (див. також таблиці 35, 36 [14]);

б) граничні відхилення розмірів установчих пальців, отворів кондукторних втулок та інших подібних їм елементів встановлюються, виходячи з умов забезпечення потрібного з'єднання з базовими отворами заготовки, свердлом тощо (див. також таблиці 37-39, 54 [14]);

в) при призначенні граничних відхилень розмірів між осями установчих пальців, отворів кондукторних втулок і в ряді інших випадків орієнтовні значення відхилень можна приймати зі співвідношення, яке застосовується на практиці:

$$T_{L_n} = \left( \frac{1}{3} \cdots \frac{1}{5} \right) T_{L_3}, \quad (13.11)$$

де  $T_{L_n}$  – граничне відхилення на відстань між осями установчих пальців пристрою;  $T_{L_3}$  – граничне відхилення на відстань між осями базових отворів заготовки (див. також таблицю 34 [14]);

г) у випадку, коли зношування установчих або напрямних елементів пристрою суттєво впливає на підсумкову похибку, рекомендується призначити допуск на зношування елементів. Величину допуску на зношування можна приймати такою, що дорівнює допуску оброблюваної поверхні;

д) усі інші розміри і допуски положення, які не впливають на похибку обробки, призначаються, виходячи з забезпечення нормальних умов для з'єднання заготовки з установчими елементами пристрою – з елементами верстата.

З викладеного можна рекомендувати послідовність розрахунку точності верстатних пристроїв:

1) з операційного ескізу деталі виявити всі параметри, які необхідно забезпечити в цьому пристрої. З'ясувати допуски цих параметрів, тобто встановити допустиму похибку обробки по кожному параметру ( $T_3$ ); встановити за таблицями економічної точності  $\Delta m$ ;

2) на загальному компонованні пристрою виявити його основні розміри та граничні відхилення відносного положення поверхонь, які становлять з витримуваними параметрами єдиний розмірний ланцюг і тому безпосередньо впливають на його точність;

3) призначити допуски на основні розміри та граничні відхилення відносного положення поверхонь пристрою, виходячи з практичних рекомендацій;

4) використовуючи призначені допуски на основні розміри пристрою, розраховують очікувані похибки по кожному параметру, які забезпечуються в цьому пристрої, та виявляють можливості автоматичного одержання технологічних розмірів і допусків положення поверхонь.

Умова забезпечення точності параметра заготовки в даному пристрої визначається за загальною формулою (13.10).

Якщо сумарна похибка обробки (права половина рівняння (13.10) виявиться більшою за величину лівої половини рівняння, це буде означати, що допуски на основні розміри пристрою необхідно переглянути в бік їх зменшення або взагалі необхідно переглянути схему встановлення заготовки, а може й схему компоновки пристрою.

### 13.4. Розрахунки при проектуванні верстатних пристроїв різних типів

#### Розрахунки пристроїв для токарних, внутрішньо- та круглошліфувальних верстатів

##### *Особливості розрахунків*

Пристрої для кругло- та внутрішньошліфувальних верстатів розглядають разом із токарними, оскільки їх виконують за аналогічними конструктивними схемами і вони забезпечують однакові переміщення (обертальний рух) заготовки відносно верстата та інструменту.

Пристрої цієї групи поділяють на три види: для центрової та патронної обробки; спеціальні на планшайбі.

При використанні пристроїв для обробки заготовок по діаметральних розмірах у центрах і самоцентруючих патронах, як правило,  $\varepsilon_6 = 0$  (технологічна база – вісь пристрою (оправки) і вимірвальна – вісь заготовки – збігаються);  $\varepsilon_3 = 0$ , тому що сила затиску перпендикулярна напрямку розміру; похибка інструменту  $\varepsilon_i$  і похибка встановлення інструменту  $\varepsilon_{н.і}$  дорівнюють нулю, оскільки ліквідуються налагодженням інструменту на розмір: з урахуванням цього умова забезпечення заданої точності розміру (13.10) набирає вигляду:

$$\Delta_{у_{ст}} = \sqrt{\varepsilon_{зм}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{в.п}^2 + \varepsilon_n^2} \leq [\Delta_{пр}]_{ст}. \quad (13.12)$$

При обробці в чотирикулачковому патроні заготовку можна встановлювати з вивіркою за технологічною базою. У цьому разі умова забезпечення заданої точності розміру (13.10) набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{вивір}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}. \quad (13.13)$$

При встановленні заготовок у патронах робочі поверхні кулачків можна попередньо розточувати або шліфувати. У цьому разі умова забезпечення заданої точності розміру (13.10) набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{зм}}^2 + \Delta_{n(y)}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}, \quad (13.14)$$

де  $\Delta_{n(y)}$  – похибка положення установочого елемента пристрою.

Для верстатів із ЧПК – це похибка налагодження „початкової точки” (п.т.), оскільки вона матеріалізується установчими елементами.

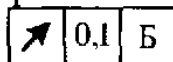
У конструкції пристрою на планшайбі для його вивірки може передбачатися спеціальний налагоджувальний (вивірний) елемент. У цьому разі умова забезпечення точності розміру набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{зм}}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_{n(s)}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}, \quad (13.15)$$

де  $\Delta_{n(s)}$  – похибка положення елемента пристрою для його встановлення або вивірки на верстаті.

### Приклад розрахунку оправки

Визначити граничні розміри оправки  $d_1$  з урахуванням допуску на її спрацювання, призначити допуски взаємного положення поверхонь, виконати точнісний розрахунок згідно з умовою забезпечення заданої точності обробки заготовки за параметром



на токарному верстаті, в якому радіальне биття шпинделя не перевищує 0,15 мм.

Ескіз обробки деталі та схему пристрою показано на рисунку 13.2.

### Розв'язання задачі

1. Згідно з операційним ескізом з'ясуємо, що проєктована оправка має забезпечити биття оброблюваної поверхні А відносно технологічної бази (поверхні Б), щонайбільше 0,1 мм, тобто похибка обробки поверхні А на оправці не може перевищувати 0,1 мм, а допустима статична похибка пристрою складас:

$$0,1 - K_2 \Delta_m = 0,1 - 0,6 \cdot 0,05 = 0,07 \text{ мм.}$$

2. Схему встановлення взято таку: заготовка вільно одягається на оправку, тобто між оправкою і заготовкою має бути зазор.

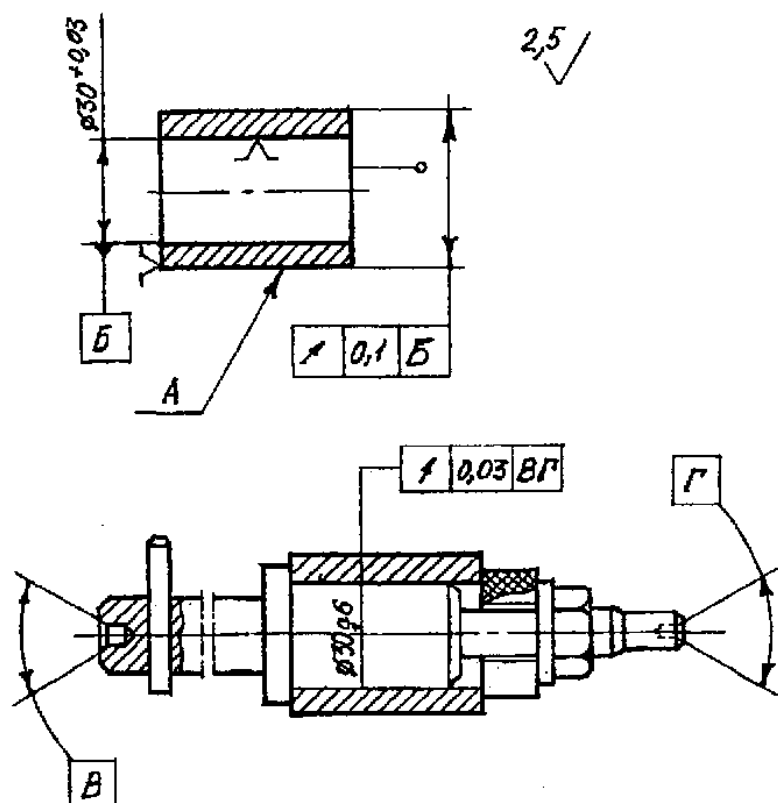


Рисунок 13.2. Ескіз обробки деталі та схема пристрою (діаметр спірацювання 29,94 мм)

3. Оправку встановлюємо в центрах, а додаткового налагодження не передбачається, тобто витримуваний параметр 0,1 мм має отримуватись автоматично.

4. З принципової схеми пристрою (див. рисунок 13.2) з'ясуємо, що основними є такі розміри оправки:

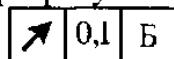
- діаметр оправки та його граничні відхилення, тобто допуски;
- радіальне биття робочого діаметра оправки відносно центрових отворів (саме ці розміри безпосередньо впливають на точність витриманого параметра – биття поверхні А відносно технологічної бази Б не перевищує 0,1 мм).

5. Згідно з рекомендаціями п. 13.3 призначаємо допуски та повороти на основні розміри оправки (пристрою).

Робочий діаметр оправки призначимо  $30g6$ , тобто розмір робочої частини оправки дорівнює  $30_{-0,020}^{-0,007}$ . Цей розмір забезпечує з'єднання заготовки з оправкою із зазором, тобто тим самим виконується вимога п.2. Правильність добору перевіримо точнішим розрахунком, Радіальне биття робочого діаметра оправки відносно центрових отворів визначаємо за формулою (13.11), тобто

$\epsilon_n = \frac{1}{5} T_3 = 0,02$  мм. Такий допуск допустимий також згідно з технологічними можливостями обробки оправки. Правильність призначення допуску також перевіримо розрахунково. Згідно з умовою задачі необхідно ще призначити допуск на спрацювання оправки; згідно з рекомендаціями беремо його таким, що дорівнює 0,02 мм на радіус.

1. Виконуємо точнісі розрахунки за параметром



за формулою (13.12) згідно з розмірами, призначеними в п.5:

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = \sqrt{\epsilon_{\text{зм}}^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{\text{в.п}}^2 + \epsilon_{\text{в}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}.$$

З урахуванням запасу на спрацювання оправки останній вираз набирає вигляду

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = \sqrt{(\epsilon_{\text{зм}} + \epsilon_{\text{зн}})^2 + \epsilon_n^2 + \epsilon_{\text{в.п}}^2 + \epsilon_{\text{в}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}. \quad (13.12)'$$

Запас на спрацювання додаємо до похибки зміщення заготовки, оскільки спрацювання оправки збільшує саме цю похибку.

Визначимо складові виразу (13.12)':

$$[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \Delta_{\text{м}} = 0,07 \text{ мм};$$

$$\epsilon_{\text{зм}} = \frac{S_{\text{мах}}}{2} = \frac{0,23 + 0,20}{2} = \frac{0,040}{2} = 0,02 \text{ мм},$$

де  $S_{\text{мах}} = 0,023 + 0,020 = 0,040$  мм – максимальний зазор між оправкою та оброблюваною втулкою;  $\epsilon_{\text{зм}} + \epsilon_{\text{зн}} = 0,02 + 0,02 = 0,04$  мм;  $\epsilon_n = 0,02$  мм (див. п. 5)  $\epsilon_{\text{в.п}} = 0$ , оскільки оправку (пристрій) встановлено без зазорів у центрах;  $\epsilon_{\text{в}} = 0,015$  мм згідно з умовою задачі (биття шпинделя верстата дорівнює 0,015 мм).

Підставивши знайдені значення в (3.12), дістанемо

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = \sqrt{0,04^2 + 0,02^2 + 0,015^2} = \sqrt{0,002225} = 0,0471699 \approx 0,05 \text{ мм.}$$

Виконання умови  $\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = 0,05 \text{ мм} < [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = 0,07 \text{ мм}$  означає автоматичне забезпечення заданої точності обробки заготовки в межах допустимого спрацювання оправки 0,04 мм на діаметр.

При цьому гранично спрацьований діаметр оправки

$$d_{\text{спр}} = d_{\text{шиштов}} - \Delta_{\text{спр}} = 29,98 - 0,04 = 29,94 \text{ мм.}$$

Значення  $d_{\text{спр}}$ , як і радіальне биття, діаметром  $d$ , вказують на кресленні пристрою.

### Приклад розрахунку пристрою на планшайбі

Визначити граничні розміри  $m$  і  $n$ , граничні параметри пальців центруючого  $d_1$  і фіксуєчого  $d_2$ , призначити межі їх спрацювання і допуски взаємного положення поверхонь пристрою (рисунок 13.4) для розточування отвору в заготовці (рисунок 13.3). Визначити умови налагодження технологічної системи.

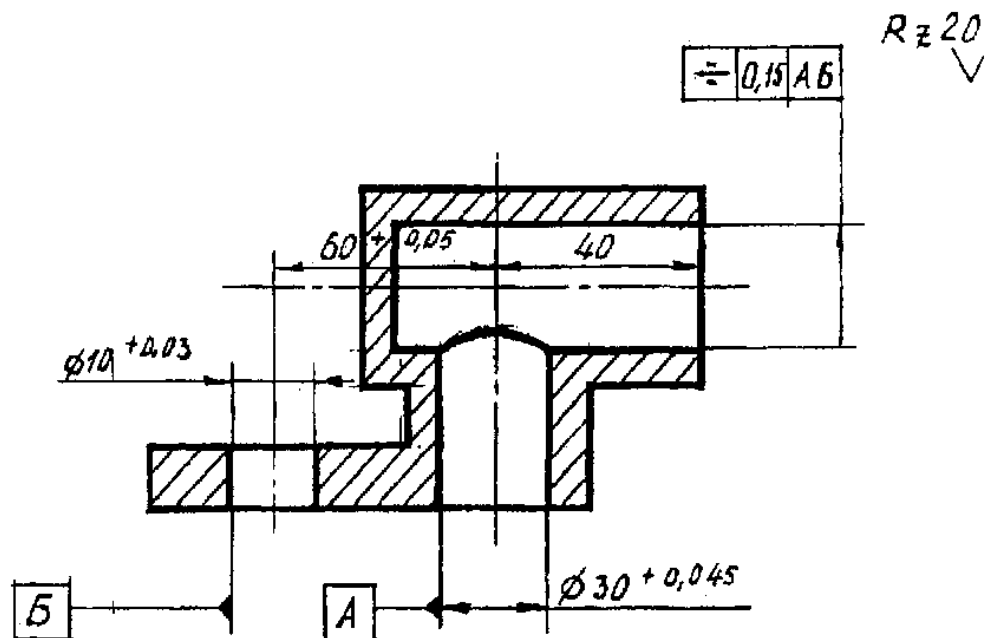


Рисунок 13.3. Ескіз обробки заготовки



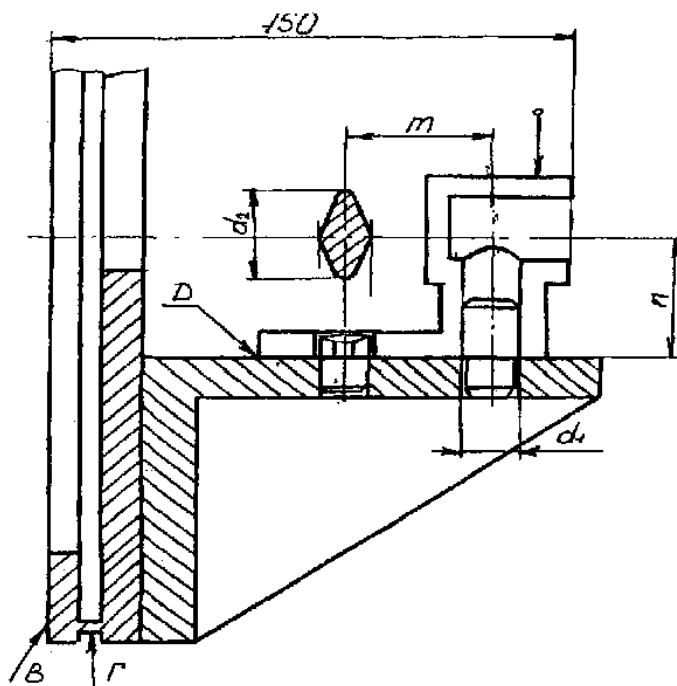


Рисунок 13.4. Ескіз пристрою (допуск симетричності осі поверхні Г і площини, що проходить через осі  $d_1$ ,  $d_2$  – 0,03 мм; допуск перпендикулярності поверхонь D і В на 100 мм довжини – 0,02 мм)

### Розв'язання задачі

1. Згідно з вимогами операційного ескізу необхідно так спроектувати пристрій, щоб забезпечити виконання двох умов:

допуск симетричності осі отвору та площини, яка проходить через осі базових отворів, має не перевищувати 0,15 мм (максимальна похибка обробки на цій операції має не перевищувати 0,15 мм;  $T_3 = 0,15$  мм), а допустима статична похибка пристрою дорівнює

$$[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \Delta_M = 0,15 - 0,6 \cdot 0,015 = 0,141 \text{ мм},$$

розмір 80, який визначає положення осі оброблюваного отвору відносно торця заготовки, має перебувати в межах  $\pm 0,05$  мм (максимальна похибка обробки – 0,1 мм;  $T_3 = 0,1$  мм, а допустима статична похибка складе

$$|\Delta_{\text{пр}}|_{\text{ср}} = 0,1 - K_2 \Delta_m = 0,1 - 0,6 \cdot 0,06 = 0,064 \text{ мм.}$$

2. Заготовку в пристрої встановлюють на площину і два отвори з паралельними осями, тобто схема базування така: площина – три точки; циліндричний палець короткий – дві точки; зрізаний палець короткий – одна точка.

3. Умови налагодження: при встановленні пристрою на шпиндель токарного верстата його положення необхідно вивірити за спеціальною налагоджувальною поверхнею  $\Gamma$ ; при цьому його радіальне биття має не перевищувати 0,03 мм.

*Примітка.* У загальному випадку похибку вивірки задають залежно від потрібної точності обробки та рекомендованого співвідношення [8]  $\Delta_{n(s)} = 0,02 \dots 0,06$  мм.

4. Основні розміри пристрою:

- діаметри центруючого і фіксуючого пальців та їх граничні відхилення і допуски на спрацювання;
- розміри  $m$  і  $n$  із граничними відхиленнями;
- симетричність осі поверхні  $\Gamma$  та площини, яка проходить через осі центруючого та фіксуючого пальців;
- перпендикулярність поверхонь  $B$  і  $D$ .

5. Призначаємо допуски на основні розміри пристрою.

Призначимо діаметр центруючого пальця згідно із забезпеченням гарантованого зазору, потрібного для вільного встановлення заготовки:

$$d_1 = 30g6 = 30^{+0,007}_{-0,020} \text{ мм.}$$

Гарантований компенсуючий зазор у з'єднанні заготовки і фіксуючого пальця, а також діаметр фіксуючого пальця розраховуємо за відомими формулами [1].

Гарантований компенсуючий зазор

$$x = T_0 + T_n - S_{1\text{min}}, \quad (13.16)$$

де  $T_0$  – допуск на відстань між осями базових отворів заготовки,

$T_0 = 0,05$  мм;  $T_n$  – допуск на відстань між осями пальців пристрою, згідно з (13.11)

$$T_n = \frac{1}{3} T_0 = \frac{1}{3} 0,05 = 0,015 \text{ мм} (m = 60^{+0,015} \text{ мм});$$

$S_{1\text{min}}$  – мінімальний зазор у з'єднанні отвору заготовки із центруючим

пальцем,  $S_{1\min} = 0,007$  мм.

Підставивши здобуті значення в (13.16), дістанемо:

$$x = 0,05 + 0,015 - 0,07 = 0,058 \text{ мм.}$$

Розрахунковий зазор у з'єднанні заготовки з фіксуєчим пальцем визначимо з (2.17)

$$x = \frac{d_2}{\sigma} S_{2\min}, \quad (13.17)$$

звідки

$$S_{2\min} = \frac{x\sigma}{d_2}, \quad (13.18)$$

де  $\sigma$  – довжина хорди фіксуєчого пальця (див. таблицю 2.1),  $\sigma = 3$  мм;  $d_2$  – номінальний діаметр фіксуєчого пальця,  $d_2 = 10$  мм.

Підставивши знайдені значення в (13.18), дістанемо:

$$S_{2\min} = \frac{0,058 \cdot 3}{10} = 0,0174 \text{ мм.}$$

Діаметр фіксуєчого пальця визначаємо з умови  $S_{2\min} \geq S_{\text{розрах}}$ .

Найбільший діаметр фіксуєчого пальця розраховуємо з виразу

$$d_2 = d_0 - \frac{S_{2\min}}{2}, \quad (13.19)$$

тобто

$$d_2 = 10 - \frac{0,0174}{2} = 10 - 0,0087 \approx 10 - 0,009 \text{ мм.}$$

Найближчими полями допусків дія цього розміру є поля з  $f_4$  та  $f_5$ , але вони належать до тих, яким не надається переваги. Тому беремо діаметр з  $f_6$ , тобто  $10f_6$ :

$$d_2 = 10 \begin{matrix} -0,013 \\ -0,022 \end{matrix} \text{ мм.}$$

Згідно з рекомендаціями п. 13.3 призначимо допуски на спрацювання пальців:

$$T_{\text{спр1}} = 0,02 \text{ мм; } T_{\text{спр2}} = 0,02 \text{ мм.}$$

Призначаємо допуск на розміри  $m$  і  $n$ :

$$m = 60^{+0,015} \text{ мм (див. раніше);}$$

згідно з (13.11)

$$n = 80 \pm \frac{1}{3} T_3 = 80 \pm \frac{1}{3} 0,05 = 0,015 \text{ мм},$$

де  $T_3$  – допуск на розмір 80 заготовки.

Щоб визначити похибку пристрою  $\varepsilon_n$ , необхідно призначити допуски положення його робочих поверхонь. Ці допуски й визначатимуть складові  $\varepsilon_n$ .

Згідно з (13.11) призначаємо допуски положення:

допуск симетричності осі поверхні  $I'$  та площини, яка проходить через осі центруючого та фіксуєного пальців,

$$\varepsilon_{n1} = \frac{1}{5} T_3 = \frac{1}{5} 0,015 = 0,03 \text{ мм};$$

допуск перпендикулярності поверхонь  $B$  і  $D$  – 0,02 мм на 100 мм довжини; у цьому разі згідно з рисунком 13.5

$$\varepsilon_{n2} = \frac{150 \cdot 0,02}{100} = 0,03 \text{ мм},$$

де 150 – відстань від торця заготовки до площини  $B$  (рисунок 13.5).

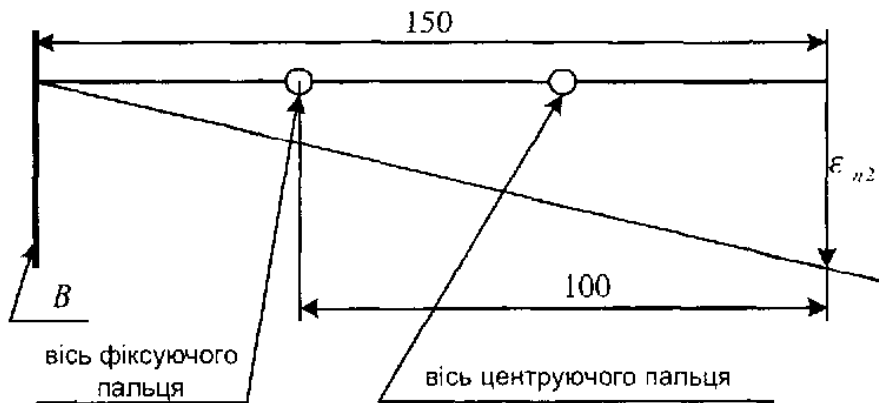


Рисунок 13.5. Схема для визначення складової похибки пристрою

6. Згідно з умовами, викладеними в п. 1, виконаємо точнісіні розрахунки, якими необхідно підтвердити забезпечення симетричності 0,15 мм та розміру 80 із допуском  $\pm 0,05$  мм при використанні розмірів, призначених в п.5.

## Перевірка забезпечення допуску симетричності

У цьому разі маємо пристрій на планшайбі з вивіркою. Отже, згідно з (3.15) можна записати нерівність

$$\Delta_{y_{ст}} = \sqrt{\varepsilon_{зм}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_{n(s)}^2} \leq [\Delta_{пр}]_{ст}. \quad (13.15)'$$

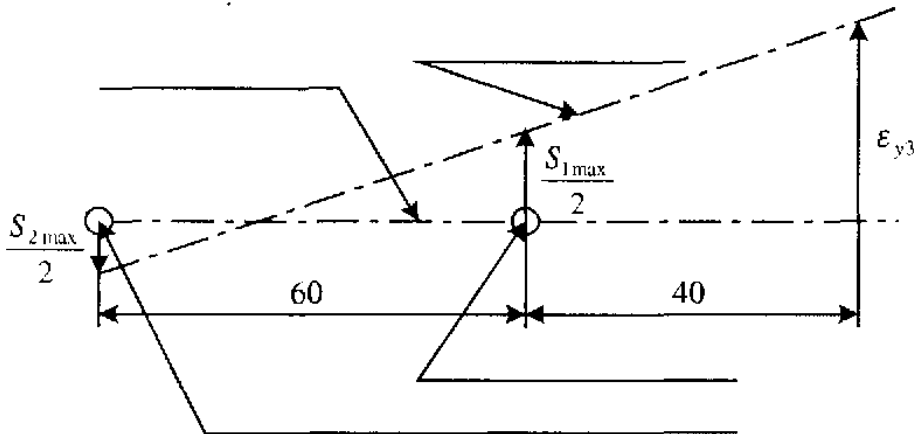


Рисунок 13.6. Схема для визначення похибки зміщення

Похибку  $\varepsilon_{зм}$  визначимо згідно з рисунком 13.6, де маємо найнесприятливіший варіант, коли похибка найбільша.

Значення  $\varepsilon_{зм}$  визначимо з виразу, здобутого з подібності трикутників ABC та DBE:

$$\frac{\varepsilon_{зм} + \frac{S_{2max}}{2}}{100} = \frac{\frac{S_{1max}}{2} + \frac{S_{2max}}{2}}{60}$$

Підставивши в останній вираз значення:

$$S_{1max} = D_{отвmax} - D_{нmin} = 30^{+0,045} - 30^{-0,020} = 0,065 \text{ мм}$$

$$S_{2max} = D_{отвmax} - D_{нmin} = 10^{+0,03} - 10^{-0,022} = 0,052 \text{ мм}$$

дістанемо:

$$\varepsilon_{зм} + \frac{0,052 + 0,020}{2} = \frac{0,65 + 0,020}{2} + \frac{0,052 + 0,020}{2} = 0,095 \text{ мм.}$$

Це похибка зміщення заготовки з урахуванням допуску на спрацювання пальців.

Похибка пристрою на допуск симетричності впливатиме лише однією складовою, а саме допуском симетричності поверхні  $\Gamma$  та площини, яка проходить через осі установочних пальців, тобто  $\varepsilon_{n_1} = 0,03$  мм (див. п. 5);  $\Delta_{n(s)} = 0,03$  мм – похибка положення поверхні  $\Gamma$  пристрою згідно з умовою налагодження пристрою.

Підставивши знайдені значення в (13.15), дістанемо:

$$\Delta_{\Sigma_{ст}} = \sqrt{0,095^2 + 0,03^2 + 0,03^2} = 0,10 \text{ мм.}$$

$\Delta_{\Sigma_{ст}} = 0,10 < [\Delta_{пр}] = 0,141$  мм – умова симетричності виконується.

*Перевірка витримування розміру  $80(\pm 0,05)$  мм*

Для розрахунку знову скористаємося формулою (13.15):

$$\Delta_{\Sigma_{ст}} = \sqrt{\varepsilon_{зм}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_{n(s)}^2} \leq [\Delta_{пр}]_{ст} = 0,064 \quad (13.15)^*$$

$\varepsilon_{зм} = 0$ , оскільки зміщення заготовки на установчих пальцях на розмір 80 не впливають.

Похибка пристрою в цьому разі складається з двох частин:

1. Допуск на розмір 80 пристрою, тобто  $\varepsilon_{n_3} = 0,03$  мм.
2. Допуск перпендикулярності поверхонь  $B$  і  $D$ , тобто  $\varepsilon_{n_2} = 0,03$ .

Отже,

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_{n_2}^2 + \varepsilon_{n_3}^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2} = \sqrt{0,0018} \text{ мм,}$$

де  $\Delta_{n(s)} = 0,03$  мм згідно з умовою налагодження пристрою.

Підставивши знайдені значення в (13.15), дістанемо:

$$\Delta_{\Sigma_{ст}} = \sqrt{0,0018 + 0,009} = 0,05 \text{ мм.}$$

$\Delta_{\Sigma_{ст}} = 0,05 < [\Delta_{пр}]_{ст} = 0,064$  мм – умова витримування розміру  $80(\pm 0,05)$  мм виконується.

## Розрахунки фрезерних пристроїв

### Особливості розрахунків

Точність обробки заготовок на фрезерних верстатах залежить в основному від способу орієнтації пристрою відносно стола верстата та методу налагодження різального інструменту відносно заготовки.

Фрезерні пристрої на верстаті орієнтують за допомогою напрямних шпонок або центруючих пальців. Елементи для орієнтації при-

строю прикріплюють до корпусу з боку його опорної площини і встановлюють у Т-подібний паз стола. Цим досягається паралельність установчих поверхонь пристрою напрямку поздовжньої подачі стола верстата.

У цьому разі маємо загальний випадок, коли пристрій, встановлений на напрямних шпонках або центруючих пальцях, має забезпечити автоматичне отримання розмірів заданої точності без вивірки.

Умова забезпечення заданої точності розміру матиме загальний вигляд (13.10), але можливі окремі випадки.

1. Пристрій при встановленні на верстаті вивіряють за установчими елементами. Тоді формула (13.10) набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{3\text{м}}^2 + \Delta_{n(y)}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{\text{ві}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}. \quad (13.20)$$

*Примітка:* Тут і далі похибками  $\varepsilon_j$  знехтувано через її надто малу величину.

2. Іншим способом, який часто застосовують, є використання щупів і установчих елементів, виконаних у вигляді пластин, косинців, призм тощо.

Установи прикріплюють до корпусу пристрою певним способом, орієнтуючи їх робочі поверхні відносно установчих елементів пристрою.

При налагодженні положення інструменту за допомогою щупа з'являється похибка  $\Delta_{n,i}$ , що залежить в основному від кваліфікації робітника, який виконує налагодження. Рекомендується значення  $\Delta_{n,i}$  брати в інтервалі 0,01...0,06 мм [8] залежно від потрібної точності обробки.

Похибкою пристрою в цьому разі є похибка положення установчих елементів відносно елементів для напряду інструменту.

У цьому разі умова забезпечення заданої точності розміру набирає вигляду:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{3\text{м}}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_{n,i}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}. \quad (13.21)$$

3. Якщо верстат має систему ЧПК, при налагодженні визначають положення початкової точки, яка матеріалізується установчими елементами пристрою. Іншими словами, безпосередньо визначають похибку  $\Delta_{n(y)}$ , яка дорівнює похибці положення початкової точки. При цьому незалежно від способу налагодження до неї ввійде похибка верстата  $\varepsilon_{\text{в}}$ . Це пояснюється тим, що у фрезерного верстата при обробці переміщується стіл разом із закріпленим на ньому пристроєм. Отже, для верстата з ЧПК сумар-

статична похибка

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{3\text{м}}^2 + \Delta_{\text{п.м}}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{\text{в.і}}^2} \quad (13.22)$$

і відповідно умови забезпечення точності розміру оброблюваної поверхні набере вигляду:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{3\text{м}}^2 + \varepsilon_{\text{п.м}}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{\text{в.і}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}. \quad (13.23)$$

**Приклад розрахунку фрезерного пристрою.** Визначити граничні розміри  $d_1$  і  $d_2$  установчих пальців, призначити межі спрацювання цих пальців, допуски положення поверхонь пристрою для фрезерування бокових сторін головки шатуна.

Операцію виконують на горизонтально-фрезерному верстаті. Ескіз обробки заготовки показано на рисунку 13.7, а ескіз пристрою – на рисунку 13.8.

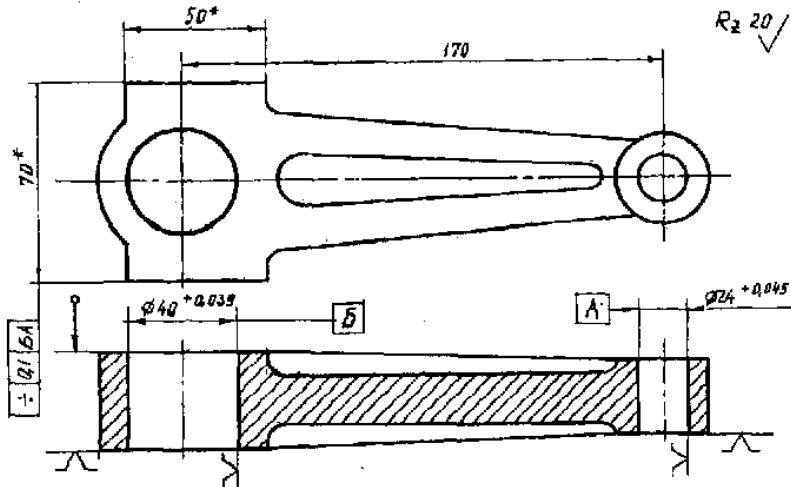


Рисунок 13.7. Ескіз обробки заготовки

## Розв'язання

1. При виконанні операції в пристрої необхідно забезпечити симетричність оброблюваних поверхонь відносно площини, яка проходить через осі отворів А і В (максимальна похибка обробки – 0,1 мм, тобто  $T_3 = 0,1$  мм), а

$$[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \Delta_{\text{м}} = 0,1 - 0,6 \cdot 0,04 = 0,076 \text{ мм.}$$

2. Заготовку в пристрої встановлюють на площину і два отвори з паралельними осями, тобто схема базування така: пло-



щина – три точки; циліндричний палець короткий – дві точки; зрізаний палець короткий – одна точка.

3. Пристрій встановлюють на верстаті без додаткового налагодження, а різальний інструмент встановлюють на розмір за допомогою спеціального елемента – установка.

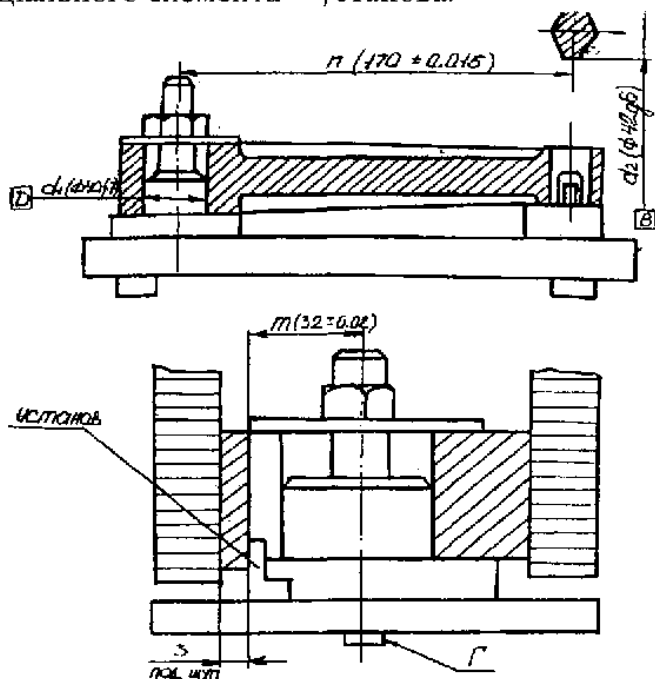


Рисунок 13.8. Ескіз пристрою (допуск непаральності поверхні  $\Gamma$  відносно площини, яка проходить через осі поверхонь  $D$  і  $B$  –  $0,04$  на  $100$  мм довжини)

#### 4. Основні розміри пристрою:

$n$  – відстань між осями установчих пальців;

$m$  – налагоджувальний розмір;

$d_1$  і  $d_2$  – діаметри установчих пальців з урахуванням запасу на срацювання;

$a$  – паралельність поверхні  $\Gamma$  відносно площини, яка проходить через осі поверхонь  $D$  і  $B$ .

5. Призначаємо допуски на основні розміри пристрою. Відхилення на міжосьову відстань установчих пальців визначимо згідно з (13.11):

$$T_n = T_o \frac{1}{3} = \pm 0,05 \frac{1}{5} = \pm 0,010 \text{ мм},$$

де  $T_n$ ,  $T_o$  – допуск на міжосьову відстань відповідно установчих пальців пристрою і базових отворів заготовки.

Номінальний розмір:

$$m = \frac{70}{2} - 3 = 32 \text{ мм}.$$

Відхилення на розмір  $m$  дістаємо, використовуючи співвідношення (13.11):

$$T_m = 0,01 \cdot \frac{1}{5} = 0,002 \text{ мм}; m = 32(\pm 0,002) \text{ мм}.$$

Згідно із забезпеченням гарантованого зазору, потрібного для вільного встановлення заготовки, призначимо діаметр центруючого пальця:

$$d_1 = 40g6 = 40^{+0,009}_{-0,025} \text{ мм}.$$

Гарантований компенсуючий зазор у з'єднанні заготовки та фіксуємого пальця, а також діаметр фіксуємого пальця розраховуємо за відомими формулами [1]:

$$d_2 = d_o - \frac{S_{2\min}}{2}; S_{2\min} = \frac{x\phi}{d_2},$$

де  $x$  – гарантований компенсуючий зазор;

$$x = T_o + T_n - S_{1\min} = 0,10 + 0,03 - 0,009 = 0,121 \text{ мм},$$

$T_o, T_n$  – відхилення на відстань між осями відповідно базових отворів заготовки та установчих пальців,  $T_o = \pm 0,05 = 0,10$  мм;

$T_n = \pm 0,015 = 0,03$  мм;  $S_{1\min}$  – мінімальний зазор у з'єднанні базового отвору заготовки та центруючого пальця

$$S_{1\min} = d_{\text{отв min}} - d_{\text{пальця max}};$$

$\phi = 5$  мм (див. таблицю 2.1);  $d_2 = 24$  мм (з операційного ескізу).

Беремо

$$S_{2\min} = \frac{0,121 \cdot 5}{24} = 0,025 \text{ мм};$$

$$d_2 = 24d8 = 24^{+0,065}_{-0,098}.$$

Згідно з п. 13.3 призначимо допуск на спрацювання центруючого пальця  $T_{\text{спр}} = 0,02$  мм.

Допуск непаралельності поверхні  $\Gamma$  відносно площини, яка проходить через осі поверхонь  $D$  і  $B$  – 0,04 мм на 100 мм довжини.

6. Виконаємо перевірний розрахунок: визначимо, чи забезпечують призначені основні розміри пристрою умову операційного ескізу, тобто одержання симетричності поверхні  $\Gamma$  і площини, яка проходить через осі поверхонь  $D$  і  $B$  у межах 0,1 мм.

У цьому разі маємо пристрій з установом, за допомогою якого швидко налагоджується різальний інструмент відносно заготовки та пристрою. Тому розрахунок на точність виконуємо за формулою (13.21):

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{\text{зм}}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_{\text{н.і}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}, \quad (13.21)'$$

де  $[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = 0,076$  мм;  $\varepsilon_6 = \varepsilon_{\text{зм}} = \frac{S_{\text{max}}}{2} = \frac{0,064}{2} = 0,032$  мм;  $S_{\text{max}}$  – максимальний зазор у з'єднанні базового отвору та центруючого пальця,  $S_{\text{max}} = 0,039 + 0,025 = 0,064$  мм.

Похибка пристрою складається з двох частин:

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_{n1}^2 + \varepsilon_{n2}^2},$$

де  $\varepsilon_{n1}$  – відхилення на розмір, який визначає положення установка відносно центруючого пальця;  $\varepsilon_{n2}$  – розраховуємо згідно з умовою, що допуск непаралельності осі шпонки пристрою (поверхні  $\Gamma$ ) відносно площини, яка проходить через осі установчих пальців, дорівнює 0,02 мм на 100 мм довжини,

$$\varepsilon_{n2} = \frac{170 \cdot 0,002}{100} = 0,0034 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{н.і}} = 0,03 \text{ мм}.$$

Підставивши знайдені значення в (3.21)', дістанемо:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{0,032^2 + 0,02^2 + 0,02^2 + 0,0034^2 + 0,03^2} = 0,052 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = 0,052 \text{ мм} < [\Delta_{\text{пр}}] = 0,076 \text{ мм}.$$

Отже, умова точності виконується.

## Розрахунок пристроїв для зубообробки

### Особливості розрахунків

Заготовки при обробці зубів встановлюють за допомогою різних за конструкцією та принципом дії пристроїв, які залежно від методу обробки поділяють на зубофрезерні, зубодовбальні, зубо-стругальні, зубошевінгувальні та ін.

Основна вимога, що висувається до заготовки – забезпечити певний допуск радіального биття зубчастого вінця відносно установчої (зовнішньої або внутрішньої) поверхні.

Залежно від потрібної точності обробки та конструкції пристрою налагодження технологічної системи може передбачати:

- встановлення заготовки з вивіркою за технологічною базою;
- встановлення пристрою з вивіркою за установчим елементом;
- встановлення заготовки і пристрою без вивірки.

Встановлення пристрою з вивіркою за спеціальною налагоджувальною поверхнею практично не застосовують.

Умову забезпечення заданої точності розміру у загальному вигляді записують згідно з (13.10):

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_0^2 + (\varepsilon_{\text{им}} + \varepsilon_{\text{зн}})^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{\text{вп}}^2 + \varepsilon_{\text{в}}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{\text{ві}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}.$$

### Приклад розрахунку

Визначити граничні розміри  $d$  установчої поверхні оправки, призначити межу її сирацювання і допуски положення поверхонь пристрою для довбання 40 зубів у заготовці. Виконати точнісні розрахунки пристрою. Довбач дисковий; модуль – 2,5; кількість зубів – 40; радіальне биття посадочної поверхні штоселя верстата – 0,02 мм. Ескіз обробки заготовки показано на рисунку 13.9, а ескіз пристрою на рисунку 13.10.

### Розв'язання.

1. З операційного ескізу з'ясуємо параметр точності, який необхідно забезпечити при довбанні зубів у заготовці. Цим параметром є биття вінця шестерні 0,16 мм відносно осі заготовки, тобто максимально допустима похибка обробки на радіус становитиме

$0,16:2 = 0,08$  мм ( $T_3 = 0,08$  мм), а допустима статична похибка пристрою:

$$[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \cdot \Delta_{\text{м}} = 0,08 - 0,7 \cdot 0,05 = 0,08 - 0,035 = 0,045 \text{ мм.}$$

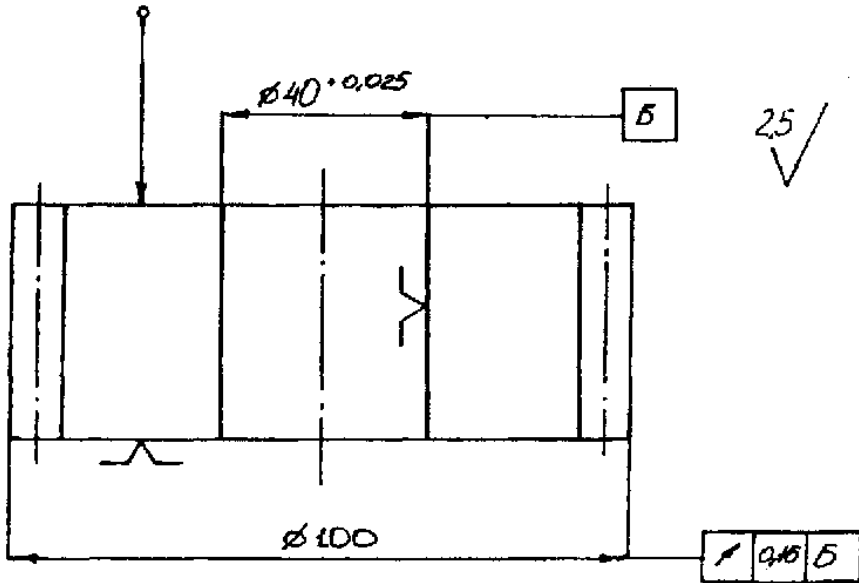
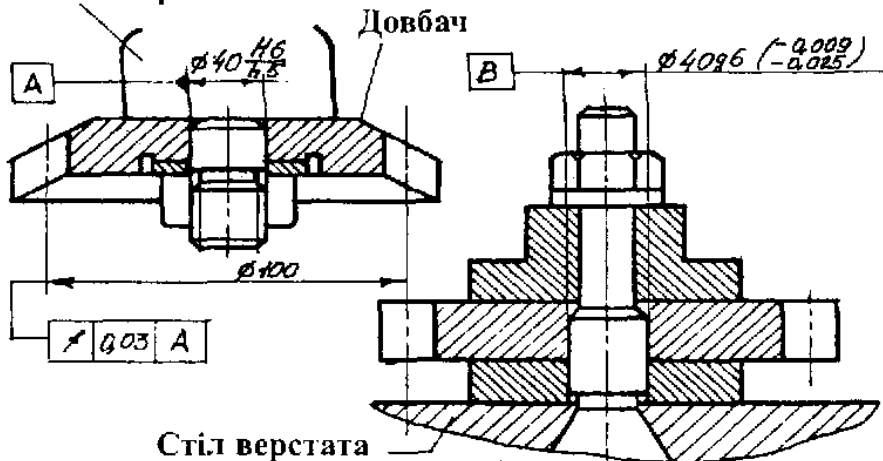


Рисунок 13.9. Ескіз обробки заготовки

Штосель верстата



Стіл верстата

Рисунок 13.10. Ескіз пристрою (допуск радіального биття поверхні відносно конусу – 0,04мм)

2. Заготовка вільно встановлюється на оправці, отже, у з'єднанні оправки і заготовки має бути зазор.

3. Пристрій (оправка) має забезпечувати автоматичне одержання параметра точності без додаткового налагодження.

4. Основні розміри пристрою:

–діаметр оправки з певними допусками з урахуванням запасу на спрацювання;

–биття робочої поверхні оправки відносно поверхні, якою вона встановлюється на верстаті.

5. Призначимо допуски на основні розміри пристрою (оправки). Згідно із забезпеченням гарантованого зазору для вільного встановлення заготовки діаметр оправки

$$d = 40g6 = 40 \begin{matrix} -0,004 \\ -0,025 \end{matrix} \text{ мм.}$$

Допуск на спрацювання оправки беремо таким, що дорівнює допуску на її діаметр:

$$T_{\text{спр}} = 0,02 \text{ мм.}$$

Згідно з технологічними можливостями виготовлення оправки і співвідношенням (13.11) биття оправки

$$\Delta_n = T_3 \frac{1}{4} = 0,08 \cdot \frac{1}{4} = 0,02 \text{ мм.}$$

6. Перевірний розрахунок виконуємо за загальною формулою (13.10):

$$\Delta_{\Sigma_{\text{ст}}} = \sqrt{\left( \varepsilon_{\text{зм}} + \frac{T_{\text{спр}}}{2} \right)^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{\text{в}}^2 + \varepsilon_i^2 + \varepsilon_{\text{вн}}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}; \quad (13.10)'$$

$$\varepsilon_{\text{зм}} = \frac{S_{\text{max}}}{2} = \frac{0,025 + 0,025}{2} = 0,025 \text{ мм;}$$

$\varepsilon_n = 0,02$  мм;  $\varepsilon_{\text{в}}$  – радіальне биття шпинделя;

$$\varepsilon_{\text{в}} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ мм;}$$

$\varepsilon_i$  – похибка інструменту, що визначається радіальним биттям зубів довбача відносно посадочного отвору  $A$ ,

$$\varepsilon_i = \frac{0,03}{2} = 0,015 \text{ мм;}$$

$\varepsilon_{\text{вн}}$  – похибка встановлення інструменту, що залежить від зазору в

з'єднанні  $40 \frac{H6}{h5}$  довбача зі штоселем верстата,

$$\varepsilon_{ni} = (0,016 + 0,011) / 2 = 0,013 \text{ мм.}$$

Підставивши знайдені значення в (3.10)', дістаємо:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{0,035^2 + 0,02^2 + 0,01^2 + 0,013^2 + 0,015^2} = 0,0435 \text{ мм;}$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = 0,0435 \text{ мм} < [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{доп}} = 0,045.$$

Отже, умова забезпечення параметра точності (биття – 0,16 мм) виконується.

## Розрахунки кондукторів

### Особливості розрахунків

Особливість пристроїв для обробки отворів на свердлильних і розточувальних верстатах полягає в наявності в конструкції елементів для напрямлення різальних інструментів (кондукторних втулок). Інструменти напрямляють та орієнтують за різальною частиною.

Похибка обробки заготовок у кондукторах великою мірою залежить від похибки положення напрямних елементів відносно установчих. Водночас похибки, пов'язані зі встановленням кондуктора на верстаті, не впливають на точність координатного положення оброблюваних отворів. Тому елементи для орієнтації пристрою на верстаті найчастіше відсутні, положення кондуктора визначається вільним входженням інструменту в напрямний елемент.

Структура сумарної статичної похибки, яка враховує особливості розрахунку технологічних систем із кондукторами, має вигляд:

$$\overline{\Delta}_{\Sigma \text{ст}} = \overline{\varepsilon}_6 + \overline{\varepsilon}_{\text{зм}} + \overline{\varepsilon}_n + \overline{\varepsilon}_{y,i}$$

а розрахункова формула на точність виконуваного розміру відповідно:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{\text{зм}}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{y,i}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}, \quad (13.24)$$

де  $\varepsilon_6, \varepsilon_{\text{зм}}$  визначають так, як показано в п. 13.3;  $\varepsilon_{y,i}$  – похибка введення інструменту, яка дорівнює найбільшому можливому зміщенню осі оброблюваного отвору, спричиненому перекосом інструменту у втулці.

Можливість такого перекосу зумовлена зазором між ним і отвором кондукторної втулки. Причинами перекосу інструменту відносно номінального положення можуть бути биття різальної частини при обертанні; несиметричність заточування; неоднорідність матеріалу заготовки; нерівність поверхні в місці входження інструменту в заготовку; незбіг осі інструменту з віссю отвору напрямного елемента.

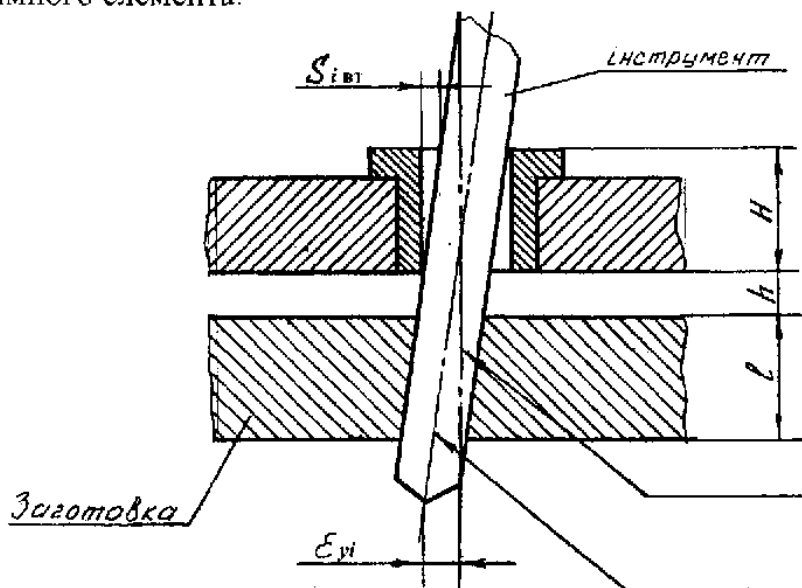


Рисунок 13.11. Схема для розрахунку уведення інструменту

Похибку  $\varepsilon_{y_i}$  можна розрахувати на основі схеми, показаної на рисунку 13.11, за формулою:

$$\varepsilon_{y_i} = S_{i_{вт}} \left( \frac{\ell + h}{H} \right), \quad (13.25)$$

де  $S_{i_{вт}}$  – максимальний зазор у з'єднанні інструменту з отвором кондукторної втулки;  $\ell$  – глибина оброблюваного отвору;  $H$  – відстань між торцем втулки і поверхнею заготовки;  $h$  – відстань від торця втулки до заготовки.

Розраховуючи похибки пристрою  $\varepsilon_n$ , у загальному випадку необхідно врахувати такі складові:  $\varepsilon_{n_1}$  – похибку координатного положення осі отвору кондукторної втулки (або втулки-гнізда)



відносно установчих елементів;  $\varepsilon_{n2}$  – похибку, що спричинюється неперпендикулярністю (непаралельністю) осі втулки-гнізда до площини, яка визначає положення заготовки (рисунок 13.12);

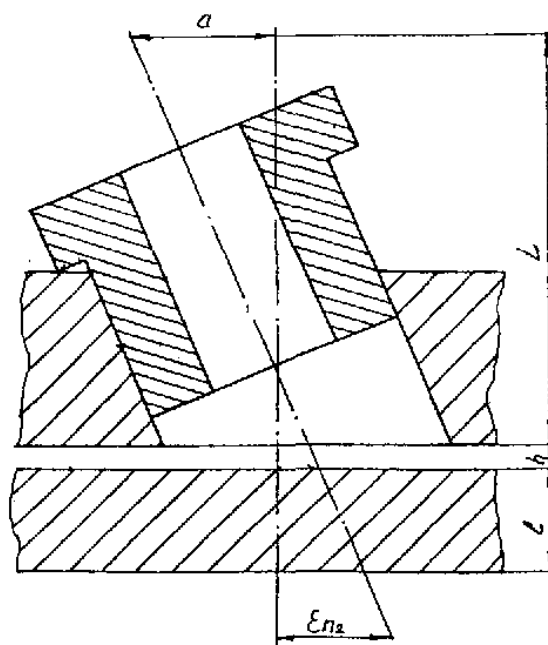


Рисунок 13.12. Схема для розрахунку складової похибки пристрою

$$\varepsilon_{n2} = \frac{\ell + h}{L} a, \quad (13.26)$$

де  $a$  – величина неперпендикулярності (непаралельності), задана на базовій довжині  $L$ ;  $\varepsilon_{n3}$  – похибка, що спричинюється зміщенням осі кондукторної втулки-гнізда (ураховують при використанні змінних або швидкозмінних втулок),

$$\varepsilon_{n3} = \frac{S_{\max}}{2},$$

де  $S_{\max}$  – максимальний зазор у з'єднанні кондукторної втулки з гніздом;  $\varepsilon_{n4}$  – похибка, яка дорівнює ексцентриситету змінної або швидкозмінної втулки (рекомендується брати  $\varepsilon_{n4} \leq 0,005$  мм).

При використанні постійних втулок  $\varepsilon_{n3} = 0$ ;  $\varepsilon_{n4} = 0$ . Похибки,

пов'язані з верстатом  $\varepsilon_{\text{в}}$  і встановленням пристрою  $\varepsilon_{\text{ен}}$  також беруть такими, що дорівнюють нулю, оскільки вони не впливають на положення оброблюваних отворів.

Отже, розрахунок кондукторів рекомендується виконувати за формулою (13.24).

Оскільки в процесі експлуатації кондуктора спрацювуються установчі та напрямні елементи, похибки  $\varepsilon_{\text{зи}}$  і  $\varepsilon_{\text{y.i}}$  слід визначати з урахуванням допуску на спрацювання.

### Приклад розрахунку

Визначити граничні розміри  $d_1$  і  $d_2$ , вид посадки з'єднання  $d_3$ , призначити допуски на спрацювання установчих та напрямних елементів і допуски положення робочих поверхонь кондуктора. Виконати точнісіні розрахунки. Ескізи обробки деталі та пристрою показано на рисунку 13.13.

#### Розв'язання.

1. Параметри точності, які необхідно забезпечити в кондукторі:

– діаметр отвору ( $4_{\text{отв}} \text{ } \phi 8\text{H}11$ );

– позиційний допуск положення отворів, тобто зміщення осей отворів від номінального положення, яке визначається відносно поверхні  $A$ , щонайбільше 0,15 мм. Отже, максимально допустима похибка обробки – 0,15 мм ( $T_3 = 0,15$  мм), а допустима статична похибка пристрою складе:

$$[\Delta_{\text{ир}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \Delta_{\text{м}} = 0,15 - 0,6 \cdot 0,05 = 0,12 \text{ мм.}$$

2. Схему встановлення взято таку, що заготовка і кондукторна плита вільно встановлюються на палець; отже, між заготовкою, кондукторною плитою та установчими пальцями мають бути зазори.

3. При обробці отворів необхідно забезпечити автоматичне одержання позиційного допуску їх положення без додаткового налагодження технологічної системи.

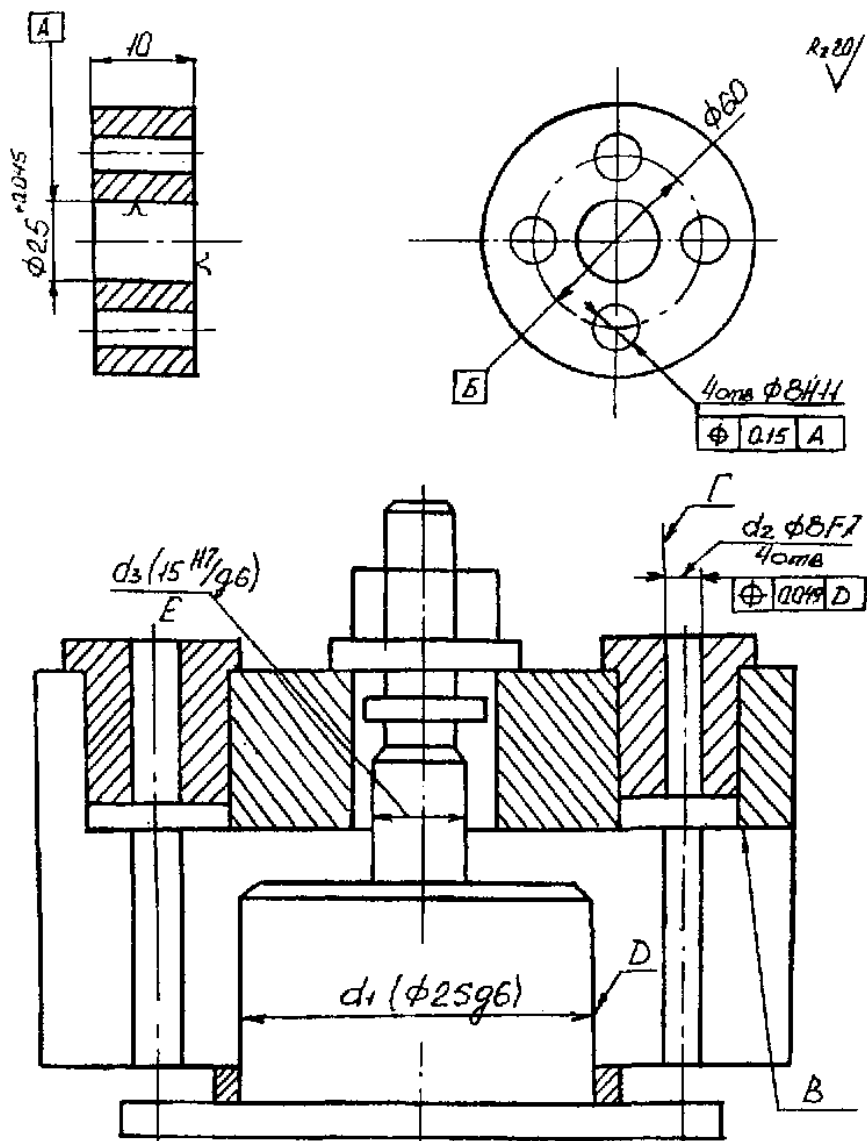


Рисунок 13.13. Схема обробки деталі та пристрою

4. Основні розміри пристрою (кондуктора):

$d_1$  – діаметр установчого пальця в з'єднанні із заготовкою;

$d_2$  – діаметр установчого пальця в з'єднанні з кондукторною плитою;

$d_3$  – діаметр кондукторної втулки під свердло;

допуск перпендикулярності осі поверхні  $\Gamma$  і площини  $B$ ;

допуск між осями установчого пальця і кондукторної втулки.

5. Призначимо допуски на основні розміри кондуктора:

– діаметр установчого пальця в з'єднанні із заготовкою призначимо з умови забезпечення вільного встановлення заготовки:

$$d_1 = 25g6 = 25 \begin{matrix} -0,007 \\ -0,020 \end{matrix} \text{ мм};$$

– діаметр установчого пальця в з'єднанні з кондукторною плитою згідно з тією самою умовою:

$$d_3 = \varnothing 15 \frac{H7}{g6};$$

– діаметр кондукторної втулки під свердло згідно з рекомендаціями, наведеними в [13],

$$d_2 = \varnothing 8F7 = 8 \begin{matrix} -0,028 \\ +0,013 \end{matrix} \text{ мм};$$

– допуск перпендикулярності осі поверхні  $\Gamma$  і площини  $B$  – 0,02 мм на 100 мм довжини;

– допуск на відстань між осями установчого пальця і кондукторної втулки має враховувати всі зазори, які з'являються в з'єднаннях заготовка – установчий палець; кондукторна плита – установчий палець; змінна втулка – кондукторна плита, ексцентриситет змінної втулки, тобто цей допуск є сумарною похибкою пристрою, яку визначають за формулою:

$$\bar{\varepsilon}_n = \bar{\varepsilon}_{n1} + \bar{\varepsilon}_{n2} + \bar{\varepsilon}_{n3} + \bar{\varepsilon}_{n4}, \quad (13.27)$$

де  $\varepsilon_{n1}$  – позиційний допуск положення осей отворів кондукторних втулок відносно посадочного отвору кондукторної плити (поверхня  $E$ ).

Згідно з (13.11)

$$\varepsilon_{n1} = \frac{1}{5} 0,015 = 0,03 \text{ мм},$$

$\varepsilon_{n2}$  – похибка, що може спричинитися неперпендикулярністю осі отвору кондукторної втулки до площини  $B$  (у межах заданого допуску), згідно з (13.26)

$$\varepsilon_{n2} = \frac{\ell + h}{L} a = \frac{10 + 4}{100} 0,02 = 0,003 \text{ мм};$$

$\varepsilon_{n3}$  – похибка можливого зміщення кондукторної плити відносно пальця за рахунок зазору в з'єднанні установчий палець – кондукторна плита з урахуванням допуску на спрацювання обох поверхонь пальця (беремо 0,02 мм на сторону),

$$\varepsilon_{n3} = \frac{S_{2\max} + T_{\text{спр}}}{2} = \frac{0,018 + 0,017 + 0,04}{2} = 0,037 \text{ мм};$$

$\varepsilon_{n4}$  – похибка незбігу осей посадочних поверхонь пальця  $d_1$  і  $d_3$ .

З практичних міркувань беремо  $\varepsilon_{n4} = 0,01$  мм, урахуовуючи, що такої співвісності можна досягти при шліфуванні робочих поверхонь пальця за одне встановлення.

Підставляючи значення похибок у (13.27), дістаємо:

$$\varepsilon_n = \sqrt{0,03^2 + 0,003^2 + 0,037^2 + 0,01^2} = 0,049 \text{ мм}.$$

6. Перевірний розрахунок виконаємо за формулою (13.24):

$$\Delta_{\Sigma\text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_{\text{зм}}^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{y,i}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}, \quad (13.24)'$$

$\varepsilon_{\text{зм}}$  – похибка зміщення заготовки, з урахуванням допуску на спрацювання ( $T_{\text{спр}} = 0,02$  мм)

$$\varepsilon_{\text{зм}} = \frac{S_{1\max} + T_{\text{спр1}}}{2} = \frac{0,045 + 0,020}{2} = 0,042 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_n = 0,049 \text{ мм}.$$

Похибку уведення інструменту розраховуємо за формулою (13.25):

$$\varepsilon_{y,i} = S_{i,\text{вт}} \left( \frac{\ell + h}{H} \right),$$

де  $H$  – висота напрямної частини кондукторної втулки (для стандартних втулок визначають за [7]);

$$S_{i,\text{вт}} = d_{\text{вт max}} - d_{\text{свердла min}} = 8,028 - 7,964 = 0,064 \text{ мм};$$

$d_{\text{вт max}}$  – максимальний діаметр отвору кондукторної втулки;

$d_{\text{свердла min}}$  – мінімальний діаметр свердла для обробки отвору (визначають за [13]).

Призначивши допуск на спрацювання кондукторної втулки  $T_{\text{спр}} = 0,02$  мм, дістанемо:

$$S_{i,\text{вт}} = 0,064 + 0,02 = 0,084 \text{ мм}.$$

Обчислимо

$$\varepsilon_{y,i} = 0,084 \left( \frac{10 + 4}{20} \right) = 0,05 \text{ мм.}$$

Підставивши знайдені значення в (13.24)', дістанемо:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{0,042^2 + 0,049^2 + 0,06^2} = 0,09;$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = 0,09 \text{ мм} < [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = 0,12 \text{ мм.}$$

Оскільки нерівність справджується, то кондуктор автоматично забезпечує задану точність положення оброблюваних отворів у межах допуску на спрацювання робочих поверхонь пристрою.

На схемі кондуктора вказують похибку  $\varepsilon_n = 0,049$  мм, потрібну для перевірки його придатності.

### 13.5. Точнісні розрахунки контрольно-вимірювальних пристроїв

Важливе значення має аналіз похибок, властивих конструкції кожного контрольно-вимірювального пристрою. Під похибкою вимірювання розуміють різницю між показанням контрольно-вимірювального пристрою і дійсним значенням величини, що перевіряється.

На точність показань контрольно-вимірювальних пристроїв впливають такі основні похибки:

- встановлення деталей у пристроях;
- передатних пристосувань;
- установчих мір, які використовуються для налаштування вимірювальних засобів;
- випадкові, властиві даному методу вимірювання залежно від варіацій різних параметрів (неточності відліку за шкалою вимірювального приладу; температурних коливань; нестійкості величини затискного зусилля і т. ін.);
- викликані порушенням первинного налаштування вимірювальних засобів.

Похибка встановлення деталей у контрольних пристроях визначається більш точно, ніж при встановленні заготовок у верстатних пристроях, тобто в даному випадку враховуються деякі складові, якими у верстатних пристроях можна знехтувати, а саме [16]:

$\Delta_6$  – похибка базування, визначається так само, як і у верстатних пристроях, але при розрахунку граничного значення враховують також і гарантований зазор між вимірювальною базою деталі і робочою поверхнею установчого елемента, ця похибка є систематичною змінною;

$\Delta_{ye}$  – похибка, спричинена неточністю одержання лінійних розмірів установчих елементів або виконання технічних вимог. Ця похибка є постійною систематичною і визначається безпосереднім вимірюванням при атестації пристрою;

$\Delta_{yc}$  – похибка, спричинена деформацією поверхонь деталі та установчого елемента при їх стискуванні за рахунок наявності на цих поверхнях мікронерівностей, а також перекосування і т.д. Ця похибка визначається при багаторазовому повторному встановленні тієї ж самої деталі на той самий установчий елемент, вона є випадковою величиною і розраховується за відомими правилами;

$\Delta_z$  – похибка закріплення, спричинена коливаннями величини прикладеної сили закріплення, зміною місця її прикладання і т. д., ця похибка є випадковою незалежною величиною.

Затискні зусилля контрольно-вимірювальних пристроїв не повинні бути великими, щоб не порушувати постійності встановлення деталей відносно засобів контролю, за таких умов будуть одержані мінімальні похибки закріплення.

У кожному конкретному пристрої необхідно враховувати похибки передатних пристосувань ( $\Delta_{nn}$ ), які виникають внаслідок неточності виготовлення важелів та інших деталей. Ці похибки є систематичними. Їх визначають розрахунковим шляхом і перевіряють експериментально. Підсумовуються похибки алгебраїчно з урахуванням знаку.

При роботі передатних пристосувань, крім систематичних похибок, виникають випадкові похибки ( $\Delta_n$ ), спричинені наявністю зазорів між осями та отворами важелів, неточністю їх переміщення та іншими випадковими причинами. Граничні значення випадкових похибок ( $\Delta_v$ ) визначають експериментально.

Похибки виготовлення установчих мір складаються з систематичних похибок ( $\Delta_{ум}$ ) та випадкових похибок ( $\Delta_{умв}$ ). У ( $\Delta_{умв}$ ) враховують відхилення установчих розмірів від номінальних.

Дійсний розмір установчої міри визначають при атестації. Випадкові похибки ( $\Delta_{\text{умв}}$ ) виникають в результаті відхилень від співвісності, паралельності, перпендикулярності тощо.

Похибки ( $\Delta_{\text{м}}$ ) властиві кожному методу вимірювання і залежать від конструктивних особливостей пристрою, кваліфікації контролерів і т. ін., ці похибки є випадковими незалежними величинами.

Похибка настроювання вимірювальних засобів виникає в результаті неточного його виконання, значення похибок встановлюють у процесі атестації пристроїв.

### Визначення сумарної похибки

Точність показань контрольно-вимірювальних пристроїв визначається сумарною похибкою, складовими якої є систематичні та випадкові похибки. Незалежні випадкові похибки підпорядковуються закону нормального розподілення і тому підсумовуються за правилами теорії ймовірності для незалежних випадкових величин.

Складові сумарної похибки можуть бути знайдені розрахунком за довідковими даними або експериментальним шляхом. Сумарну похибку вимірювання на контрольно-вимірювальному пристрої визначають за формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{\text{ге}} + \Delta_{\text{м}} + \Delta_{\text{ум}} + \sqrt{\Delta_{\text{б}}^2 + \Delta_{\text{ус}}^2 + \Delta_{\text{з}}^2 + \Delta_{\text{в}}^2 + \Delta_{\text{умв}}^2 + \Delta_{\text{м}}^2}.$$

Сумарна похибка може становити 8–30% допуску параметра, який контролюється. Її величина залежить від призначення виробу і може бути рівною, (%): для відповідальних виробів (авіаційна техніка) – 8, для менш важливих – 12, 5 і 20, для решти 25–30.

### Показники точності налагодження контрольно-вимірювальних пристроїв

Найважливішим результатом проведеного налагодження є забезпечення стабільності показань контрольно-вимірювальних пристроїв.

*Стабільність показань* – це систематична повторюваність або близький збіг характеристик вимірювань, одержаних на пристрої під час багаторазових повторних вимірювань (підряд або в різний



час) однієї і тієї ж величини. Стабільність показань контрольно-вимірювальних пристроїв визначає висока якість виконаного налагодження. Чим досконаліша конструкція пристрою і якісніше виконано налагодження, тим ближча емпірична крива розсіювання випадкових похибок до теоретичної кривої, з якою вона зіставляється. За таких умов розсіювання показань контрольно-вимірювальних пристроїв залежить від випадкових причин.

Головними показниками точності налагодження контрольно-вимірювальних пристроїв є стабільність:

$W$  – поля розсіювання (розмаху вибірки);

$\bar{X}$  – вибіркового середньоквадратичного значення випадкової величини при повторних налагоджувальних вимірюваннях;

$S$  – середнього квадратичного відхилення.

Вказані параметри визначаються відповідно показниками:

$$K_W, K_{\bar{X}}, K_S.$$

Стабільність поля розсіювання (розмаху вибірки) характеризується різницею між найбільшим і найменшим значеннями випадкової величини в одній вибірці, яка утворюється при вимірюваннях одного й того ж розміру установчої міри або вибраної деталі на даному контрольно-вимірювальному пристрої

$$W = X_{\max} - X_{\min}.$$

Стабільність  $W$  виявляється при повторних налагоджувальних вимірюваннях у процесі налагодження контрольно-вимірювального пристрою шляхом вимірювання однієї і тієї ж величини установчої міри або спеціально підібраної деталі. При цьому важливо одержати постійність значень  $X_{\max}$ ,  $X_{\min}$ , оскільки вони можуть мати значні відхилення при виконанні повторних вимірювань, навіть при стабільних значеннях  $W$ .

Головні причини нестабільності розмірів  $W$  і значних змін  $X_{\max}$ ,  $X_{\min}$  – відсутність плавності в роботі затискних механізмів, важільних і прямих передач, конструктивні недоліки пристроїв.

При задовільному налагодженні показник

$$K_W = \frac{W_1}{W_2} = \frac{W_1}{W_3} = 1,25 \div 1,5.$$

Нестабільність  $X_{\max}$  і  $X_{\min}$  не повинна бути більше двох розрядів. Якщо використовувати мікроіндикатори з ціною поділки 0,001

або 0,002 мм, то нестабільність  $X_{\max}$  і  $X_{\min}$  не повинна перевищувати відповідно 0,002 або 0,004 мм.

Стабільність вибіркового середньоквадратичного значення  $\bar{X}$  випадкових похибок визначають при повторних налагоджувальних вимірюваннях. Причиною одержання нестабільності вибіркової середньої  $\bar{X}$  може бути незадовільна робота установчих і установчо-затискних елементів, незадовільне регулювання пружин тощо. Коливання вибіркової середньої  $\bar{X}$  при повторних вибірках рідко виходять за межі, які визначаються нерівністю:

$$\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \approx \bar{X}_1 - \bar{X}_3 \leq \frac{\pm 3S}{\sqrt{N}},$$

де  $N$  – кількість повторних вимірювань у вибірках.

Нестабільність  $\bar{X}$  при виконанні повторних вимірювань має знаходитись в межах

$$K_{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1}{\bar{X}_2} = \frac{\bar{X}_1}{\bar{X}_3} = 1,0 \pm 1,5.$$

Різновидом систематичної похибки, яка виникає в контрольно-вимірювальних пристроях, є незбігання вибіркової середньої  $\bar{X}$  з величиною  $X_{\text{сер}}$  первинного встановлення стрілки індикатора. Після налагодження пристрою необхідно, щоб зміщення  $\varepsilon = \bar{X} - X_{\text{сер}}$  прагнуло до нуля або ж мало мінімальну величину, тому що інакше відхилення  $\bar{X}$  відносно  $X_{\text{сер}}$  викликає зміщення показань пристрою до границь поля допуску. Похибку  $\varepsilon$  необхідно або враховувати у показах пристрою, або усувати. Якщо  $\varepsilon$  усунути не можна, то оцінку похибки показань контрольно-вимірювального пристрою виконують за формулою

$$\Delta = \pm 3S + \varepsilon.$$

Причинами незбігання  $\bar{X}$  і  $X_{\text{сер}}$  є недостатня жорсткість окремих складальних одиниць контрольно-вимірювального пристрою, похибки геометричної форми робочих поверхонь установчої міри і установчих елементів і т. д.

Для характеристики конструкції і точності налагодження за ознакою, що розглядається, користуються коефіцієнтом зміщення  $E$ , який характеризує зміщення  $\varepsilon$  залежно від допуску  $T$  на розмір деталі, що контролюється

$$E = (X - X_{\text{сер}}) / T = \varepsilon / T.$$

Використовуючи показник  $E$ , оцінюють конструкцію і точність проведеного налагодження контрольно-вимірювальних пристроїв:

- однакових;
- різних за конструкцією, але призначених для контролю одних і тих самих параметрів однакових деталей (типових).

При налагодженні контрольно-вимірювальних пристроїв можна прийняти:

- $E = 0,1 - 0,3$  при контролі розмірів з допусками за 5 – 6 квалітетами;
- $E = 0,02 - 0,05$  при контролі розмірів з допусками за 8 – 11 квалітетами.

*Вибіркове середнє квадратичне відхилення  $S$*  характеризує розсіяння випадкових похибок відносно вибіркової середньої  $\bar{X}$  і є основним критерієм для оцінки точності контрольно-вимірювальних пристроїв. При повторних налагоджувальних вибірках, якщо налагоджування було задовільним, нестабільність цієї величини визначається нерівністю

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{S_1}{S_3} \leq \pm \frac{3S}{\sqrt{2N_3}},$$

де  $N_3$  – обсяг останньої вибірки.

При кількості повторних вимірювань  $N = 60 - 100$ , виконуваних для утворення налагоджувальних та базових вибірок, максимальне значення відношення  $\pm 3S / \sqrt{2N}$ , як правило, не перевищує 25–30% від  $S$ , а показник

$$K_s = \frac{S_1}{S_2} = \frac{S_1}{S_3} = 1,25 \div 1,3.$$

Причини збільшення  $K_s$  – незадовільна точність геометричної форми робочих поверхонь установчої міри або установчого елемента, а також регулювання пружин, затискних пристосувань, передач тощо.

Налагодження контрольно-вимірювального пристрою закінчується одержанням фактичних показників точності та стійкості показань.

## Показники атестації контрольно-вимірювальних пристроїв

Атестація контрольно-вимірювальних пристроїв є завершальним етапом, після чого пристрої надходять до виробництва для експлуатації.

Точність показань пристроїв визначають:

- за показниками  $K_w$ ,  $K_{\bar{x}}$ ,  $E$  і  $K_S$ ;
- за статичними характеристиками  $\bar{X}$ ,  $S$  і  $\Delta$  базової вибірки;
- за ступенем збігання емпіричної кривої з теоретичною кривою нормального розподілення за критерієм згоди Пірсона.

У процесі атестації необхідно встановити:

- систематичні похибки, які мають бути вилучені або враховані у показаннях пристроїв;
- періодичність перевірки первинного настроювання вимірювальних засобів;
- обсяг  $n$  малої вибірки.

Проведення атестації в цьому випадку дозволяє визначити точність і стійкість показань контрольно-вимірювальних пристроїв за весь період експлуатації.

## Запитання для самоконтролю

1. Причини появи похибок обробки, групи похибок.
2. Динамічні похибки: чинники, які їх породжують, і способи зменшення.
3. Статичні похибки: групи похибок, визначення, чинники, які їх породжують.
4. Похибки складових частин технологічної системи: визначення та формули для розрахунку.
5. Похибки зміщення: визначення та формули для розрахунку.
6. Як підсумовуються похибки? Обґрунтувати формули для визначення сумарної статичної похибки в загальному вигляді.
7. Загальні положення методики розрахунків при проектуванні пристроїв.
8. Особливості розрахунку токарних пристроїв. Які можливі окремі випадки?
9. Особливості розрахунку фрезерних пристроїв. Які можливі

окремі випадки?

10. Особливості розрахунку пристроїв для зубообробки.
11. Особливості розрахунку кондукторів.
12. З яких складових утворюється похибка кондуктора?
13. Як розраховується похибка, пов'язана з перекосом інструменту?
14. Як розраховується похибка, спричинена неперпендикулярністю втулки?
15. Перелічіть складові сумарної похибки вимірювання при використанні контрольно-вимірювальних пристроїв.
16. Схарактеризуйте складові похибок при використанні контрольно-вимірювальних пристроїв.
17. Наведіть формулу сумарної похибки при вимірюванні в контрольному пристрої.
18. Схарактеризуйте показники атестації контрольно-вимірювальних пристроїв.

# ТЕМА 14

## Методики проектування спеціальних пристроїв та їх техніко-економічне обґрунтування

### 14.1. Методика проектування верстатних пристроїв

#### Загальні положення

I. Розробка маршрутно-операційного або операційного технологічного процесу виготовлення деталі завершується розробкою технічного завдання (ТЗ) на проектування верстатного або контрольного пристрою.

II. Технічне завдання на проектування спеціальних засобів технологічного оснащення розроблює технолог після ретельного вивчення типових конструкцій аналогічного призначення з науково-технічної, патентної літератури, паспортів, стандартів на засоби в технологічного оснащення, а також наявних на підприємстві пристроїв.

III. Для розробки ТЗ і правильного вирішення всіх питань проектування необхідні такі початкові дані:

– креслення заготовки і готової деталі з технічними вимогами;

– ескізи на попередню та виконувану операції;

– карти технологічного процесу обробки деталі;

– обсяг випуску деталей;

– стандарти і нормалі на деталі та вузли верстатних пристроїв, альбоми нормалізованих конструкцій пристроїв, паспорти або дані про розміри посадочних місць верстатів.

Роботу, що пов'язана з розробкою спеціального пристрою можна поділити на три великі етапи, на кожному з яких послідовно вирішуються ряд завдань.

1. *Розробка технічного завдання на проектування пристрою:*

• сформулювати службове призначення пристрою;

• визначити всі необхідні відомості про заготовку;

• розробити тактико-технічні та техніко-організаційні вимоги до роботи пристрою.

## 2. Проектування пристроїв:

- проаналізувати вихідні дані та внести до них відповідні зміни, узгоджені з замовником пристрою;
- розробити принципову схему, вибрати установчі та інші елементи пристрою, розробити його загальне компонування, визначити тип налагоджувальних елементів;
- скласти розрахункову схему пристрою, розрахувати потрібне зусилля затиску заготовки, розрахувати передавальний механізм та силовий привід;
- виконати точносні розрахунки пристрою;
- виконати розрахунки на міцність (жорсткість) окремих вузлів пристрою;
- сформулювати технічні вимоги до пристрою.

## 3. Конструювання пристрою:

- розробити загальний вигляд пристрою та виконати його креслення;
- описати конструкцію пристрою, принцип його роботи, скласти технічний паспорт до нього.

# Методика виконання завдань при розробці верстатного пристрою

## I. Розробка технічного завдання

### 1.1. Формулювання службового призначення пристрою

Зміст службового призначення пристрою має бути приблизно таким:

- найменування пристрою та його загальне призначення;
- вид і кількість заготовок, що в цьому пристрої одночасно обробляються;
- схема встановлення і закріплення заготовки (заготовок);
- параметри заготовки, що забезпечуються в цьому пристрої.

**Приклад формулювання службового призначення пристрою для обробки заготовки, що зображена на рисунку 14.1.**

Спеціальний токарний одномісний пристрій для розточування отвору  $\Phi 30 \pm 0,1$  і підрізання торцю в заготовці (рисунок 14.1).

Заготовка встановлюється на площину (торець Г) і два коротких циліндричних пальця (діаметрами 48 і 8 мм), один з яких (діаметром 8 мм) зрізаний.

Схема базування і затиску заготовки, а також розміщення установчих елементів показано на рисунку 14.1.

При розточуванні отвору в бобишці необхідно забезпечити такі параметри: діаметр отвору –  $30 \pm 0,1$  мм; розмір –  $40 \pm 0,1$  мм – відстань осі оброблюваного отвору від бази.

При цьому: допуск перехрещення осей бобишки і центрального отвору ( $\varnothing 48$  мм) не повинен перевищувати 0,2 мм, горсткість обробки  $R_z = 20$  мкм; відхилення перпендикулярності осі центрального отвору відносно торця Г не повинно перевищувати 0,1 мм на довжині 100 мм.

При підрізанні торця бобишки необхідно забезпечити параметр  $36 \pm 0,15$  мм – відстань від торця бобишки до осі центрального отвору.

## 1.2. Відомості про заготовку

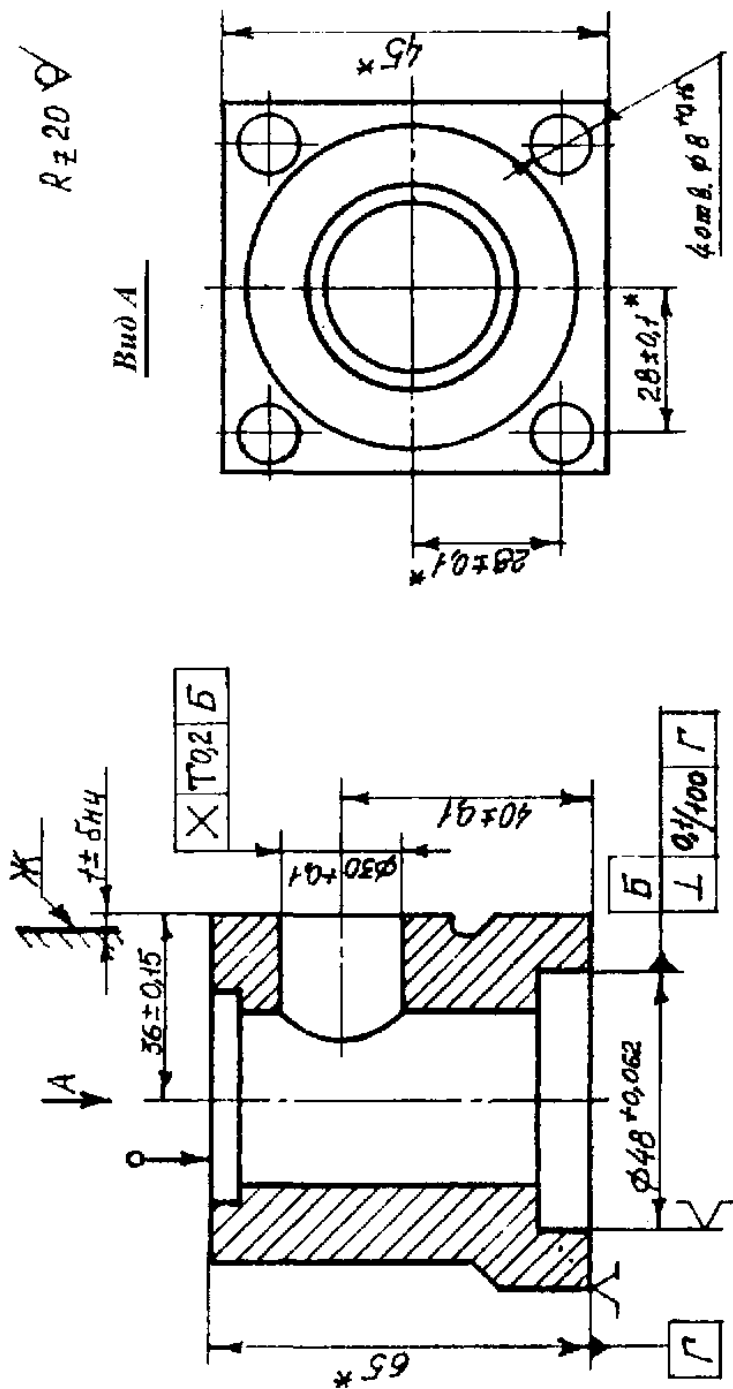
Для проєктування пристрою необхідні такі відомості про заготовку: матеріал, метод одержання, форма, габарити, стан поверхонь, твердість, стан, у якому вона надходить на дану операцію.

Для прикладу (рисунок 14.2) маємо: матеріал заготовки – АЛ9, виливок, корпусна деталь, габарити  $45 \times 45 \times 65$  мм, базові поверхні оброблені з шорсткістю  $R_z = 20$  мкм, НВ 60, центральний отвір і торець Г оброблені на попередній операції.

## 1.3. Тактико-технічні та техніко-організаційні вимоги до роботи пристрою

На цьому етапі треба визначити такі відомості: тип виробництва; верстат, на якому виконується операція; спосіб встановлення пристрою на верстаті та спосіб налагодження його на витримуваний розмір; бажаний тип затискного механізму; рівень уніфікації та стандартизації деталей пристрою; необхідна продуктивність операції і приблизна норма часу на встановлення і зняття заготовки; вимоги безпечної роботи пристрою та умови його роботи; інструмент, що застосовується для обробки; режими різання ( $V, S, t, P_z, P_x, P_y$ ).





Матеріал заготовки - АЛ-9

Рисунок 14.1. Операційний ескіз до методики проектування пристроїв (\* - розміри для довідок)

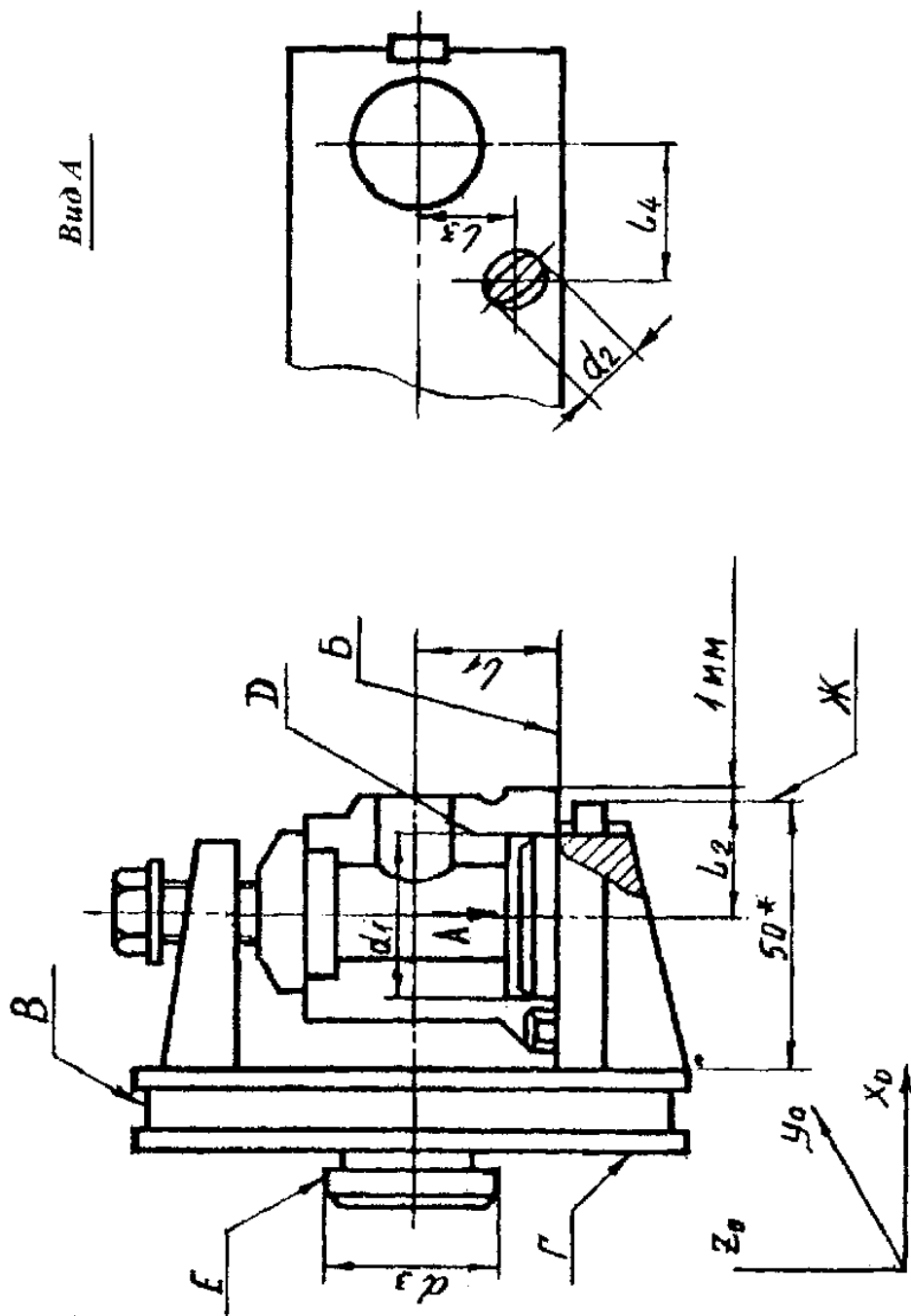


Рисунок 14.2. Ескіз пристрою до методики проектування

При вирішенні питань пп. 1.1–1.3 слід додатково керуватись рекомендаціями літературних джерел [5, 284 – 288].

Для розглядуваного прикладу маємо.

1) Тип виробництва – малосерійний.

Річний обсяг випуску деталей за незмінними кресленнями – 10000 шт.

2) Операція виконується на верстаті 1А6І6.

3) Пристрій встановлюють на планшайбі і центрують поверхнею Е (дивися рисунок 14.2).

4) Спосіб налагодження пристрою:

а) Пристрій перед роботою вивірити за налагоджуваною поверхнею В; биття за індикатором – щонайбільше 0,03 мм.

б) При підрізання торця різець налагоджувати по щупу від контрольної площадки Ж пристрою.

5) Бажаний тип затискного механізму – гвинтовий ручний. Рівень уніфікації і стандартизації деталей пристрою – 70%.

Потрібна змінна продуктивність операції – 40 деталей; норма часу на встановлення і знімання заготовки – приблизно 0,2 хв.

6) Вимоги безпечної роботи. Пристрій потрібно закрити кожухом.

Умови роботи пристрою нормальні.

7) Інструмент для обробки – стандартні різці: розточувальний і підрізний.

Режими і сили різання:  $v = 60$  м/хв;  $S = 0,1$  мм/об;  $t = 0,8$  мм;  $P_z = P_y = 2000$  Н;  $P_x = 1000$  Н.

## II. Проектування пристроїв

### 2.1. Аналіз вихідних даних

При аналізі вихідних даних слід одержати відомості про:

– форму, розміри і допуски на заготовку, припуски, горсткість поверхонь, матеріал заготовки, місце роз'єму штампа (опок) (ці відомості можна взяти з креслення заготовки);

– схему базування, встановлення і закріплення заготовки, поверхні якої обробляються і не обробляються, їх стан, необхідну

точність і шорсткість (ці відомості можна взяти з креслення деталі та технічного завдання);

– послідовність і зміст операцій обробки, режими обробки, верстат, інструмент (ці відомості можна взяти з технологічного процесу і технічного завдання);

– обсяг випуску деталей за незмінними кресленнями.

При аналізі вихідних даних треба впевнитись, що технологічних даних для проектування пристрою досить і що закладена схема пристрою встановлення і закріплення заготовки, а також схема налагодження пристрою не ускладнюють його будову і конструктивно можуть бути забезпечені. У протилежному випадку треба сформулювати пропозиції щодо неробки технологічного завдання та узгодити ці пропозиції з замовником пристрою.

## **2.2. Розробка принципової схеми та ескізного компонування пристрою, уточнення умов налагодження**

Принципова схема пристрою включає:

- схему розташування установчих елементів;
- схему прикладання сил затиску заготовки;
- кінематику передачі зусилля від приводу до затискних елементів.

Конструкція установчих елементів пристрою зумовлюється конструкцією установчих поверхонь заготовки, а схема їх розташування – схемою встановлення заготовки.

Визначивши принципову схему пристрою і установчі елементи, вибирають інші елементи пристрою, до яких належать: корпус, елементи для встановлення пристрою на верстаті, напрямні елементи для різальних інструментів, затискні елементи, ділильні механізми та ін.

Після визначення елементів приступають до їх ескізного компонування, яке здійснюється в такій послідовності:

1) виконують креслення оброблюваної деталі в одній проекції, такій, де конструкція пристрою виявляється найбільш повно. Деталь креслять тонкими лініями на тій стадії обробки, коли вона

надходить на дану операцію. Штриховою лінією вказують ті поверхні, які мають одержуватись в результаті їх обробки;

2) вибрані установчі елементи за схемою їх розташування наносять на компонування так, щоб базові поверхні деталі з ними контактували;

3) креслять елементи пристрою для напрямлення різального інструмента (це, як правило, кондукторні втулки та установи для фрез). Кондукторні втулки та установи креслять на потрібній відстані від деталі і відразу ж визначають необхідну товщину кондукторної плити в місці встановлення втулок та метод закріплення установів на корпусі пристрою;

4) креслять затискні механізми і приводи;

5) конструктивно оформлюють корпус пристрою з урахуванням зручного розташування елементів;

6) креслять елементи для встановлення пристрою на верстаті.

Ескізне компонування пристрою, як правило, виконують на міліметровому папері від руки. На компонуванні визначають конструктивні розміри пристрою, які потім використовують при розробці розрахункової схеми пристрою.

Для підвищення точності обробки деталей, а також для спрощення конструкції пристрою технолог при розробці технологічної операції, як правило, передбачає налагодження (вивірнення) пристрою після його встановлення на верстат. Конструктор повинен уточнити ці умови стосовно до вибраного компонування пристрою і визначити конкретно конструкцію налагоджувальних елементів, їх положення на корпусі пристрою. Умова налагодження як примітка записується в операційній карті.

При виконанні цього етапу слід керуватись рекомендаціями літературних джерел [5, 290–292;7].

Приклад компонування пристрою показана на рисунку 14.2. Установчі елементи (короткі циліндричні пальці) розташовано на плоскій поверхні косинця і закріплені в ньому пресуванням, косинець розташований і закріплений перпендикулярно до торцевої площини корпусу. Корпус становить собою диск, до якого з протилежного боку косинця закріплено консольно кронштейн, який використовується для розміщення гвинтового затискача. Напрямний елемент для різця розміщений в консольній частині косинця (площадка Ж). Для налагодження пристрою передбачено вивірний поясок В. Для попередньої орієнтації пристрою на плашшайбі в напрямі  $y_0 z_0$  передбачено циліндричний елемент Е.

## Уточнення умов налагодження

Похибка вивірки пристрою істотно впливає на похибку базування. З цієї точки зору її потрібно якомога більшою мірою зменшувати. Але, з іншого боку, вона має забезпечувати налагодження робітником середньої кваліфікації за обраний час. Під час вивірки за допомогою індикатора похибку рекомендується брати в межах 0,02...0,05 мм.

Відхилення  $\delta_{ні}$  (дивися рисунок 14.1) визначає похибка налагодження різця. При встановленні різця по щупу це відхилення можна брати таким, що дорівнює 0,02 мм. Значення  $\delta_{ні}$  вказують безпосередньо на операційному ескізі.

Умови налагодження як примітку записують в операційній карті. У даному прикладі цей запис буде таким:

1. Пристрій перед роботою вивірити за налагоджувальною поверхнею *B*. Биття за індикатором – щонайбільше 0,03 мм.
2. При підрізанні торця різець налагоджувати по щупу від контрольної площадки *Ж* пристрою.

## 2.3. Розробка розрахункової схеми та силовий розрахунок пристрою

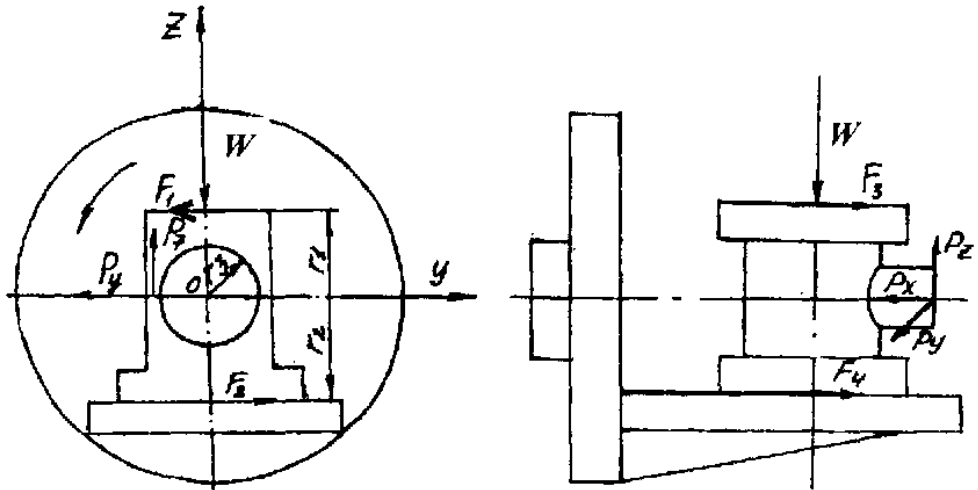
Розрахункова схема будується на основі розробленого ескізного компонування пристрою, на якому позначаються діючі на заготовку сили й моменти, точки їх прикладання з указанням відстаней. Як правило, на розрахунковій схемі відображаються сили тертя. Бажано на розрахунковій схемі спрощено позначити установчі і притискні елементи з указанням їх основних розмірів та розмірів між ними.

Потрібні затискні зусилля визначаються з умов рівноваги діючих на пристрій сил і моментів, тобто сили і моменти різання, що виникають при обробці деталі, мають врівноважуватись силами і моментами, що створюються затискними елементами пристрою.

Залежно від визначеної потрібної сили затиску заготовки, кінематичної схеми передавального механізму і типу цього механізму розраховують його основні розміри і силу, яку має розвивати привід, а залежно від потрібної на приводі сили і його типу розраховують конструктивні розміри силового приводу.

Докладно силові розрахунки пристроїв дивися тему 3, а також слід користуватись рекомендаціями літературних джерел [5, 94 – 251].

**Приклад силового розрахунку пристрою (рисунок 14.2).**



**Рисунок 14.3. Схема дії сил на заготовку в процесі обробки**

На заготовку діє момент різання:

$$M_p = P_z r_3.$$

Його зрівноважує момент тертя від сил  $F_1$  і  $F_2$  (які визначаються реакціями, спричиненими силою затиску  $W$ ):

$$M_{\text{тер}} = F_1 r_1 + F_2 r_2,$$

де  $F_1 = Wf$ ;  $F_2 = Wf_2$ .

Узявши  $f_1 = f_2 = f$ , дістанемо  $F_1 = F_2 = Wf$ . Тоді

$$M_{\text{тер}} = Wf r_1 + Wf r_2 = Wf (r_1 + r_2);$$

$$M_p = P_z r_3 = Wf (r_1 + r_2).$$

Звідси сила затиску

$$W = K \frac{P_z r_3}{f (r_1 + r_2)},$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу, беремо  $K = 2$  [8];  $P_z = 2000$  Н (з технічного завдання);  $r_3 = 15$  мм (рисунок 14.3);  $f = 0,2$  [8];  $r_1 = 25$  мм (рисунок 14.3);  $r_2 = 40$  мм (рисунок 14.3).

Підставивши в останню формулу числові значення, дістанемо:

$$W = 2 \frac{2000 \cdot 15}{0,2 \cdot 65} = \frac{60000}{13} \approx 4600 \text{ Н.}$$

Крім моменту різання на заготовку діє сила  $P_x$ , яка намагається змістити її вздовж осі  $X$ . Утримують заготовку в цьому напрямі сили тертя  $F_3$  і  $F_4$ :

$$F_3 = F_4 = f W.$$

Умова відсутності зміщення має вигляд:

$$2f W > P_x,$$

звідки:

$$W > K \frac{P_x}{2f},$$

де  $W$  – сила затиску;  $K = 2$  [8];  $P_x = 1000$  Н (з технічного завдання);  $f = 0,2$  [8].

Підставивши в останній вираз числові значення, дістанемо:

$$W = 2 \frac{1000}{2 \cdot 0,2} = 5000 \text{ Н.}$$

За найбільшим значенням сили  $W$ , яка визначається з умов дії моментів  $M_p$  і сил  $P_x$ , розраховують гвинтовий затискач.

У даному прикладі найбільша сила затиску дорівнює 5000 Н. Номінальний діаметр гвинта знаходимо за формулою (3.48):

$$d = c \sqrt{\frac{W}{\sigma}},$$

де  $C = 1,4$  – коефіцієнт для основної метричної нарізки;  $W = 5000$  Н;  $\sigma$  – напруження розтягу (для гвинтів зі сталі 45 з урахуванням спрацювання нарізки  $\sigma = 80 \dots 100$  МПа).

Узявши  $\sigma = 80$  МПа, дістанемо:

$$d = 1,4 \sqrt{\frac{5000}{80}} = 11,2 \text{ мм.}$$



Беремо  $d = 12$  мм, а також гвинт із башмаком, який запобігатиме псуванню поверхні заготовки.

Для цього гвинта момент затягування знаходимо за спрощеною формулою:

$$M = 0,1W(d + r),$$

де  $W = 5000$  Н;  $d$  – діаметр гвинта;  $r$  – радіус кінця натискного гвинта,  $r = 0,6$  см.

Підставивши в останню формулу числові значення, дістанемо:

$$M = 0,1 \cdot 5000(1,2 + 0,6) = 500 \cdot 1,8 = 900 \text{ Н} \cdot \text{см}.$$

Згідно з моментом затягування знаходимо форму головки гвинта (дивися таблицю 3.1) – це звичайний маховичок діаметром 80 мм.

## 2.4. Точнісні розрахунки пристрою

Цей етап виконується у послідовності, що викладено в пп. 13.3; 13.4.

Приклад точнісного розрахунку пристрою (рисунок 14. 2).

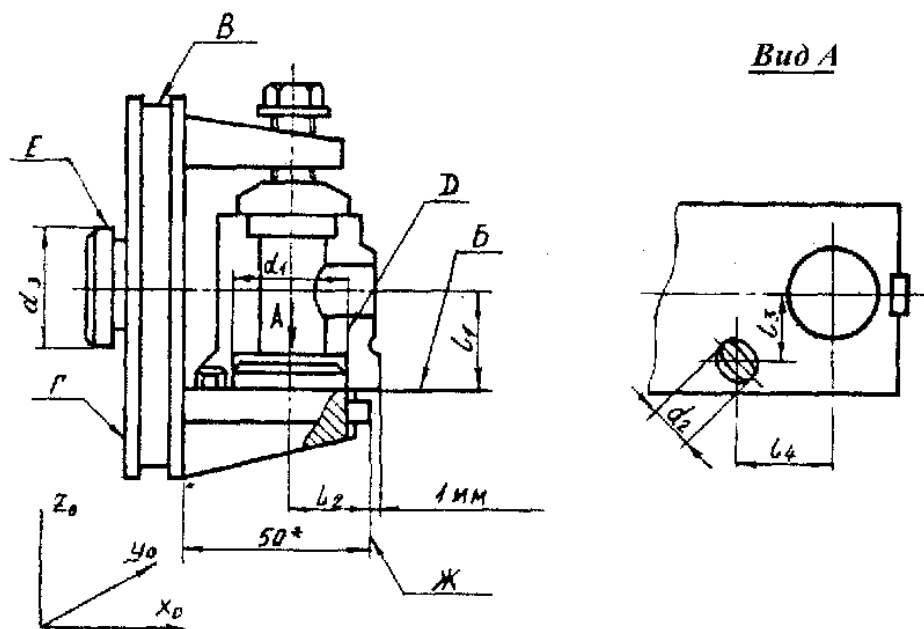


Рисунок 14.4 – Ескіз пристрою до методики проектування

### Визначення основних розмірів, відхилень і допусків положення конструктивних елементів пристрою

Для даного прикладу основними є такі розміри пристрою:

1. Відстань між осями установчих пальців (циліндричним і фіксуєчим), діаметри (із відхиленням) самих пальців і допуск перпендикулярності центруючого пальця відносно площини  $B$ . Перерахувавши координатні, розміри технологічних баз заготовки, дістанемо найкоротшу міжосьову відстань  $L_n = 39,6(\pm 0,14)$  мм. Граничні відхилення цього розміру в пристрої візьмемо зі співвідношення (13.11), тобто

$$L_n = 39,6 \left( \pm \frac{0,14}{3} \right) = 39,6(\pm 0,05) \text{ мм (рисунок 14.5).}$$

Розміри установчих пальців мають забезпечити їх з'єднання з установчими поверхнями заготовки. Точність розмірів вибирають з урахуванням похибки встановлення заготовки та економічності виготовлення пристрою. Для розміру  $d_1$  беремо поле допуску  $g6$ , яке забезпечує перелічені раніше умови. Тоді:

$$d_1 = 48 \begin{matrix} -0,009 \\ -0,025 \end{matrix} \text{ мм.}$$

Розміри ромбічного (фіксуєчого) пальця розрахуємо за відомою методикою [1].

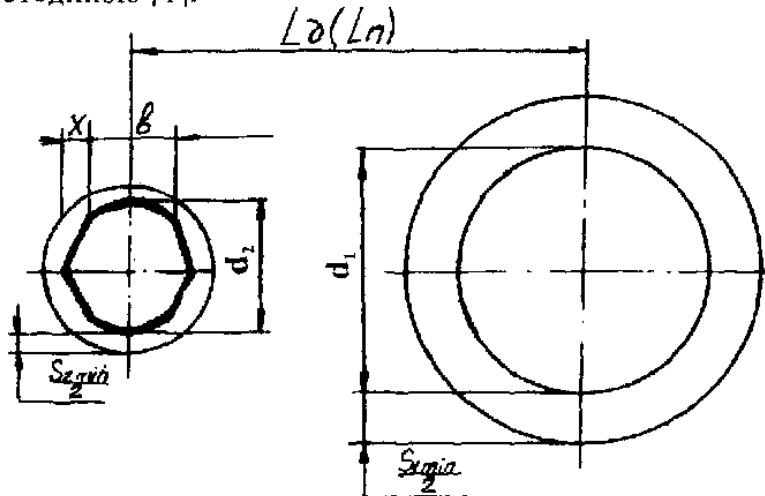


Рисунок 14.5. Ескіз до розрахунку розмірів зрізаного пальця

Гарантований компенсуючий зазор визначимо за формулою [1]:

$$x = T_o + T_n - S_{1\min},$$

де  $T_o$ ,  $T_n$  – допуск на міжосьову відстань відповідно базових отворів та установчих пальців,  $T_o = 0,14$  мм;  $T_n = 0,05$  мм;  $S_{1\min}$  – мінімальний зазор у з'єднанні центруючого пальця та базового отвору.

Підставивши в останню формулу числові значення, дістанемо:

$$x = 0,14 + 0,05 - 0,009 = 0,181 \text{ мм.}$$

Мінімальний зазор у з'єднанні базового отвору (діаметром 8 мм) із ромбічним пальцем згідно з (2.16).

$$S_{2\min} = \frac{2bx}{d_2},$$

де  $b$  – ширина циліндричного пояска згідно з рекомендаціями, наведеними в таблиці 3.1, беремо  $b = 2$  мм;  $x = 0,181$  мм;  $d_2$  – номінальний діаметр ромбічного пальця,  $d_2 = 8$  мм.

Підставивши в останній вираз числові дані, дістанемо:

$$S_{2\min} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 0,181}{8} = 0,09 \text{ мм.}$$

Вибравши стандартне поле допуску, яке забезпечує цей мінімальний зазор, дістанемо розмір ромбічного пальця:

$$d_2 = 8C8 = 8^{-0,080-0,102} \text{ мм.}$$

Для забезпечення нормального встановлення заготовки [без зазору по торцю  $\Gamma$  (дивися рисунок 14.4)] відхилення від перпендикулярності з'єднаних елементів має компенсуватися зазором у цьому з'єднанні (рисунок 14.6). Це можливо, якщо виконуватиметься умова

$$S_{1\min} \geq \Delta C_1 + \Delta C_2,$$

де  $\Delta C_1$ ,  $\Delta C_2$  – відхилення від перпендикулярності осі центруючого пальця відносно площини  $B$  та базового отвору заготовки відносно торця  $\Gamma$ .

Беремо  $S_{1\min} = 0,009$  мм;  $\Delta C_2$  на 100 мм задано на ескізі обробки. У даному прикладі довжина з'єднання дорівнює 5 мм, тобто:

$$\Delta C_2 = \frac{0,1 \cdot 5}{100} = 0,005 \text{ мм,}$$

тоді

$$\Delta C_1 = S_{1\min} - \Delta C_2 = 0,009 - 0,005 = 0,004 \text{ мм.}$$

Якщо перерахувати це значення на 100 мм (для зручності використання), дістанемо  $0,004 \cdot 100 = 0,4$  мм.

Отже, у технічних вимогах на пристрій з'являється перший запис про допуски:

**Допуск перпендикулярності осі поверхні D відносно поверхні Б - 0,4 мм на 100 мм довжини.**

2. Відхилення на основний розмір  $L_1$  беремо зі співвідношення (13.11), тобто  $0,1/3 = 0,03$  мм, отже,

$$L_1 = 40(\pm 0,03) \text{ мм.}$$

3. Відхилення на основний розмір  $L_2$  беремо з урахуванням умов налагодження різального інструменту. При використанні щупа товщиною 1 мм номінальний розмір від осі поверхні D установчого елемента до контрольної площадки Ж елемента для налагодження різця дорівнюватиме 35 мм. Відхилення на цей розмір беремо зі співвідношення (13.11), тобто  $0,15/3 = 0,05$  мм, отже,

$$L_2 = 35(\pm 0,05) \text{ мм.}$$

4. Точність взаємного положення основних конструктивних елементів пристрою визначається також допуском перехрещення осей поверхні D установчого пальця і вивірного пояса В. З урахуванням умов виготовлення пристрою цей допуск можна взяти зі співвідношення (13.11), тобто  $0,2/4 = 0,05$  мм.

Отже, у технічних вимогах на пристрій з'являється другий запис про допуски:

**Допуск перехрещення осей поверхонь В і D дорівнює 0,05 мм.**

5. Допуск перпендикулярності поверхні Б відносно поверхні Г має бути обмежений відхиленням розміру  $L_3$ , тобто 0,03 мм. Перерахувавши це відхилення на 100 мм, дістанемо:

$$\frac{0,03 \cdot 100}{50} = 0,06 \text{ мм.}$$

Отже, у технічних вимогах на пристрій з'являється третій запис про допуски:

**Допуск перпендикулярності поверхні Б відносно поверхні Г 0,06 мм на 100 мм довжини.**

### **Визначення похідних розмірів, відхилень і допусків положення конструктивних елементів пристрою**

Усі розміри і допуски положення, крім основних, є, по суті, похідними від них.

У даному прикладі розмір  $d_3$  беремо з урахуванням зазору в з'єднанні з отвором планшайби. У свою чергу, цей зазор має забезпечити вивірку пристрою. З урахуванням відхилення від співвісності поверхонь  $E$  і  $B$  найменший зазор

$$S_{\min} \geq \Delta_{u,r}^{\phi} + T_{EB},$$

де  $\Delta_{u,r}^{\phi}$  – похибка вивірки пристрою в діаметральному напрямі, тобто найбільше радіальне биття пояски  $B$  відносно осі обертання;  $T_{EB}$  – допуск радіального биття поверхні  $E$  відносно осі поверхні  $B$ .

Ураховуючи умови виготовлення пристрою, беремо  $T_{EB} = 0,06$  мм. Тоді з урахуванням похибки вивірки 0,03 мм зазор має бути щонайменше 0,09 мм, що забезпечується вибором відповідного поля допуску розміру  $d_3$ . Припустимо, що отвір планшайби має значення  $\varnothing 60H9$ . Тоді потрібний зазор можна забезпечити, узявши

$$d_3 = 60d9 = 60^{-0,100}_{-0,174} \text{ мм.}$$

Отже, у технічних вимогах на пристрій з'являється четвертий запис про допуски:

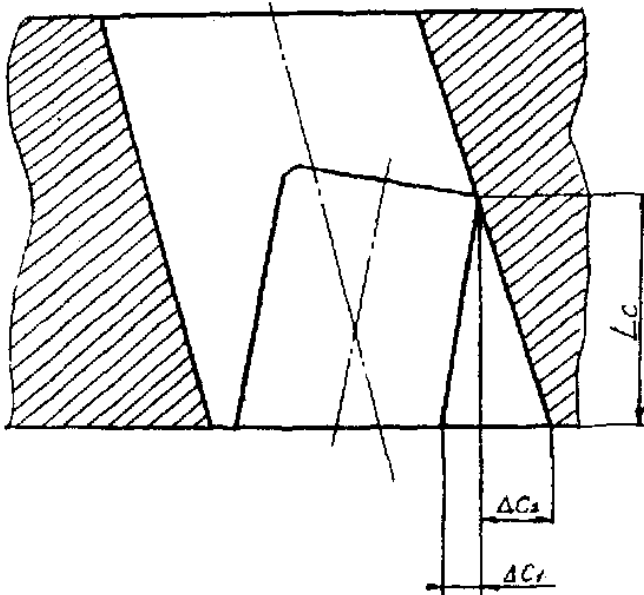
**Допуск радіального биття поверхні  $E$  відносно осі поверхні  $B$  – 0,05 мм**

Для забезпечення нормального встановлення пристрою на планшайбі (без зазору по торцю) відхилення від перпендикулярності з'єднаних елементів мають компенсуватися зазором у цьому з'єднанні (дивися рисунок 14.6). Це можливо, якщо виконуватиметься умова

$$S_{\min} \geq \Delta C_1 + \Delta C_2,$$

де  $\Delta C_1$ ,  $\Delta C_2$  – відхилення від перпендикулярності відповідно осі поверхні  $E$  відносно поверхні  $\Gamma$  та осі отвору планшайби відносно базового торця.

У з'єднанні пристрою з планшайбою сума відхилень від перпендикулярності не повинна перевищувати 0,09 мм (дивися раніше – зазор у цьому з'єднанні дорівнює 0,09 мм) на довжині з'єднання (дивися рисунок 14.6).



**Рисунок 14.6.** Схема для забезпечення нормального встановлення заготовки в пристрій і пристрою на планшайбі

Припустимо, що довжина з'єднання становить 10 мм і найбільше відхилення від перпендикулярності осі отвору планшайби відносно торця не перевищує 0,4 мм на 100 мм довжини, тобто на довжині з'єднання (10 мм) це відхилення дорівнюватиме 0,04 мм. Тоді на довжині з'єднання:

$$\Delta C_1 = S_{\min} - \Delta C_2 = 0,09 - 0,04 = 0,05 \text{ мм,}$$

а на 100 мм довжини це відхилення дорівнюватиме 0,5 мм.

Отже, у технічних вимогах пристрою з'являється п'ятий запис про допуски:

**Допуск перпендикулярності осі поверхні E відносно поверхні Г – 0,5 мм на 100 мм довжини**

## Розрахунок очікуваної похибки обробки і виявлення можливості автоматичного одержання технологічних розмірів і допусків положення поверхонь

### Розрахунок очікуваного відхилення розміру 40.

Для зменшення похибок пристрій при встановленні вивіряють за спеціальним налагоджувальним елементом (циліндричним пояском  $B$ ). Для розрахунку очікуваної похибки можна скористатися формулою (13.15) а саме:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{зм}}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_{n(B)}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}, \quad (13.15')$$

де  $T_3$  – допуск на витримуваний при обробці розмір,  $T_3 = 0,1$  мм; допустима статична похибка пристрою

$$[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \Delta_n = 0,1 + 0,6 \cdot 0,06 = 0,064 \text{ мм};$$

$\varepsilon_{\text{зм}}$  – похибка зміщення заготовки,  $\overline{\varepsilon_{\text{зм}}} = \overline{\varepsilon_6} + \overline{\varepsilon_3}$ ;  $\varepsilon_6$  – похибка базування (оскільки технологічна та вимірювальна бази збігаються, то  $\varepsilon_6 = 0$ );  $\varepsilon_3$  – похибка закріплення (оскільки зусилля затиску неістотні, то беремо  $\varepsilon_3 = 0$ ; тоді  $\varepsilon_{\text{зм}} = 0$ );  $\varepsilon_n$  – похибка пристрою, що визначається допуском виготовлення на розмір 40 мм пристрою, тобто  $\varepsilon_{n_1} = 0,03$  мм і допуском перпендикулярності поверхні  $B$  відносно поверхні  $\Gamma$  який дорівнює 0,06 мм на 100 мм довжини

$$\varepsilon_{n_2} = \frac{50 \cdot 0,06}{100} = 0,03 \text{ мм};$$

50 – розмір консолі пристрою (дивися рисунок 14.2);

$$\varepsilon_n = \sqrt{\varepsilon_{n_1}^2 + \varepsilon_{n_2}^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2};$$

$\Delta_{n(B)}$  – похибки положення елемента пристрою для його вивірки на верстаті (з умов налагодження  $\Delta_{n(B)} = 0,03$  мм).

Підставивши знайдені значення в (3.15'), дістанемо:

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{0 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,03^2} = 0,05 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = 0,05 \text{ мм} < [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = 0,064 \text{ мм}.$$

### Розрахунок очікуваної похибки від перехрещення осей оброблюваного отвору та технологічної бази

Оскільки умови налагодження незмінні, розрахунок виконусмо за тією самою формулою (13.15):

$$\Delta_{\Sigma \text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{зм}}^2 + \varepsilon_n^2 + \Delta_{n(B)}^2} \leq [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}}, \quad (13.15'')$$

де  $T_3 = 0,2$  мм згідно з вимогами ескізу обробки; допустима статична похибка пристрою

$$[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \Delta_m = 0,2 - 0,7 \cdot 0,06 = 0,16 \text{ мм};$$

$\varepsilon_{\text{зм}}$  – похибка зміщення заготовки (знайдемо з геометричних побудов). Розглянемо найнесприятливіший випадок, коли заготовка повернеться на  $S_{2\text{max}}$  (на ромбічному пальці) і на  $S_{1\text{max}}$  – на циліндричному пальці (рисунок 14.7).

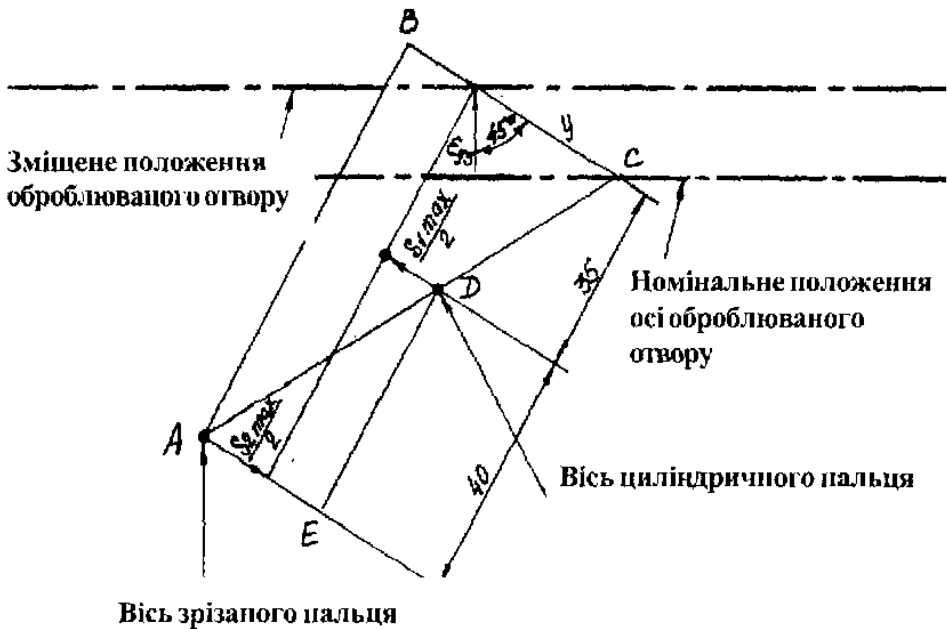


Рисунок 14.7. Ескіз до розрахунку похибки зміщення заготовки

З подібності трикутників  $ABC$  і  $DEA$  маємо:



$$y + \frac{S_{2\max}}{2} = \frac{S_{1\max}}{2} + \frac{S_{2\max}}{2};$$

$$\frac{S_{2\max}}{2} = \frac{0,150 + 0,102}{2} = 0,126 \text{ мм};$$

$$\frac{S_{1\max}}{2} = \frac{0,062 + 0,075}{2} = 0,044 \text{ мм};$$

$$\frac{S_{1\max}}{2} + \frac{S_{2\max}}{2} = 0,170 \text{ мм};$$

$$\frac{y + 0,126}{75} = \frac{0,170}{40}; \quad 40y + 5,04 = 12,750;$$

$$y = 0,192 \text{ мм}; \quad \varepsilon_{3\text{м}} = 0,192 \cdot 0,7 = 0,134 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_n = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2}; \quad \Delta_{n(\text{в})} = 0,03 \text{ мм}.$$

Підставивши знайдені значення в формулу (13.15''), одержимо

$$\Delta_{\Sigma\text{ст}} = \sqrt{0,134^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,3^2} = \sqrt{0,20656} = 0,14$$

$$\Delta_{\Sigma\text{ст}} = 0,14 \text{ мм} < [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = 0,16 \text{ мм}.$$

### **Розрахунок очікуваної похибки технологічного розміру 36(±0,15) мм.**

Оскільки різальний інструмент налагоджують на розмір 36(±0,15) мм за допомогою шупа, то для розрахунку умови забезпечення точності даного розміру можна скористатися формулою (13.21), а саме:

$$\Delta_{\Sigma\text{ст}} = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_{3\text{м}}^2 + \Delta_n^2 + \Delta_{\text{ні}}^2}, \quad (13.21')$$

де  $T_3 = 0,15$  мм згідно з вимогами операційного ескізу;

$$[\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = T_3 - K_2 \Delta_{\text{м}} = 0,15 - 0,7 \cdot 0,08 = 0,09 \text{ мм},$$

$\varepsilon_0 = 0$  оскільки технологічна та вимірювальна бази збігаються);

$$\varepsilon_{\text{тм}} = \frac{S_{1\max}}{2} = \frac{0,087}{2} = 0,044 \text{ мм};$$

$S_{1\max}$  – максимальний зазор у з'єднанні базового отвору заготовки із циліндричним установчим пальцем;

$$S_{1\max} = 48^{+0,062} - 48^{+0,025} = 0,087 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_n = \sqrt{0,03^2 + 0,03^2};$$

$\Delta_{ni}$  – похибка налагодження інструменту за допомогою щупа,

$$\Delta_{ni} = 0,03 \text{ мм [8]}.$$

Підставивши в (13.21') числові значення, дістанемо

$$\Delta_{\Sigma\text{ст}} = \sqrt{0,044^2 + 0,03^2 + 0,03^2 + 0,03^2} = \sqrt{0,004636} = 0,07 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\Sigma\text{ст}} = 0,07 \text{ мм} < [\Delta_{\text{пр}}]_{\text{ст}} = 0,09 \text{ мм}.$$

Умова точності виконується.

## 2.5. Розрахунки на міцність та забезпечення жорсткості пристроїв

На цьому етапі слід розраховувати на міцність тільки важко навантаженні елементи, використовуючи методики і формули дисципліни “Деталі машин”.

При конструюванні пристрою необхідно забезпечити його жорсткість та вібростійкість, що є однією з найважливіших умов отримання заданої точності обробки заготовки. Жорсткість забезпечується насамперед в напрямі дії сил закріплення. Для підвищення жорсткості слід застосовувати конструкції з невеликою кількістю стиків, зменшувати зазори в з'єднаннях та усувати позацентрове прикладання навантаження. Суцільні або зварні конструкції деталей кращі, ніж збірні.

Контактну жорсткість стиків, які працюють на стиск, підвищують за допомогою зменшення шорсткості та хвилястості з'єднуваних поверхонь, застосовуючи шліфування або шабріння. Можливість контактних деформацій у нерухомих стиках знижують сильним попереднім затягуванням кріпильних деталей, які з'єднують їх.

Плоскі стики менш жорсткі на згинання, ніж на крутіння. Рівномірне розташування болтів сприятливе при роботі круглого стику на крутіння. У стиках, які працюють на згинання, рекомендується розташовувати болти нерівномірно, змішуючи їх якомога далі від нейтральної осі. У цьому разі доцільно зменшувати площу поверхні стику з'єднаних деталей у зоні нейтральної осі.

Жорсткість стиків із шабреними та притертими площинами неістотно відрізняється від жорсткості стиків зі шліфованими площинами. Контактна жорсткість загартованих деталей вища, ніж сирих. Досить високу жорсткість мають стики зі струганими площинами при збіжності штрихів обробки. Контактна жорсткість та демпфуючі властивості стиків підвищуються за наявності тонкого клеєвого шару між з'єднаними площинами.

Деталі пристроїв мають бути жорсткими при згинанні та крутінні. Корпус пристрою не повинен деформуватися при закріпленні заготовок і деформувати стіл верстата, на якому він закріплений.

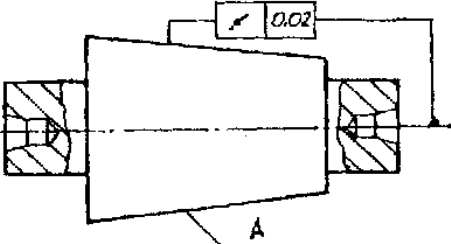
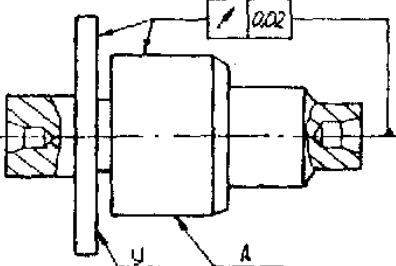
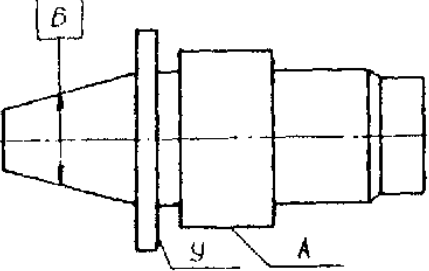
Несталість сили різання та неоднорідність жорсткості верстатних пристроїв та інших елементів пружної технологічної системи спричинюють вібрації, які часто бувають самозбуджуваними (автоколиваннями). При вібрації підвищується шорсткість оброблюваної поверхні, погіршуються умови роботи різального інструменту та підсилюється динамічний характер сили різання. Якщо частота власних коливань пристрою збігається з частотою коливань при різанні, то виникає резонанс, при якому амплітуда коливань сильно зростає. Із підвищенням жорсткості пристроїв збільшується частота і зменшується амплітуда їх власних коливань. Зміщення зони резонансу доцільно впроваджувати в сферу високих швидкостей різання, одночасно підвищуючи жорсткість пристроїв і частоту їх власних коливань. Це крім зазначених раніше заходів забезпечується зменшенням висоти пристроїв та довжини виступаючих консольних елементів, використанням додаткових опор та збільшенням розмірів опорних поверхонь. Для зменшення вібрацій доцільно застосовувати демпфуючі елементи. Розрахунок пристроїв на вібростійкість складний і досі не розроблений.

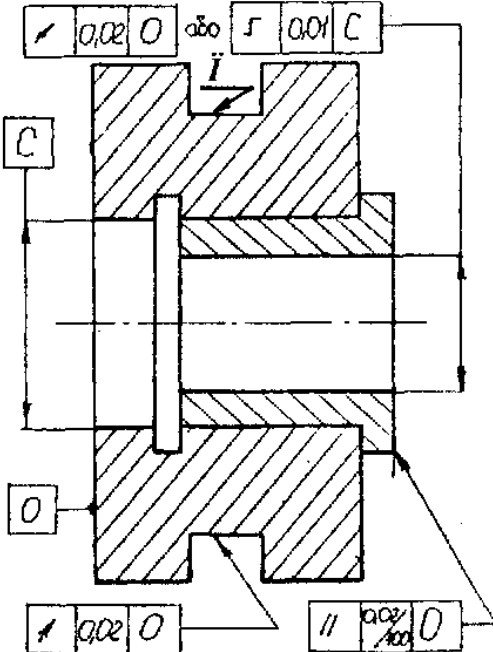
## **2.6. Технічні вимоги до пристроїв**

Технічні вимоги до точності пристрою залежать від точності забезпечуваних в ньому параметрів і призначаються за допомогою типових схем (див. таблицю 14.1). Крім вимог до точності, до пристроїв можуть ставитись інші вимоги.

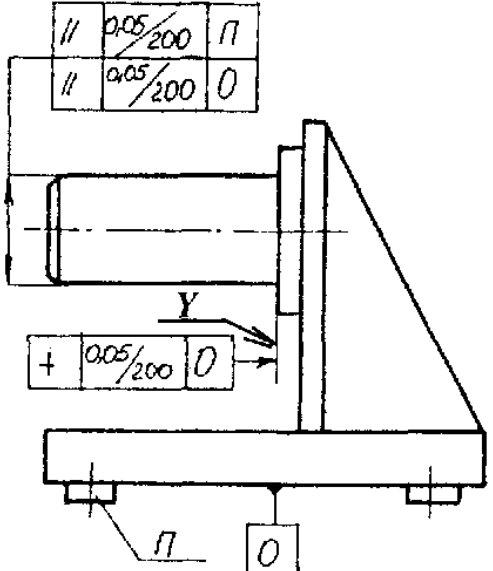
В технічних умовах на складання пристрою вказують необхідну точність складання, вимоги до його регулювання та налагодження, методи перевірки при встановленні на верстат, оздоблювання й маркування, а також вказівки з техніки безпеки за державними стандартами.

**Таблиця 14.1 – приклади типових технічних вимог до пристроїв**

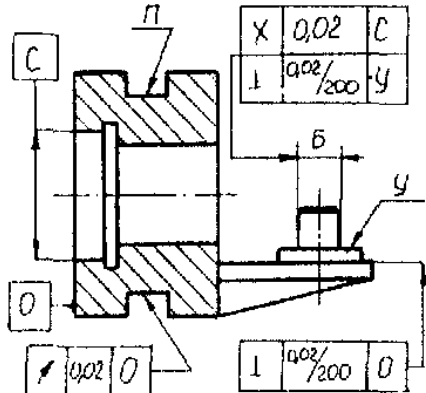
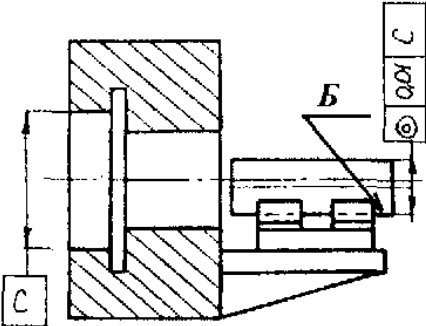
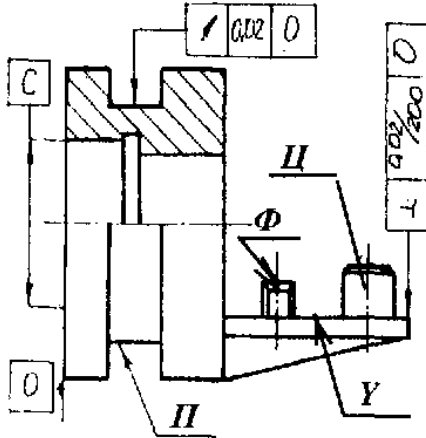
№ п/п	Схема	Технічні вимоги
1	2	3
<b>Пристрої для токарних, кругло- та внутрішньо-шліфувальних верстатів</b>		
1	 <p>The drawing shows a tapered shaft with a diameter tolerance of 0.02 mm. A feature control symbol with a diameter symbol and the value 0.02 is shown above the shaft. The surface is labeled 'A'.</p>	<p>Допуск радіального биття поверхні А відносно осі центрових отворів 0,02 мм.</p>
2	 <p>The drawing shows a shaft with a diameter tolerance of 0.02 mm. A feature control symbol with a diameter symbol and the value 0.02 is shown above the shaft. The surface is labeled 'A'.</p>	<p>Допуск радіального биття поверхні А і торцевого биття поверхні У відносно осі центрів 0,02 мм.</p>
3	 <p>The drawing shows a shaft with a diameter tolerance of 0.02 mm. A feature control symbol with a diameter symbol and the value 0.02 is shown above the shaft. The surface is labeled 'A'.</p>	<p>Допуск радіального биття поверхні А і торцевого биття поверхні У відносно осі Б 0,02 мм.</p>

	2	3
4	 <p>Technical drawing of a mechanical assembly. It shows a cross-section of a component with several surfaces labeled П, У, С, and О. There are three tolerance boxes: one at the top left for surface П (radial runout 0.02 mm), one at the top right for surface У (parallelism 0.01 mm), and one at the bottom left for surface О (radial runout 0.02 mm). A detail view at the bottom right shows a surface with a parallelism tolerance of 0.02 mm.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск радіального биття поверхні П відносно поверхні з упором у торець О – 0,02 мм.</li> <li>2. Допуск співвісності поверхні У відносно поверхні С – 0,01 мм чи допуск радіального биття поверхні П відносно поверхні з упором у торець О – 0,02 мм.</li> <li>3. Допуск паралельності поверхні Б відносно поверхні О – 0,02мм.</li> </ol>

## Пристрої для фрезерних верстатів

5	 <p>Technical drawing of a device. It shows a cylindrical component with a surface labeled У and a base with surfaces labeled П and О. There are two tolerance boxes at the top left: one for surface П (parallelism 0.05 mm over 200 mm) and one for surface О (parallelism 0.05 mm over 200 mm). A third tolerance box at the bottom left is for surface У (form 0.005 mm over 200 mm).</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск паралельності осі поверхні Б відносно площини О – 0,02 мм на довжині 200 мм.</li> <li>2. Допуск паралельності осі Б відносно площини П – 0,05 мм на довжині 200 мм.</li> <li>3. Допуск перпендикулярності поверхні У відносно площини О – 0,05 мм на довжині 200мм</li> </ol>
---	---	--

1	2	3
6		<p>1. Допуск паралельності загальної поверхні осі пальців Ц і Ф відносно поверхні П – 0,05 мм на довжині 200 мм.</p> <p>2. Допуск паралельності поверхні У відносно площини О – 0,05 мм на довжині 200 мм.</p>
7		<p>1. Допуск паралельності загальної осі поверхонь пальців Ц і Ф відносно поверхні П – 0,05 мм на довжині 200 мм.</p> <p>2. Допуск перпендикулярності поверхні У відносно площини О – 0,05 мм на довжині 200 мм.</p>
8		<p>1 Допуск паралельності осі контрольного валика відносно поверхні П – 0,05 мм на довжині 200 мм.</p> <p>2 Допуск паралельності осі контрольного валика відносно поверхні О – 0,05 мм на довжині 200 мм.</p>

1	2	3
9	 <p>Technical drawing of a mechanical assembly. Features are labeled C, O, П, Б, and Y. Surface texture symbols are shown for features O and П. Geometric tolerance boxes are present for features X, Y, O, and B.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск радіального биття поверхні <i>П</i> відносно осі поверхні <i>С</i> з упором у торець <i>О</i> – 0,02 мм.</li> <li>2. Допуск перпендикулярності поверхні <i>У</i> відносно площини <i>О</i> – 0,05 мм на довжині 200мм.</li> <li>3. Допуск перхрещення осей поверхні <i>Б</i> відносно поверхні <i>С</i> – 0,02мм.</li> <li>4. Допуск перпендикулярності осі поверхні <i>Б</i> до площини <i>У</i> – 0,02 мм на довжині 200мм.</li> </ol>
10	 <p>Technical drawing of a mechanical assembly. Features are labeled C and Б. A circular runout tolerance symbol is shown for feature Б.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск співвісності поверхні <i>Б</i> відносно <i>С</i> – 0,01 мм.</li> </ol>
11	 <p>Technical drawing of a mechanical assembly. Features are labeled C, O, П, Ц, Ф, and Y. Surface texture symbols are shown for features O and П. Geometric tolerance boxes are present for features Ц, Ф, and Y.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск незбігу площини, яка проходить через осі пальців <i>Ц</i>, <i>Ф</i> із віссю отвору <i>С</i> – 0,02 мм.</li> <li>2. Допуск перпендикулярності площини <i>У</i> відносно поверхні <i>О</i> – 0,02 мм на довжині 200мм.</li> <li>3. Допуск биття поверхні <i>П</i> відносно осі отвору <i>С</i> з упором у торець <i>О</i> – 0,02 мм.</li> </ol>

1	2	3
12		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск биття поверхні П відносно осі поверхні С з упором у торець О – 0,02 мм.</li> <li>2. Допуск паралельності поверхні У відносно поверхні О – 0,02мм.</li> <li>3. Допуск симетричності загальної площини осей поверхонь Ц і Ф відносно поверхні С – 0,02 мм.</li> </ol>
<b>Пристрій для свердильних та розточувальних верстатів</b>		
13		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск паралельності поверхні Б відносно поверхні О – 0,02 мм на довжині 200 мм.</li> <li>2. Допуск перпендикулярності поверхні У відносно поверхні О – 0,02 мм на довжині 200 мм.</li> <li>3. Допуск перехрещення осей поверхні Н відносно Б – 0,02 мм.</li> </ol>
15		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Допуск паралельності загальної осі поверхонь пальців Б і Ф відносно поверхні О – 0,1 мм на довжині 200 мм.</li> <li>2. Допуск перпендикулярності поверхні У відносно поверхні О – 0,1 мм на довжині 200 мм.</li> <li>3. Допуск перехрещення осей поверхні Н відносно поверхні Б – 0,02 мм.</li> </ol>



### **III. Конструювання пристрою**

#### **3.1. Розробка загального вигляду пристрою**

Розробка загального вигляду пристрою виконується в тій же послідовності, що й ескізне компонування, але з дотриманням стандартів ЄСКД. Послідовність проектування, як приклад, показано на рисунку 14.8 + 14.11.

На загальному вигляді пристрою проставляють три групи розмірів:

- Розміри і повороти, точність яких впливає на похибку розмірів і поворотів деталі. Склад цієї групи розмірів (основних розмірів пристрою) визначають з аналізу технологічних розмірних ланцюгів за кожним витримуваним на операції показником точності, в яких розміри пристрою є складовими ланками. Точність цих розмірів призначають з розрахунку технологічних розмірних ланцюгів.

- Розміри з'єднань і монтажні розміри, точність яких не впливає на похибку обробки, але визначає положення і умови роботи окремих механізмів пристрою. Точність цих розмірів призначають, виходячи з необхідності забезпечення нормальної роботи механізмів пристрою.

- Габаритні і довідкові розміри. Точність їх на кресленні не обмежується. Виконують ці розміри за 14–17 квалітетами.

#### **3.2. Опис конструкції пристрою, принципу його роботи, складання технічного паспорта**

На заключному етапі докладно формулюють службове призначення пристрою, перелічують складові елементи пристрою, їх призначення, особливості, вимоги до них та їх взаємодію. Описується послідовність роботи пристрою при встановленні і закріпленні заготовки, а також розкріплення її і зняття з пристрою. Описується принцип дії окремих механізмів і в цілому пристрою, методи встановлення і вивірення пристрою на верстаті, заходи щодо забезпечення безпечної роботи.

Технічний паспорт на пристрій складається за прийнятою на підприємстві формою. В паспорті обов'язково вказуються параметри пристрою, які слід перевіряти, їх розміри з допусками, методи перевірки та періодичність.

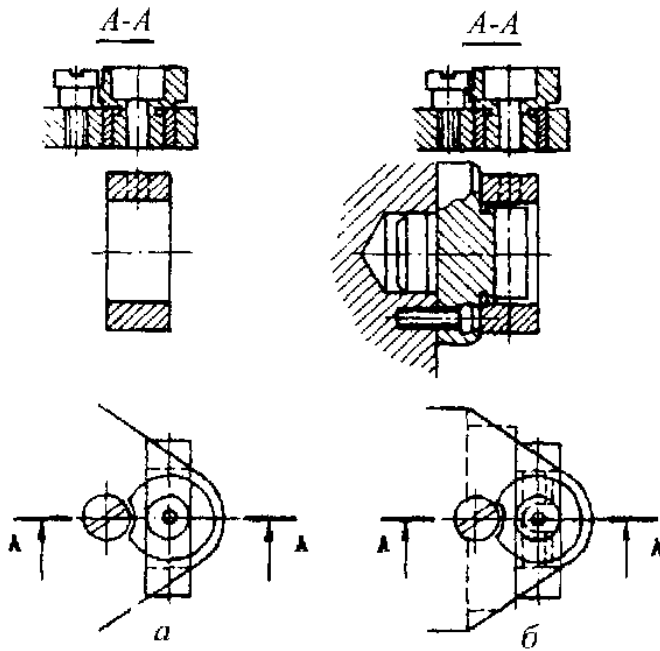


Рисунок 14.8. До конструювання елементів для напрямлення інструменту (а) і установчих елементів (б)

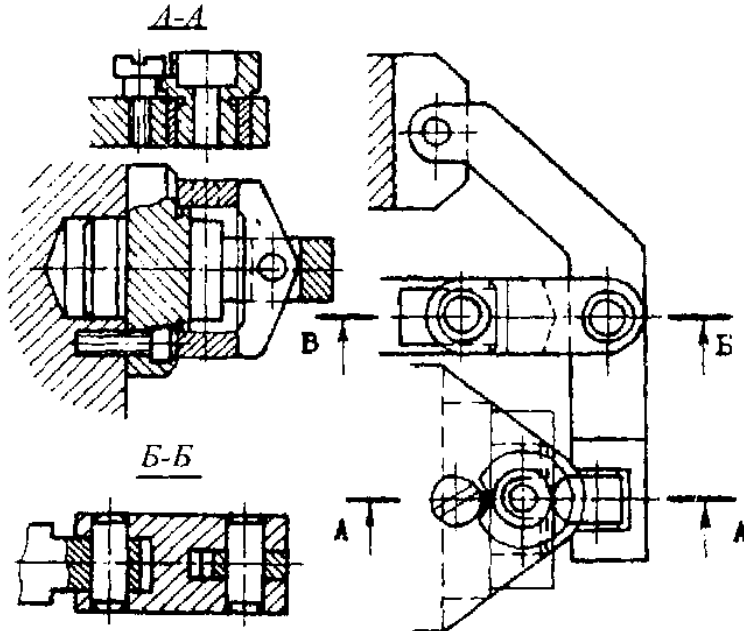


Рисунок 14.9. До розробки затискного механізму

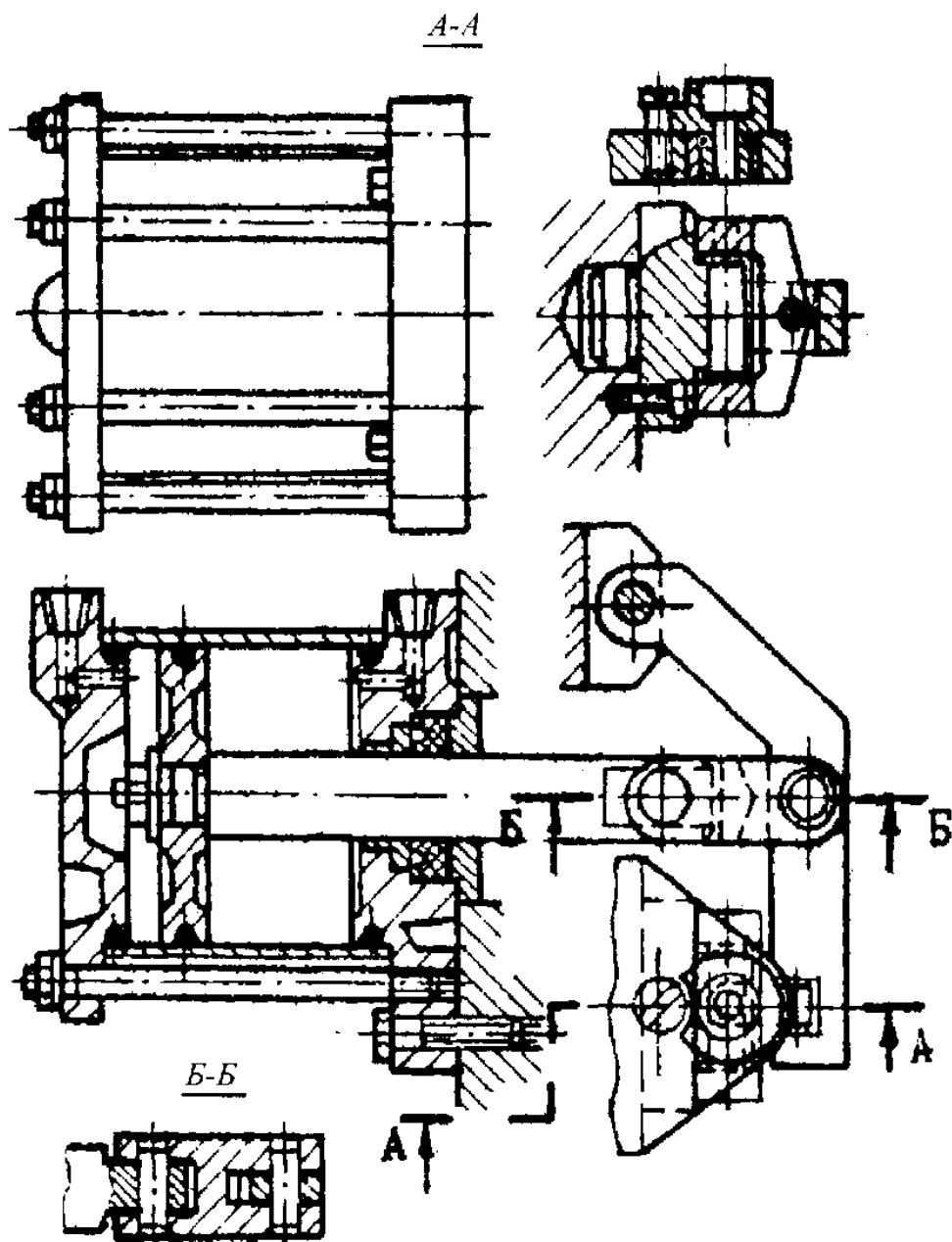


Рисунок 14.10. До розробки силового приводу

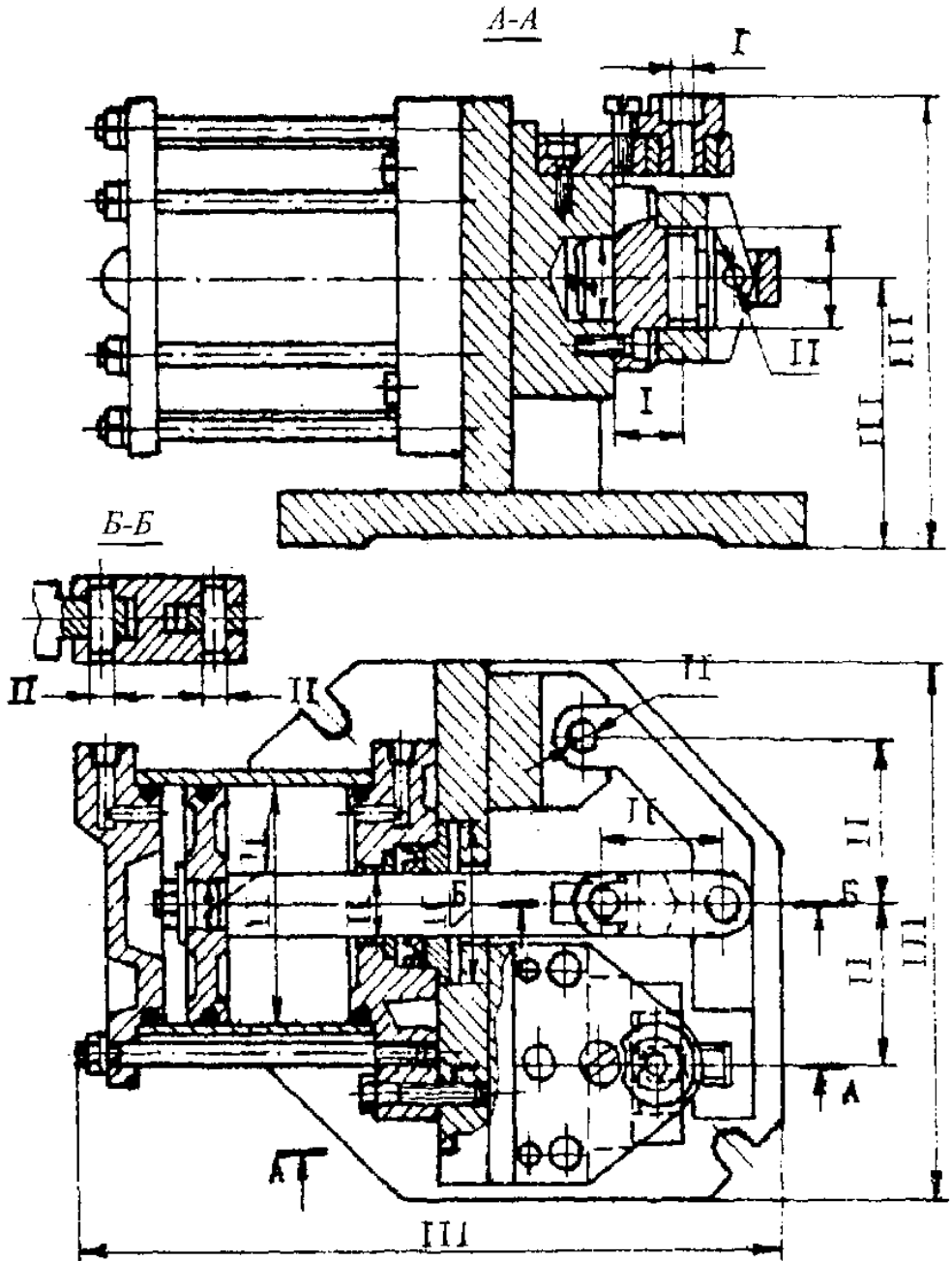


Рисунок 14.11. До розробки корпусу пристрою

## 14.2. Етапи проектування складальних пристроїв

Порядок проектування складального пристрою звичайно приймають такий.

1. Формулюють службове призначення пристрою.
  2. За складальним кресленням вузла встановлюють базові поверхні, які можуть бути використані для кріплення чи фіксації вузла у пристрої при виконанні даної операції.
  3. Розробляють тактико-технічні та техніко-організаційні вимоги до роботи пристрою.
  4. Визначають орієнтовно сили, які будуть діяти на пристрій в процесі його використання.
  5. Розробляють принципову схему пристрою; дуже важливо при цьому виходити з принципу всілякої економії рухів складальника при користуванні цим пристроєм.
  6. Розробляють конструктивну схему пристрою (ескізне компонування) і шляхом розрахунку на міцність визначають розміри основних його деталей.
  7. Остаточо оформляють конструкцію пристрою.
  8. Розраховують пристрій на точність.
  9. Розробляють загальний вигляд пристрою та складають робочі креслення.
  10. Описують конструкцію пристрою, принцип його роботи, складають технічний паспорт на нього.
  11. Проводять техніко-економічне обґрунтування пристрою.
- Специфіка конструювання спеціальних складальних пристроїв описана в п. 11.3.

## 14.3. Методика проектування контрольних пристроїв

Вихідні дані для проектування контрольно-вимірювального пристрою зосереджено в технічному завданні на його розробку, яке виконує технолог при виборі методів і засобів технічного контролю.

Конструктор при проектуванні контрольно-вимірювального пристрою повинен врахувати:

- вид об'єкта технічного контролю (деталь, складальна одиниця, технологічний процес);

- види ознак, що контролюються (геометричний розмір, форма, фізичний параметр тощо);
- номінальні значення і допуски на параметри, що контролюються;
  - допустиму похибку вимірювання;
  - конструктивні особливості виробу;
  - особливості вимірювальної бази;
  - масу об'єкта технічного контролю (за необхідністю);
  - можливість пошкодження (деформації) об'єкта технічного контролю під час перевірки;
  - умови робочого місця (температурний режим, вологість тощо);
  - транспортабельність об'єкта контролю і засобу контролю;
  - продуктивність технічного контролю;
  - наявність засобу контролю на заводі;
  - умови видачі результатів контролю;
  - вартість засобу контролю;
  - кваліфікацію контролера тощо.

При конструюванні контрольно-вимірювальних пристроїв слід намагатися застосовувати нормалізовані деталі та вузли верстатних пристроїв. Як показує практика, ступінь уніфікації можна довести до 50 – 60% для конструкції середнього пристрою. Це означає, що більше половини деталей, які входять в конструкцію пристрою, не підлягає деталюванню при проектуванні робочих креслень, що скорочує час, необхідний на проектування. Крім того, більше половини деталей, які входять в пристрій, може надходити безпосередньо зі складу інструментального цеху. Це скорочує час, необхідний для виготовлення пристроїв, та їх вартість. Необхідною є також широка уніфікація деталей і вузлів контрольно-вимірювальних пристроїв з деталями та вузлами основного виробництва підприємства (кріпильні деталі, пружини, пневматичні циліндри тощо).

Можна рекомендувати таку послідовність проектування контрольно-вимірювального пристрою:

1. Вибір вимірювальних засобів контролю.
2. Вибір принципової схеми вимірювання, баз і установчих елементів.
3. Вибір конструктивних елементів та ескізна компоновка пристрою.
4. Точнісіні розрахунки контрольно-вимірювального пристрою.

5. Виконання креслення загального вигляду, розробка паспорта на пристрій та пояснювальної записки на пристрій.

6. Техніко-економічне обґрунтування пристрою.

**Вибір вимірювальних засобів контролю** – тут можна дати рекомендації, що вироблені практикою, а саме [6; 11; 16].

Для вимірювання зовнішніх лінійних розмірів в контрольних пристроях використовують такі універсальні засоби: індикатори ІЧ і ІРБ, головки важільно-зубчасті ІГ, індикатори багатообертові МИГ, головки вимірювальні пружинні ІГП, мікрометри гладкі і важільні, скоби важільні, оптиметри вертикальні і горизонтальні, вимірювальні машини ИЗМ-10М тощо.

Для вимірювання внутрішніх розмірів застосовують: штангенциркулі, внутрішньоміри, пробки пневматичні, індикаторні прилади, оптиметри і довжиноміри горизонтальні, вимірювальні машини, верстатні прилади з електронним індикатором контакту БВ-2024, БВ-2021.

Для вимірювання кутів застосовують: призматичні міри, косинці шиточні, циліндричні і Г-подібні, конусні калібри, синусні лінійки мод. 134...143, гоніометри (ГС-1, ГС-2, ГС-5, ГС-10, ГС-30), лімби, рівноміри, кутоміри, оптичні та універсальні вимірювальні головки для середнього визначення кута розрахунком за результатами вимірювання довжин, зв'язаних з кутом, що вимірюється, тригонометричними функціями.

Форму і розташування поверхонь деталі вимірюють такими засобами: перевірними лінійками та плитами з застосуванням мірних опор та вимірювальних головок, дво- та триконтактними пристосуваннями для вимірювання відхилень від круглості, вимірювальними головками з комплектом призм, косинцями з вимірювальними головками тощо.

Контроль розмірів зубчастих коліс виконується спеціальними вимірювальними приладами, які, як правило, випускаються серійно і їх можна підібрати з відповідних каталогів.

Широко застосовується активний контроль розмірів деталей, особливо на шліфувальних роботах. Прилади також випускаються серійно і їх можна знайти в каталогах.

Докладно вибір засобів вимірювання і вплив похибок розглянуто в галузевих нормативно-технічних документах і в РД 50-98-86.

**Вибір принципової схеми вимірювання, баз і установчих елементів** – описано в п.12.2.

***Розробка принципової схеми, вибір конструктивних елементів та ескізна компоновка пристрою***

Принципова схема пристрою містить:

- схему розташування установчих елементів;
- схему вимірювання;
- схему сил затиску заготовки.

На основі службового призначення контрольно-вимірювального пристрою, технічних вимог до нього та принципової схеми визначають основні елементи, які мають бути в цьому пристрої.

***Визначивши елементи, приступають до їх ескізного компонування.*** Компонування здійснюють в такій послідовності:

1. Виконують креслення деталі, що перевіряється в одній проєкції, в якій конструкція пристрою виявляється найбільш повно. Деталь креслять умовними лініями в тому положенні, в якому вона буде перевірятись.

2. Вибирають конструкцію установчих елементів, їх кількість і наносять на компоновку так, щоб базові поверхні деталі з ними стикались. Конструкція установчих елементів пристрою зумовлюється схемою базування та конструкцією базових поверхонь деталі.

3. Креслять вимірювальні засоби (інструменти, прилади) так, щоб робочі елементи вимірювальних засобів стикались з деталлю (при контактному способі вимірювання) або були на відповідній відстані від неї (при безконтактному методі вимірювання).

4. Креслять затискні механізми.

5. Креслять передатні елементи.

6. Конструктивно оформлюють корпус пристрою з урахуванням зручного розташування елементів.

7. Креслять елементи для встановлення (базування) самого пристрою (на плиті, на верстаті тощо).

8. З допоміжних пристосувань креслять тільки ті, що безпосередньо впливають на точність вимірювання.

***При виконанні компоновок*** слід додержуватись таких рекомендацій:

1. Розробляються, як правило, кілька варіантів компоновок, які аналізують та вибирають найбільш раціональний з них. Повна розробка варіантів необов'язкова. Звичайно достатньо олівцевих ескізів від руки, щоб отримати уявлення про перспективність варіанта і вирішити питання про доцільність продовження роботи над ним.



2. При компопуванні мають бути враховані умови, які визначають працездатність пристрою, – це можливість його складання та розкладання, зручність обслуговування, огляду та регулювання механізмів, зміни швидкозношуваних деталей.

3. У процесі компопування також необхідно вибрати тип заготовки і матеріали для основних деталей (як правило, це корпус), а також постійно мати на увазі питання виготовлення деталей пристрою, тобто надавати деталям прості, доцільні форми, створювати їх технологічними.

4. На стадії компопування пристрою слід користуватись типовими компоновками, консультуватись з контрольним персоналом.

5. Компопування краще всього робити від руки на міліметровому папері у масштабі 1:1. При компопуванні бажано обійтись без поперечних перерізів та додаткових виглядів, це прискорює процес компопування та спрощує креслення.

6. Креслити слід слабким натиском олівця, що допоможе швидко виправити помилки. Перерізи, якщо вони є, не слід штрихувати, у крайньому випадку їх штрихують від руки.

7. Не слід витрачати час на креслення подробиць. Типові деталі та вузли (кріпильні деталі, ущільнення, пружини, підшипники кочення) доцільно зображати спрощено.

*Точнісні розрахунки контрольних пристроїв* – викладено в п.13.5.

*Розробка загального виду пристрою* виконується в тій же послідовності, що й ескізне компопування, але з дотриманням стандартів ССКД.

## **14.4. Техніко-економічне обґрунтування пристроїв**

Для виконання технологічної операції можуть бути спроектовані пристрої, які забезпечують потрібну точність обробки, але різні за складністю, продуктивністю та вартістю. Завдання конструктора – добрати найдоцільнішу для конкретних умов конструкцію.

Критерієм доцільності варіанта пристрою вважають або цехову собівартість виготовлення деталей, або річну технологічну собівартість виконання операції. Економічно доцільним є варіант, при використанні якого собівартість буде меншою.

Порівняння деталей за цеховою собівартістю потребує розрахунку всіх її складових, що часто ускладнює завдання конструктора. Простішим та наочнішим є порівняння річної технологічної собівартості операції. Причому до технологічної собівартості належать лише елементи, що залежать від застосовуваного пристрою.

Елементи річної технологічної собівартості умовно поділяють на дві групи [7].

1. Витрати, що залежать від обсягу випуску деталей:

$Z$  – заробітна плата верстатника;

$S_{e.v}$  – витрати на експлуатацію верстата;

$A_v$  – витрати на амортизацію верстата;

$S_{e.l}$  – вартість електроенергії, що витрачається приводом верстата при холостому ході під час встановлення та знімання заготовки.

2. Витрати, що залежать від конструкції пристрою, але не залежать від обсягу випуску деталей:

$S_n$  – річна вартість налагодження пристрою;

$A_n = 0,33S_{np}$  – витрати на амортизацію пристрою при трирічному терміні роботи;

$S_{np}$  – вартість пристрою;

$S_{e.n} = 0,27S_{np}$  – витрати на експлуатацію пристрою.

Отже, річна технологічна собівартість виконання операції

$$E = (Z + S_{e.v} + A_v + S_{e.l})N + S_n + A_n + S_{e.n},$$

де  $Z + S_{e.v} + A_v + S_{e.l} = V$  – змінні витрати, які залежать від обсягу випуску оброблюваних деталей;  $S_n + A_n + S_{e.n} = C$  – сталі витрати.

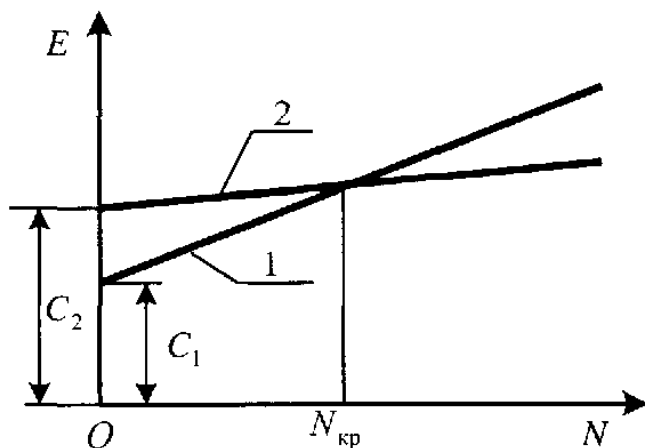
Тоді:

$$E = VN + C.$$

Цю залежність легко зобразити графічно в координатах  $EON$ . При цьому змінні витрати характеризуватимуть кут нахилу прямої, а сталі величини – відрізок на осі  $E$  (рисунк 14.11). Порівнюючи два варіанти пристрою, дістаємо

$$E_1 = V_1N + C_1; \quad E_2 = V_2N + C_2.$$

Нехай  $V_1 > V_2$ ;  $C_1 < C_2$ .



**Рисунок 14.11. Графік економічного порівняння варіантів пристроїв**

Графік показує, що при обсязі випуску, меншому від  $N_{кр}$ , перший варіант пристрою дає меншу технологічну собівартість, а при програмі, що перевищує  $N_{кр}$ , вигіднішим є другий варіант. При програмі, що дорівнює  $N_{кр}$ , обидва варіанти рівнозначні, тобто:

$$E_1 = E_2; V_1 N_{кр} + C_1 = V_2 N_{кр} + C_2$$

звідки

$$N_{кр} = \frac{C_2 - C_1}{V_1 - V_2}.$$

Для визначення вартості пристрою  $S_{пр}$  можна скористатися заводськими даними або розрахунками (приблизно) за формулою:

$$S_{пр} = C_{пр} N_{пр},$$

де  $N_{пр}$  – кількість деталей у пристрої;  $C_{пр}$  – стала, що залежить від складності пристрою та його габаритних розмірів.

Для простих пристроїв можна брати  $C_{пр} = 1,5$ ; для середньої складності  $C_{пр} = 3,0$ ; для складних  $C_{пр} = 4,0$ .

Оснащення, яке застосовують на машинобудівних заводах, так багато, що потрібно добиватися якомога більшою мірою знизити його вартість і терміни проектування та виготовлення.

## Запитання для самоконтролю

1. Які початкові дані необхідні для проектування верстатного пристрою?
2. З яких етапів складається розробка верстатного пристрою? Надайте їх коротку характеристику.
3. Сформулюйте зміст службового призначення пристрою. Наведіть приклади.
4. Які відомості треба вказати при розробці тактико-технічних та техніко-організаційних вимог до пристрою?
5. В чому полягає завдання аналізу вихідних даних на проектування пристрою?
6. Що являє собою і як розробляється принципова схема пристрою?
7. В якому порядку виконується ескізне компоновання пристрою?
8. На основі яких даних розробляється розрахункова схема пристрою для визначення діючих сил і моментів?
9. В якій послідовності виконується точнісний розрахунок пристрою?
10. Сформулюйте типові технічні вимоги до токарних пристроїв.
11. Те ж саме до свердлильних.
12. Те ж саме до фрезерних.
13. В якій послідовності розробляється креслення загального виду пристрою і які групи розмірів на ньому проставляються?
14. Які відомості відображаються в технічному паспорті пристрою?
15. З яких етапів складається розробка складального пристрою. Надайте їх коротку характеристику.
16. В чому полягає специфіка конструювання складальних пристроїв?
17. Які відомості та вимоги треба враховувати при проектуванні контрольного пристрою?
18. В якій послідовності проектується контрольно-вимірювальний пристрій?
19. Наведіть основні рекомендації при виборі вимірювальних засобів контролю.

20. В чому полягають особливості вибору принципової схеми вимірювання, баз і установчих елементів у порівнянні з верстатними пристроями.

21. Що являє собою принципова схема контрольного пристрою та в якій послідовності виконується ескізне компанування пристрою?

22. Наведіть основні рекомендації, яких необхідно дотримуватись при виконанні ескізного компанування пристрою.

23. Наведіть структурну формулу сумарної похибки вимірювання при використанні пристроїв.

24. В чому полягає сутність методики техніко-економічного обґрунтування пристроїв?

# ТЕМА 15

## Автоматизація проектування пристроїв

### 15.1. Загальні відомості про методику автоматизованого проектування пристроїв

#### Передумови, вихідні положення та мета автоматизації проектування пристроїв

В наш час одним з пріоритетних напрямків удосконалення роботи конструкторських і технологічних служб є комп'ютеризація і засвоєння інформаційних технологій. Серед інформаційних технологій автоматизація проектування займає особливе місце. По-перше, автоматизація проектування – є синтетичною дисципліною, її складовими частинами є багато інших сучасних інформаційних технологій, в тому числі і автоматизація проектування пристроїв, яка в технологічній підготовці виробництва за трудомісткістю займає найбільшу питому вагу.

По-друге, знання основ автоматизації проектування та вміння працювати із засобами систем автоматизованого проектування (САПР) необхідно практично будь-якому інженеру-розробнику. Комп'ютерами оснащені проектні підрозділи, конструкторські бюро та офіси. Робота конструктора за звичайним кульманом, розрахунки за допомогою логарифмічної лінійки або оформлення звіту на друкарській машинці стали анахронізмом. Підприємства, які виконують розробки без САПР чи лише із незначним їх використанням, опиняються неконкурентно-здатними внаслідок як великих матеріальних і часових витрат на проектування, так і невисокої якості проєктів.

В наш час створено велику кількість програмно-методичних комплектів для САПР з різними ступенями спеціалізації та прикладної орієнтації. В результаті автоматизація проектування стала необхідною складовою частиною підготовки інженерів різних спеціальностей: інженер, який не володіє знаннями і не вміє працювати в САПР, не може вважатись повноцінним спеціалістом.

Створення САПР-пристроїв обумовлено також наступними причинами. В процесі проектування конструктор використовує довідкову і спеціальну літературу, стандарти, а також креслення на оснастку з архіву, що була спроектована раніше, та інші нормативно-довідкові матеріали, проте використання цих матеріалів без засобів автоматизації трудомістке.

Праця конструктора з пристроїв містить багато трудомістких операцій: пошук відомостей, розрахунки, побудова графіків, креслень, виконання написів, складання таблиць, специфікацій та інших текстових документів. Найбільшу питому вагу трудових витрат при конструюванні пристроїв складає розробка загального виду пристрою (до 40%) [12], а також отримання креслень оригінальних деталей (до 30%) [12]. Прискорення процесу виконання цих функцій конструктора, їх автоматизація є особливо доцільною. Доволі трудомістким є також процес пошуку, аналізу і відбирання необхідної інформації: креслень-аналогів, довідкових даних, стандартів та ін., для відбирання яких у розрізних, іноді суперечливих, джерелах потребується не мало часу і досвіду. При автоматизації проектування пристроїв функції пошуку інформації також вигідно доручити ЕОМ.

Автоматизація проектування верстатних пристроїв забезпечує суттєве зниження витрат матеріальних засобів і часу на проектування і виготовлення оснастки; значне скорочення циклу підготовки виробництва нових виробів та зниження їх собівартості; підвищення рівня нормалізації конструкцій пристроїв; поліпшення якості конструкцій, що проектуються, і технологічної документації, що при цьому отримується; забезпечення достовірної інформації для якісного управління виробництвом пристроїв; розширення сфер застосування верстатів з ЧПК на виробництво пристроїв; підвищення ступеня осначеності виробничих процесів, особливо у малосерійному виробництві.

Метод автоматизованого проектування пристроїв засновується на наступних відправних положеннях [12, 14].

1. Інформація, що отримується на виході процесу автоматизованого проектування, є результатом опрацювання відомостей про оброблювану заготовку та технологічну схему операції, що оснащується, які створюють вхід в систему.

2. Відомості про оброблювану заготовку, як і інформація, що описує комплект технічних документів на пристрої, можуть бути представлені у ЕОМ.

3. Існують формальні правила переходу від опису оброблюваної заготовки та оснащеної операції до опису конструкції пристроїв у вигляді складальних креслень і креслень деталей.

4. Конструкцію будь-якого пристрою можна розчленувати на скінчене число складових (конструктивних елементів).

5. Конструкція будь-якого пристрою, як і будь-якої її складової, може бути синтезована зі скінченного числа раніше визначених (нормалізованих) конструктивних елементів.

6. Властивості і характеристики конструктивних елементів (геометрія, розміри, склад, матеріал) можуть бути описані і представлені у вигляді чисел в ЕОМ.

7. Між конструктивними елементами в конструкції існує скінчене число загальних для всіх пристроїв відношень, які можуть моделюватись.

8. В кожному конструктивному елементі можна зафіксувати власну систему координат, за допомогою якої можна визначити просторові відношення між елементами конструкції при її компонуванні.

9. Кожний конструктивний елемент може бути графічно інтерпретований скінченим числом геометричних об'єктів (типових зображень – ТЗ). Загальна кількість креслень, що застосовується для автоматичної побудови конструкції пристроїв, скінченна.

10. Кожний конструктивний елемент може бути представлений у ЕОМ параметричним прототипом із символічними позначеннями, які використовуються як імена параметрів. Ділянка дії імен параметрів обмежена кресленням конструктивного елемента. Допустимі значення параметрів обмежені.

11. Технологічні процеси виготовлення близьких за формою і розмірами деталей пристрою містять, як найменше, частину однакових операцій.

12. Можливість застосування деяких методів обробки поверхонь встановлюється на основі аналізу конфігурації, точності форми і розмірів, якості поверхневого шару та інших технічних вимог.

Процеси проектування верстатних пристроїв, як було зазначено вище, являють собою один з різновидів інформаційних процесів, що мають місце у машинобудівному виробництві. Вони в різній мірі проявляються при розробці універсальних, універсально-персоналізованих і спеціальних пристроїв. Найбільш



інформаційно-ємним є процес проєктування спеціальних верстатних пристроїв. Проєктування інших видів технологічного оснащення (УСП, УНП) у методичному плані – є окремим випадком процесу проєктування спеціальних пристроїв.

Метою проєктування при підготовці виробництва пристроїв є отримання технічної документації, що необхідна для виготовлення. В склад цієї документації входять: складальне креслення пристрою –  $S$ ; робочі креслення його деталей –  $R$ ; специфікація конструкції –  $C$ ; маршрутні технологічні карти виготовлення деталей –  $T$ ; відомості потрібних заготовок –  $W_1$  і готових елементів –  $W_2$ ; носії з програмами для верстатів з ЧПК –  $Q$ ; відомості виробничих витрат на виготовлення конструкції –  $Z$ .

Сукупність документів одержуваних в результаті підготовки виробництва оснастки:

$$D = \left\{ S, \{R_k\}_{k=1}^m, C, \{T_l\}_{l=1}^p, W_1, W_2, \{Q_j\}_{j=1}^r = Z \right\},$$

де  $m$  – число елементів в конструкції, що деталюється;  $p$  – число деталей у пристрої, що виготовляються за нестандартними технологічними процесами;  $r$  – число деталеоперацій, що виконуються на верстатах з ЧПК.

### Суть автоматизованого проєктування

Суть автоматизованого проєктування полягає в наступному. У ЕОМ вводиться (або будується) креслення оброблюваної деталі і відомості про верстатну операцію, що оснащується (рисунок 15.1). За допомогою програм синтезу (і параметризації) конструкцій шляхом діалогу конструктора з ЕОМ виконується геометричне компонування конструкції пристрою, яке як попереднє виводиться на друкує пристосування.

Дані компонування конструкції використовується для автоматизованих інженерних розрахунків у відповідному блоці САПР.

За результатами розрахунків в отримане попереднє складальне креслення вносяться відповідні поправки.

Відкориговане складальне креслення і креслення деталей виводиться на друкує пристосування і відповідний блок складає специфікації.

Процес завершується технологічною підготовкою виробництва і складанням програм для верстатів з ЧПК.

Алгоритм будови конструкції і технології базується на технологічних закономірностях конструювання пристроїв та проєктування технологічних процесів. Алгоритми конструкторського та технологічного документування в значній мірі відображають правила нарисної геометрії, машинної графіки, вимоги ЄСКД та ЄСТД.

Автоматизоване конструювання верстатних пристроїв (налагоджень) базується на просторових матеріальних об'єктах – конструктивних елементах. Це означає, що в процесі автоматизованого конструювання пристрою оперують не геометричними елементами креслення (лініями, точками, проєкціями), а такими об'єктами, як деталь, елемент форми, які знаходяться в банку даних. Конструктивні елементи класифікують за функціональними ознаками. Відповідно до функціональної класифікації будують загальну структуру всього процесу проєктування: кожному етапу автоматизованого проєктування відповідає конструювання одного з функціональних класів конструктивних елементів.

Визначення просторової орієнтації елемента відносно інших елементів конструкції здійснюється за допомогою власної системи координат та системи одиничних векторів складання, які надають кожному конструктивному елементу. При проєктуванні початок власної системи координат суміщають з точкою прив'язання на операційному ескізі. Одиничні вектори складання визначають напрямки осей власної системи координат елемента відносно головної системи координат (ГСК). У якості ГСК приймають систему координат технологічної бази оброблюваної деталі.

Повні відомості про сукупність всіх конструктивних елементів, за допомогою яких можна провести синтез пристроїв, створюють базову інформацію системи автоматизованого проєктування.

Основну частину джерел базової інформації складає бібліотека налагоджень пристроїв (БНП) і бібліотека конструктивних елементів (БКЕ). Крім БНП і БКЕ у складі джерел базової інформації мають бути відомості про обладнання і подетальні специфікації конструктивних елементів (дивись рисунок 15.1).

Відповідно до схеми рисунку 15.1 на першому етапі автоматизованого проєктування вибирають налагодження і пристрої з існуючих аналогів в БНП. Якщо не вдається застосувати спроектовані налагодження і пристрої, то проводиться автоматизований синтез конструкції пристрою і налагодження.

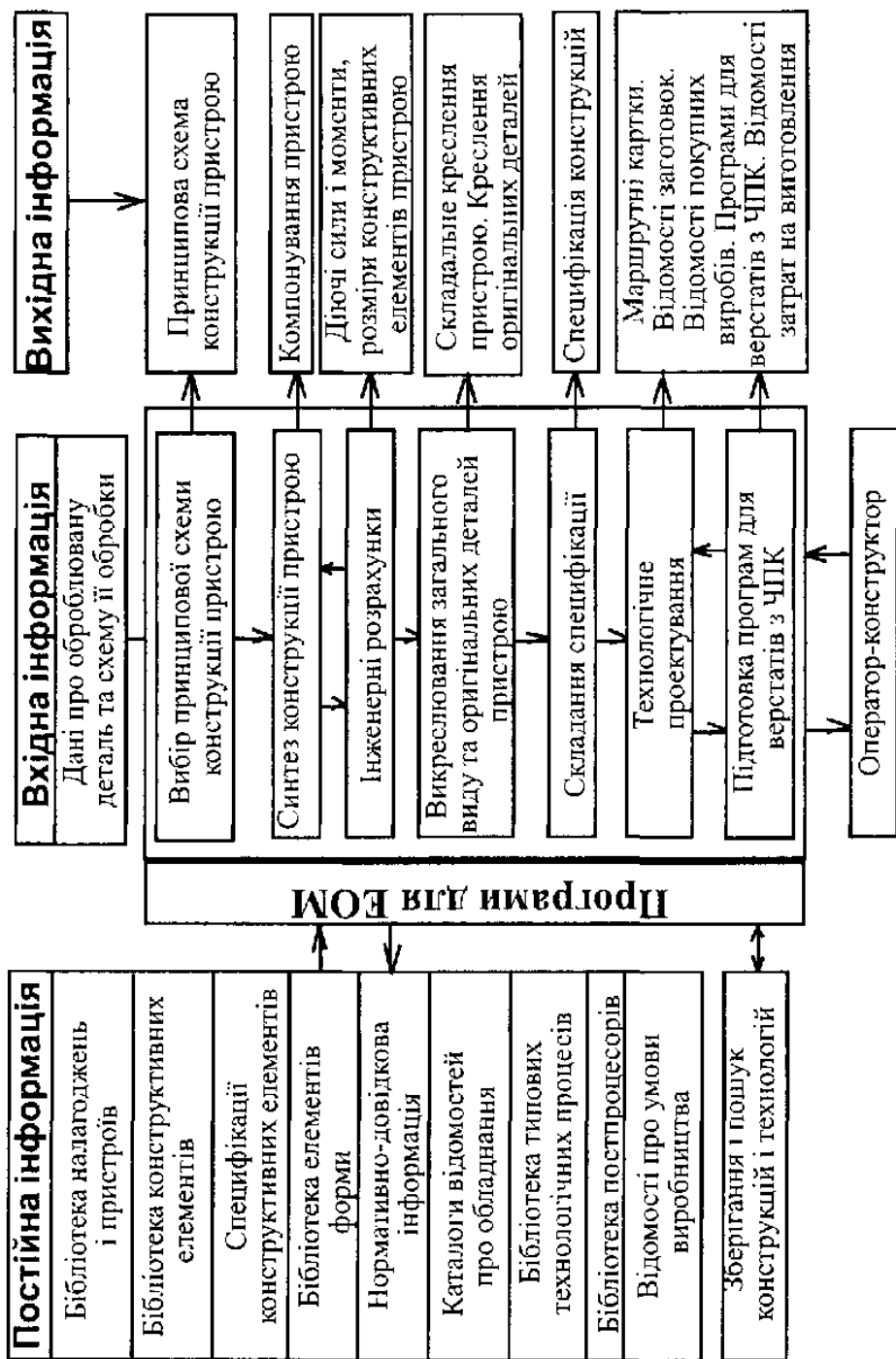


Рис. 15.1. Укрупнена схема автоматизованого проектування пристроїв

Автоматизоване проектування починається з програмного синтезу з конструктивних елементів на ділянці, що визначається ГСК, яка є загальною як для деталі, так і для пристрою. Для конструктивних елементів характерні дві стадії проектування:

- програмний вибір принципової схеми конструкції;
- повне конструктивне оформлення цієї схеми методом синтезу.

Принципову схему конструкції будують на основі аналізу умов застосування елементів та їх функціонування у пристрої.

Процес конструювання верстатних пристроїв закінчується отриманням комплексу конструкторської документації – складального креслення, специфікації, робочих креслень деталей пристрою.

Після попереднього компоновання конструкції пристрою виконують інженерні розрахунки, а саме: потрібні сили закріплення заготовки –  $W$ ; потрібні сили на приводі –  $Q$  (залежно від схеми передавального механізму); геометричні параметри приводу; міцність окремих елементів пристрою; очікувану точність обробки за витримуваними параметрами. Ці розрахунки виконують згідно алгоритмів, які реалізують певні аналітичні залежності.

Технологічна підготовка виробництва пристроїв містить процеси побудови маршрутних технологій виготовлення деталей і складання пристрою, нормування операцій, визначення заготовок, покупних виробів, напівфабрикатів, обладнання і оснастки другого порядку, техніко-економічні розрахунки собівартості виготовлення пристроїв, затрат, вартості матеріалів і напівфабрикатів.

### **Особливості методики автоматизованого проектування пристроїв, структура САПР та її коротка характеристика**

Основна частина операцій щодо розробки конструкцій, їх викреслювання, проектування технології їх виготовлення доручається програмно-методичному комплексу (ПМК), який створює ядро системи автоматизованого проектування (САПР). На конструктора покладаються функції підготовки завдань для САПР на проектування пристроїв (вхідної інформації) і забезпечення відповідями запитань системи, що проектує, при діалоговому режимі її роботи. Таким чином, автоматизація проектування в основному переводить процеси побудови і документування конструкцій пристроїв з розряду творчих у формальні.

Підготовку програм для верстатів з ЧПК в сучасних САМ-системах здійснюють, як правило, за допомогою окремої підсистеми. Розглянемо можливості цих підсистем на прикладі T-FLEX ЧПК, яка повністю інтегрована с T-FLEX CAD. Підсистема T-FLEX ЧПК має наскрізну параметризацію, тобто розробник має можливість, параметрично змінюючи креслення деталі, отримувати відповідні змінювання в керуючій програмі. Крім цього, система має модульну побудову, модулі спеціалізовані для роботи з інструментом та постпроцесорами і багато іншого.

До основних переваг цієї підсистеми можна віднести: високу функціональність, простоту у вивченні, адаптацію до обладнання, постійне поновлення підсистеми. Підсистема T-FLEX ЧПК випускається в двох варіантах: T-FLEX ЧПК 2D і T-FLEX ЧПК 3D, і побудована за модульним принципом.

T-FLEX ЧПК 2D складається з базового модуля, модуля електроерозійної обробки, модуля токарної обробки, модуля свердління, модуля лазерної обробки і модуля 2,5-ї координатної фрезерної обробки.

T-FLEX ЧПК 3D складається з базового модуля, модуля 3-и координатної фрезерної і 5-ти координатної фрезерної обробки.

Базовий модуль T-FLEX ЧПК містить:

- математичне ядро, яке інтегровано з математичним ядром PARASOLID;
- редактор інструмента, який застосовується для розробки інструмента, що використовується при обробці конкретної деталі і для створення інструментальних баз даних;
- модуль генерації постпроцесорів, який дозволяє створити свої постпроцесори завдяки використанню табличних налаштувань, макросів і прямого програмування;
- бібліотека постпроцесорів містить біля 200 готових постпроцесорів;
- емулятор обробки, який відображає процес обробки за розробленою керуючою програмою без знімання матеріалу.

*Електроерозійна обробка* – служить для виконання наскрізних отворів як циліндричних, так і з довільним контуром, вузьких прямолінійних і криволінійних щілин в заготовках для виготовлення матриць, штампів, фасонного різального інструменту, шаблонів, контршаблонів та інших виробів. Для цього використовують електроерозійне вирізання непрофільованим електродом-

дротом. В системі T-FLEX ЧПК можна проектувати такі види електроерозійної обробки: одноконтурне різання (2D-обробка); кутове різання (2,5D-обробка); двоконтурне різання (4D-обробки). Для генерації керуючих програм користувач може використовувати постпроцесори, що постачаються в бібліотеці постпроцесорів, або самостійно створити необхідний для обробки постпроцесор з використанням модуля генерації постпроцесорів системи T-FLEX ЧПК.

*Токарна обробка (2D-обробка)* – до даного виду обробки відноситься обробка зовнішніх, внутрішніх, циліндричних, конічних, фасонних і торцевих поверхонь заготовок. В системі T-FLEX ЧПК для користувача є набір універсальних циклів для токарної обробки, наприклад цикли зняття припуску відрізним чи прохідним різцями. Крім того, система T-FLEX ЧПК пропонує користувачу використання спеціалізованих циклів для токарного оброблюваного центра. Параметри цих циклів налагоджені під такі системи ЧПК, як FANUK, SINUMERIC, 2P22. Серед цих циклів є такі: багатократне зняття припуску, точіння на конус, осьове свердління, нарізання нарізки, фрезерування канавок та ін. Постпроцесори також можна використовувати з бібліотеки, або розробити самостійно.

*Свердлильна обробка (2,5D-обробка)* – до даної обробки відносять свердління отворів і нарізання нарізки в отворах. Тут також є спеціалізовані цикли обробки, наприклад, різні види глибокого свердління, свердління з відскоком, повторюване свердління та ін. Параметри цих циклів, за умовчанням, налагоджено для систем OLIVETI, BRADLEY, POWER AUTOMATION, 2C42-61 (65). Ці налагодження користувач може самостійно змінювати. Постпроцесори використовуються з бібліотеки, а також є можливість створити нові.

*Фрезерна обробка* – найпоширеніша обробка, при якій застосовуються верстати з ЧПК. В системі T-FLEX ЧПК є можливість проектувати керуючі програми для обладнання з ЧПК для таких видів фрезерної обробки:

- 2,5D-фрезерування застосовується для обробки циліндричних та лінійчастих поверхонь (контурів) заготовок з довільними напрямними та твірними або паралельними осі інструмента, або такими, що мають з цією віссю постійний кут до нормального перерізу. Крім того, при даному виді фрезерування користувач може

здійснювати „олівцеве” фрезерування, а також провадити фрезерування „кишенів”, „колодязів”, „островів” та інших специфічних технологічних елементів. Важливо відмітити, що технолог-програміст не обмежений у виборі інструмента для обробки. Система T-FLEX ЧПК дозволяє йому розробляти необхідний для конкретної обробки інструмент і використовувати цей інструмент при підготовці керуючої програми.

- 3D-фрезерування призначається як для об’ємної обробки будь-яких поверхонь, так і для обробки твердих тіл. Крім того, система T-FLEX ЧПК пропонує для 3D-фрезерування можливість зонної обробки, яка включає в себе: обробку твердих тіл, обробку перерізів, обробку „колодязів”, підбирання ребер.

- 5D-фрезерування призначається для обробки поверхонь торцевою або боковою частиною інструмента в тих випадках, коли застосування звичайної об’ємної обробки неможливо або несефективно, і обробки лінійчастих поверхонь боковою частиною інструмента. Так само, як і для 3D-фрезерування для 5D-фрезерування передбачено зонну обробку: обробка твердих тіл, обробка перерізів, обробка „колодязів”, підбирання ребер. Постпроцесори також використовуються з бібліотеки або створюються нові з використанням модуля генерації постпроцесів системи T-FLEX ЧПК.

Одночасно з підсистемою T-FLEX ЧПК фірма „Топ Системи” (Росія) пропонує підсистему T-FLEX NC TRACER – спеціалізований інструмент технолога-програміста. Основне призначення даного програмного продукту полягає у прогляданні готових керуючих програм для обладнання з ЧПК з можливим їх редагуванням.

T-FLEX NC TRACER постачається в наступних варіантах:

- T-FLEX NC TRACER 2D – дозволяє проглядати створені керуючі програми для 2-координатної обробки (токарна обробка, розточування, осьове свердління та інші операції, що можливі на токарних оброблюваних центрах);

- T-FLEX NC TRACER 3D – дозволяє проглядати створені керуючі програми для 2,5-ї та 3-и координатної обробки і вносити в них зміни;

- T-FLEX NC TRACER 5D – дозволяє проглядати створені керуючі програми для 2,5-ї, 3-и і 5-ти координатної обробки і вносити в них зміни.

## 15.6. Приклади програм на базі яких може функціонувати САПР-пристроїв [12]

До числа світових лідерів в області CAD/CAM/CAE – систем верхнього рівня відносяться системи Unigraphic (компанія EDS), CATIA (Dessault Systemes), Pro/Engineer (PTC). Продовжують використовуватись також системи I-DEAS (EDS), CADD5 (PTC) і EUCLID3 (Matra Datavision).

**Система Unigraphic** – універсальна система геометричного моделювання і конструкторсько-технологічного проектування, в тому числі розробки складальних одиниць, що мають тисячі деталей, розрахунків на міцність і підготовки конструкторської документації. Система багатомодульна.

В конструкторській частині (підсистема CAD) є засоби для твердотільного моделювання на основі сплайнових моделей поверхонь, створення креслень по 3D-моделі, проектування складальних одиниць (в тому числі з сотнями і тисячами компонентів) з врахуванням асоціативності, аналізу допусків тощо.

В технологічній частині (підсистема CAM) передбачено розробку керуючих програм для токарної та електроерозійної обробки, синтез і аналіз траєкторії інструмента при фрезеруванні три і п'яти-координатній обробці, при проектуванні прес-форм і штампів тощо.

Для інженерного аналізу (підсистема CAE) в систему включено модулі аналізу на міцність з використанням метода кінцевих елементів (МКЕ) з відповідними пре- і постпроцесорами, кінематичного і динамічного аналізу механізмів з визначенням сил, швидкостей та прискорень, аналізу ливарних процесів пластичних мас.

**CATIA** – дозволяє замовнику генерувати власний варіант САПР наскрізного проектування – від створення концепції виробу до технологічної підтримки виробництва і планування виробничих ресурсів. В системі реалізовано поверхнєве і твердотільне 3D-моделювання і оптимізація характеристик виробів. Можливі фотореалістична візуалізація, відновлення математичної моделі з матеріального макету. Пропонуються типові конфігурації, в тому числі варіанти для повнофункціонального наскрізного проектування складних виробів і проектування комплектуючих на невеликих і середніх підприємствах. Аналогічні можливості реалізовані і в інших „важких” САПР.



САПР середнього рівня орієнтовані в першу чергу на платформу Wintel, як правило, мають підсистеми конструкторсько-креслярську 2D, твердотільного 3D моделювання, технологічного проєктування, керування проєктними даними, ряд підсистем інженерного аналізу і розрахунку окремих видів машинобудівних виробів, а також бібліотеки типових конструктивних рішень.

Широке розповсюдження в Україні і за кордоном одержало програмне забезпечення машинобудівних САПР компанії Autodesk.

Лінія сучасних програмних систем конструкторського проєктування фірми Autodesk включає ряд систем, серед яких найбільш розвинутими слід вважати системи AutoCAD Mechanical Desktop і Inventor.

Система **Mechanical Desktop (MDT)** призначена для параметричного 3D-моделювання, асоціативного конструювання, розподільного проєктування в мережі internet, оформлення 2D-документації: побудована на графічному ядрі ACIS. Є керуюча програма CAD-менеджер із засобами настроювання, конфігурування і керування робочими групами.

Система **Inventor** призначена для твердотільного параметричного проєктування, орієнтована на розробку складальних одиниць з сотнями і тисячами деталей, має розвинену бібліотеку стандартних елементів. В основі системи також покладено графічне ядро ACIS. Побудова 3D-моделей можлива видавлюванням, обертанням, по перерізам, по траєкторіям. З 3D-моделей можна одержати 2D-креслення і специфікації матеріалів. Підтримується колективна робота над проєктами, в тому числі в межах однієї і тієї ж самої складальної одиниці. Передбачено автоматичну перевірку кінематики, розмірів деталі з врахуванням положення сусідніх деталей у вузлі. Значні зручності роботи конструкторів обумовлено тим, що асоціативні зв'язки задаються не шляхом опису операцій з параметрами і рівнянь, а безпосередньо визначенням форми і положення компонентів.

Система твердотільного параметричного моделювання механічних конструкцій **Solid Works** (компанія Solid Works Corporation) побудована на графічному ядрі Parasolid, яке розроблено в Unigraphics Solution, синтез конструкції починається з побудови опорного тіла за допомогою операцій типу видавлювання, протягування або обертання контуру з наступним додаванням і (чи) відніманням тих чи інших тіл. Використовуючи технології гранич-

ного моделювання (B-representation) з аналітичним чи сплайновим описом поверхонь. При проектуванні складальних одиниць на основі БЕФ можна задавати різні умови взаємного розташування деталей, автоматично контролювати зазори і відсутність взаємоперетинань деталей. Передбачено IGES, DXE, DWG – інтерфейси з іншими системами.

Серед САПР середнього рівня непогано зарекомендували себе системи російських розробників – це, перш за все, системи КомпАС (компанія Аскон) і T-FLEX CAD (Топ-системи).

В системі КомпАС для тривимірного твердотільного моделювання використовується оригінальне графічне ядро.

Синтез конструкцій виконується за допомогою булевих операцій над об'ємними примітивами, моделі деталей формуються шляхом видавлювання чи обертання контурів, побудовою по заданим перерізам. Можливо задання залежностей між параметрами конструкції, розрахунок мас – інерційних характеристик. Розробка проектно-конструкторської документації, в тому числі різних специфікацій, виконується підсистемою КомпАС-Графік. Є бібліотека з даними про типові деталі і графічні зображення, а також програми спеціального призначення (проективання тіл обертання, пружин, металоконструкцій, трубопровідної арматури, штампової оснастки, вибору підшипників кочення, розкряю листового матеріалу та ін.).

Проективання технологічних процесів виконується за допомогою підсистеми КомпАС-Автопроект, програмування об'ємної обробки на верстатах з ЧПК – за допомогою підсистеми ГЕММА-3D. Ряд необхідних функцій керування проектними даними покладено на підсистему КомпАС-Менеджер.

Підсистема тривимірного твердотільного моделювання T-FLEX CAD 3D в САПР T-FLEX CAD побудована на ядрі Parasolid. Реалізована двонапрявлена асоціативність, тобто змінування параметрів креслення автоматично викликає змінування параметрів моделі і навпаки. При проектуванні складальних одиниць змінування розмірів чи положення однієї деталі призводить до коректування положення інших. Модель 3D може бути одержана безпосередньо по існуючому кресленню, або за допомогою булевих операцій, або шляхом виштовхування, протягування, обертання профілю, лофтинга та ін. Передбачено розрахунок мас – інерційних параметрів. В той же час можна по видам і розрізам

тривимірної моделі одержати креслення, для чого використовується підсистема T-FLEX CAD 3DSE. Для параметричного проектування і оформлення конструкторсько-технологічної документації служить підсистема T-FLEX CAD 2D, для керування проектами і документообертом – підсистема T-FLEX DOCS.

В підсистемі технологічного проектування T-FLEX/ТехноПро виконується синтез технологічних процесів, розрахунок технологічних розмірів, вибір різального і допоміжного інструменту, формування технологічної документації, в тому числі операційних і маршрутних технологічних карт, відомостей оснастки і матеріалів, карт контролю.

Підготовка програм для верстатів з ЧПК здійснюється в підсистемі T-FLEX ЧПК. Крім названих основних підсистем в склад T-FLEX CAD включено ряд програм для інженерних розрахунків деталей, проектування штампів і прес-форм.

В САПР **Cadmech 2000** білоруської компанії Інтермех входять програми AVS для випуску конструкторської документації, Techcard для технологічної підготовки виробництва, LCAD для планування виробничих цехів і дільниць та ін. Для власної конструкторського 3D-проектування Інтермех використовує програми компанії Autodesk.

Важливе місце в конструкторсько-технологічних САПР займають програми для технологічної підготовки виробництва.

Компанія Consistent Software пропонує систему **Technologies** для технологічної підготовки виробництва. Ця система виконує функції складання специфікацій, ведення дерева проекту і бібліотек креслень, синтезу технологічних процесів, вибору інструмента, розрахунок режимів різання, нормування витрат матеріалів, ведення технологічної документації.

Система **Solid CAM (CAD Tech)** побудована, як і Mechanical Desktop, на ядрі ACIS, служить для одержання керуючих програм для токарної, 2,5 і 3-осьової фрезерної обробки на верстатах з ЧПК.

Система **ТЕХТРАН** (НПІ „Інформатика”) включає модулі токарної, фрезерної, електроерозійної обробки.

Для проектування верстатних пристроїв достатньо мати САПР середнього рівня, але для описаних вище систем потрібно створення інформаційної бази, саме для пристроїв.

## Запитання для самоконтролю

1. Якими причинами викликана необхідність автоматизації проектування пристроїв?
2. На яких вихідних положеннях ґрунтується автоматизація проектування пристроїв?
3. В чому полягає мета автоматизації проектування пристроїв?
4. В чому полягає суть автоматизованого проектування пристроїв?
5. В чому полягають особливості методики автоматизованого проектування пристроїв?
6. Наведіть структуру САПР та надайте її коротку характеристику.
7. Що являє собою поняття „СALS-технології” та її основне призначення?
8. В чому полягає методика підготовки вхідної інформації для САПР-пристрій?
9. Розкрийте поняття про „базу даних”.
10. Надайте характеристику бібліотеки конструктивних елементів, та як вона розробляється?
11. Надайте характеристику нормативно-довідковій інформації.
12. Те ж саме, каталог відомостей про обладнання.
13. Те ж саме, умови виробництва.
14. Як відбувається синтез конструкції пристрою в системі CAD?
15. Як класифікують системи CAD залежно від складності задач, які вирішуються з їх допомогою?
16. В чому полягає параметризація та асоціативність CAD-систем?
17. В чому полягають функції САМ-системи?
18. В чому полягають функції САЕ-системи?
19. Розкрийте поняття про базовий модуль програмно-методичного комплексу?
20. Якими способами можна створювати тривимірні моделі в CAD-системах?
21. Які задачі вирішуються в підсистемі технологічної підготовки виробництва пристроїв?
22. Надайте характеристику основним принципам проектування технологічних процесів (ТП).
23. Які основні функції виконуються в сучасних САМ-системах?

24. Надайте характеристику інформаційній базі, яка використовується при автоматизованому проектуванні ТП.

25. Надайте характеристику підсистемам для підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК.

26. Наведіть приклади підсистем САД:

верхнього рівня;

середнього рівня;

нижнього рівня.

## Література

1. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1964. – 650 с.
2. Базров Б.М., Сорокин А.И., Губарь В.А. Альбом по проектированию приспособлений. – М.: Машиностроение, 1991. – 121 с.
3. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений. – М.: Высш. шк., 1980. – 240 с.
4. Болотин Х.Л., Костромин Ф.П. Станочные приспособления. – М.: Машиностроение, 1973. – 344 с.
5. Боровик А.І. Проектування технологічного оснащення. – К.: ІЗМН, 1996. – 488 с.
6. Городецкий Ю.Г. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1971. – 376 с.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.
8. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений: Учебник. – М.: Машиностроение, 1983. – 277 с.
9. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
10. Малых В.А., Рахимов Э.Г. Точностные расчеты при проектировании станочных приспособлений. – Уфа, 1986. – 53 с.
11. Марков Н.Н., Ганевский Г.М. Конструкция, расчет и эксплуатация измерительных инструментов и приборов. – М.: Машиностроение, 1981. – 367 с.
12. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: Учеб. для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. – 336 с.
13. Ракович А.Г. Автоматизация проектирования приспособлений для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1980. – 128 с.
14. Станочные приспособления: Справочник. Т.1, 2 / Под ред. В.Н.Вардашкина, А.А.Шатилова. – М.: Машиностроение, 1984.
15. Терликова Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. – М.: Машиностроение, 1980. – 119 с.
16. Технологический контроль в машиностроении: Справочник проектировщика / Под общ. ред. В.Н.Чулырина, А.Д.Никифорова. – М.: Машиностроение, 1987. – 512 с.

Навчальне видання

**Боровик Анатолій Іванович**

# Технологічна оснастка механоскладального виробництва

*Навчальний посібник*

Редактор: *Василенко Людмила Геннадіївна*  
Коректор: *Наследова Тетяна Анатоліївна*  
Комп'ютерна верстка: *Садовий Анатолій Іванович*  
Дизайн обкладинки: *Сидоренко Марія Олексіївна*

Підп. до друку 15.10.2007. Формат 84x108/32. Папір офс.  
Гарн. Times New Roman. Друк офсетний. Обл.-вид. арк. 41,38.  
Ум.друк.арк. 76,23.  
Наклад 1000 пр.

Видавництво «Кондор»  
Свідоцтво ДК № 1157 від 17.12.2002 р.  
03067, м.Київ, вул.Гарматія, 29/31  
тел./факс:(044) 408-76-17, 408 76-25

Друк ПП «Гарант-Сервіс»  
03067, м. Київ, вул. Машинобудівна, 46

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру  
суб'єктів видавничої справи (серія ДК, № 1256 від 10.02.2003)

Тел./факс: (044) 206-20-75; 206-20-76