

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра технології машинобудування і ремонту машин

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристосувань»

для студентів спеціальності 015.13 Професійна освіта
(Метрологія, стандартизація та сертифікація)

Укладачі: **АБРАМОВ Дмитрій Володимирович**

Зміст

1. Загальні відомості про технологічне оснащення та його різновиди.....	4
1.1. Технологічне оснащення, її роль в сучасному виробництві, класифікація та сфери застосування.....	4
1.2. Контрольно-вимірювальні пристосування, їх функції, конструктивні особливості.....	6
1.3. Класифікація контрольно-вимірювальних пристосувань.....	11
1.4 Основні етапи проектування контрольно-вимірювальних пристосувань.....	13
Тема 2. Методи підвищення міцності, жорсткості і зносостійкості елементів конструкції КВП.....	16
2.1 Підвищення жорсткості елементів КВП.....	16
2.2 Підвищення циклічної міцності деталей КВП.....	19
2.3 Конструктивні і технологічні методи підвищення зносостійкості поверхонь деталей КВП.....	20
3 Базування контрольованої деталі в пристосуванні по плоским поверхням.....	22
3.1 Базування призматичної деталі.....	22
3.2 Класифікація настановних елементів і вимоги, що пред'являються до них.....	23
3.3 Базування деталей на пальцях.....	26
4 Базування контрольованої деталі в пристосуванні по зовнішній або внутрішній циліндричній поверхні.....	30
4.1 Схема базування деталі по зовнішній циліндричній поверхні.....	30
4.2 Похибки при базуванні деталі по зовнішній циліндричній поверхні в призмі.....	31
4.3 Базування деталі по внутрішній циліндричній поверхні.....	36
Тема 5 Базування валів по центровим отворам.....	40
5.1 Характеристика видів контакту центру і центрального отвору.....	40
5.2 Визначення похибки від зсуву осі.....	45
5.2.1 Визначення зміщення осі при постійних точках контакту.....	45
5.2.2 Визначення зміщення осі при змінних точках контакту.....	47
6 Підготовка вихідних даних, розробка схеми контролю і вибір елементів конструкції контрольно-вимірювальних пристроїв (КВП).....	49
6.1 Підготовка вихідних даних для проектування КВП.....	49
6.2. Вибір або розробка принципової схеми контролю.....	51
6.3. Вибір елементів конструкції КВП.....	54
6.3.1. Установчі елементи КВП.....	54

6.3.2. Затискні елементи КВП.....	56
6.3.3. Передавальні елементи КВП.....	58
7 Напрямні пристрої і точність вимірювання в напрямних.....	60
7.1 Різновиди напрямних для прямолінійного руху.....	60
7.2 Точність вимірювання в напрямних.....	64
7.2.1 Напрямні з тертям ковзання.....	64
7.2.2 Напрямні з тертям кочення.....	67
7.2.3 Напрямні з внутрішнім тертям.....	69
8 Затискні механізми і розрахунок сил затиску.....	73
8.1 Класифікація затискних механізмів і вимоги, що пред'являються до них.....	73
8.2 Розрахунок сил затиску при різних схемах установки.....	74
9 Вибір засобів вимірювання і допоміжних пристроїв з подальшою розробкою компонування КВП.....	78
9.1 Засоби вимірювання, що застосовуються в КВП, і їх вибір.....	78
9.2 Допоміжні пристрої, що застосовуються в КВП, і їх вибір.....	85
9.3 Принципи розробки компонентів КВП.....	89
10 Точність контрольно-вимірювального пристосування.....	93
10.1 Сумарна похибка вимірювання і її складові.....	93
10.2 Похибка через неточності настановних елементів і їх розташування на корпусі КВП при складанні.....	95
10.3 Похибка передавальних пристроїв.....	95
10.4 Похибка, викликана неточністю виготовлення установочних елементів і еталонних деталей.....	102
10.5 Похибка засобів вимірювання.....	103
10.6 Похибка несуміщення баз.....	104
10.7 Похибка, від дії вимірювальної сили.....	106
10.8 Похибка закріплення.....	107
11. Вимоги та рекомендації щодо виконання складальних креслень верстатних і контрольних пристосувань.....	109
11.1 Загальні вимоги до складальних креслень верстатних і контрольних пристосувань.....	109
11.2 Особливості виконання складальних креслень контрольно-вимірювальних пристосувань.....	113
11.3 Запобігання найбільш типових помилок в конструкції і складальних кресленнях контрольно-вимірювальних пристосувань.....	115

Тема 1. Загальні відомості про технологічне оснащення та його різновиди

План

- 1.1. Технологічне оснащення, її роль в сучасному виробництві, класифікація та сфери застосування
- 1.2. Контрольно-вимірювальні пристосування, їх функції, конструктивні особливості
- 1.3. Класифікація контрольно-вимірювальних пристосувань
- 1.4 Основні етапи проектування контрольно-вимірювальних пристосувань

1.1 Технологічне оснащення, її роль в сучасному виробництві, класифікація та сфери застосування

Технологічне оснащення - це пристрої або механізми, які доповнюють технологічне обладнання і служать для забезпечення безпеки праці робітника і підвищення продуктивності виконання операції. Вона являє собою сукупність різучого, вимірювального інструмента і пристосувань, що використовуються для базування, закріплення і контролю оброблюваних деталей на різному технологічному обладнанні: металообробних верстатах, пресах, вимірювальних машинах і ін. Залежно від типу виробництва і призначення технологічного обладнання розрізняється і його оснащення. У масовому виробництві пріоритетним є застосування спеціальної нерозбірної і безналадочної оснастки; в серійному виробництві - спеціалізованої та уніфікованої оснастки, що має можливість багатоваріантного і багаторазового використання її деталей і складальних одиниць: в одиничному виробництві - спеціальної нерозбірної і універсально-налагоджувальної оснастки.

Основним різновидом технологічної оснастки є різні пристосування. Їх поділяють на кілька груп залежно від цільового призначення: верстатні

пристосування застосовуються для установки заготовок на верстатах: пристосування для установки режучих інструментів: складальні пристосування для забезпечення правильного взаємного положення деталей і складальних одиниць на складальних операціях: контрольні пристосування для перевірки точності заготовок, проміжного і остаточного контролю деталей, перевірки складальних одиниць і машин (випробувальні і контрольні-вимірювальні стенди); транспортно-кантувальні пристосування для захоплення, переміщення, перевертання оброблюваних заготовок і виробів, які складаються, що застосовуються в автоматизованому виробництві.

Використання пристосувань сприяє підвищенню точності і продуктивності обробки та складання виробів, продуктивності контролю деталей; забезпечує механізацію та автоматизацію технологічних процесів, зниження кваліфікації робіт, розширення технологічних можливостей обладнання і підвищення безпеки робіт.

Запозичення відомих технічних рішень при створенні оснащення - основний принцип при оснащенні пристосуваннями технології виготовлення виробу. Це обумовлено високою питомою вагою витрат, пов'язаних з технологічним оснащенням, в собівартості продукції, оскільки проектування і виробництво оснащення носить індивідуальний характер і залежить від конкретних конструктивно-технологічних параметрів кожного виробу.

Часта зміна об'єктів виробництва, пов'язана з наростанням темпів технічного прогресу, вимагає створення конструкцій пристосувань, методів їх розрахунку, проектування і виготовлення, що забезпечують неухильне скорочення термінів підготовки виробництва.

Витрати на виготовлення технологічного оснащення складають 15 - 20% від витрат на обладнання для технологічного процесу обробки деталей машин або 10 - 24% від вартості машини. Верстатні пристосування займають найбільшу питому вагу за вартістю і трудомісткістю виготовлення в загальній кількості різних типів технологічного оснащення.

За останній час на передових машинобудівних заводах проведена велика

робота по механізації і автоматизації пристосувань, а також по стандартизації і нормалізації окремих деталей і вузлів пристосувань.

1.2. Контрольно-вимірювальні пристрої, їх функції, конструктивні особливості

Сучасне виробництво характеризується зростаючими вимогами до точності геометричних параметрів виготовлених деталей. Перевірка точності цих параметрів вимагає застосування більш досконалих засобів контролю. Контроль точності виконується як на проміжних етапах обробки (операційний контроль), так і на етапі остаточної приймання продукції (остаточний контроль). Багато деталей мають складну конструктивну форму і малі допуски. Тому для їх контролю часто застосовують контрольно-вимірювальні пристрої (КВП), які є спеціальними виробничими засобами вимірювання і контролю, що представляють собою конструктивне поєднання базуючих, затискних і вимірювальних пристроїв. Їх основне призначення полягає в вимірі похибки геометричних параметрів деталей і складальних одиниць при їх виготовленні на етапах проміжного та остаточного контролю.

Вимірювальний пристрій - механізм або їх сукупність, яка утворює дію елементів системи, спрямовану на передачу сигналу вимірювальної інформації у формі, що відповідає вживаному типу відлікового пристрою.

Первинний перетворювач - елемент приладу, який першим сприймає зміни інформації на вході приладу.

Контрольні пристосування - спеціальні вимірювальні пристрої, які в виробничих умовах забезпечують вимірювання деталей з необхідною точністю і продуктивністю. Контрольні пристосування проектують для перевірки конкретної деталі і в основному для остаточної приймання готової деталі.

За допомогою КВП перевіряють:

- лінійні розміри: зовнішні і внутрішні діаметри, висоту, ширину, глибину, виступи, довжину різних елементів деталей, які неможливо або недоцільно

вимірювати граничними калібрами або універсальними вимірювальними засобами:

- точність форми поверхонь (рис. 1.1):

- точність розташування поверхонь (рис. 1.2);

- параметри зачеплення зубчастих коліс, різьбових з'єднань, фасонних поверхонь і деталей зі складним профілем:

Також за допомогою КВП можна:

- виконувати активний контроль розмірів заготовок безпосередньо при обробці на верстатах:

- перевіряти одночасно кілька параметрів деталей;

- проводити сортування деталей по точності параметрів на групи в межах заданого допуску:

- налаштовувати ріжучий інструмент на заданий розмір і здійснювати контроль розмірів заготовок при обробці на верстатах з ЧПУ.

Основними вимогами, що пред'являються до конструкції КВП. є наступні: забезпечення оптимальної точності і продуктивності контрольних операцій, зручність в експлуатації, технологічність у виготовленні, зносостійкість, економічна доцільність.

З огляду на різноманіття технологічних процесів, конструктивних форм і розмірів виготовлених деталей, типів верстатів і інших чинників номенклатура застосовуваних пристроїв вельми різноманітна. Незважаючи на великі відмінності в конструктивному оформленні, пристосування мають практично однакову структуру, куди входять різні елементи, механізми і деталі.

Установчі елементи (опори) служать для орієнтації заготовки в просторі і їх базування при обробці і вимірі.

Затискні елементи і пристрої пристосувань призначені для забезпечення надійного контакту базових поверхонь заготовок з установочними елементами пристосувань і попередження зміщування заготовки при обробці і вимірі.

Силові приводи пристосувань забезпечують вплив затискних елементів на закріплюється заготовку із заданою силою і в певному напрямку.

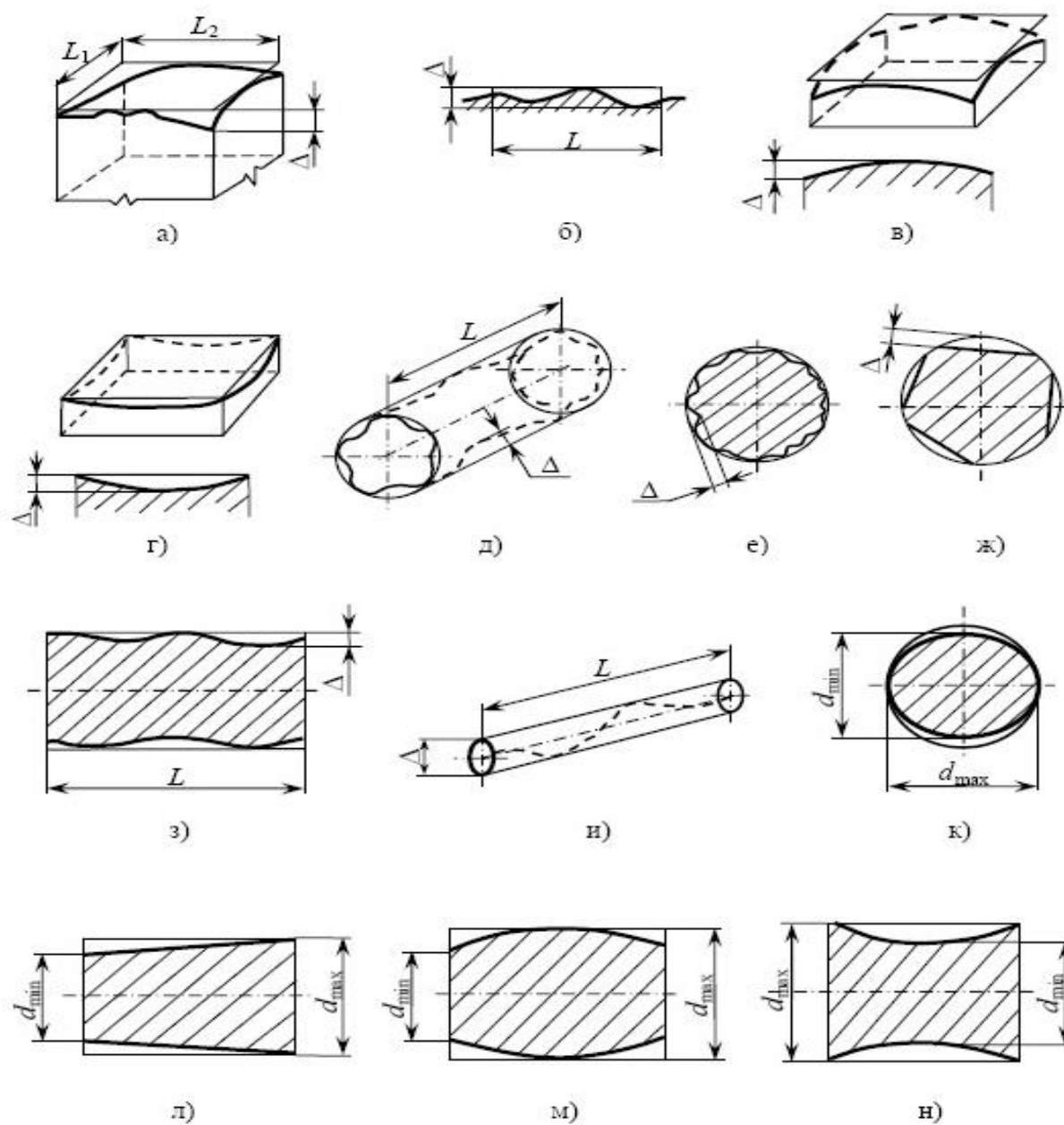


Рис. 1.1. Відхилення форми за ДСТУ ГОСТ 24642-81:

- а) неплосцинність; б) непрямолінійність; в) опуклість;
 г) увігнутість; д) неціліндрічність; е) некруглість; ж) огранювання;
 з) непрямолінійність профілю перерізу; и) непрямолінійність осі;
 к) овальність;
 л) конусоподібність; м) бочкоподібність; н) сідлоподібність

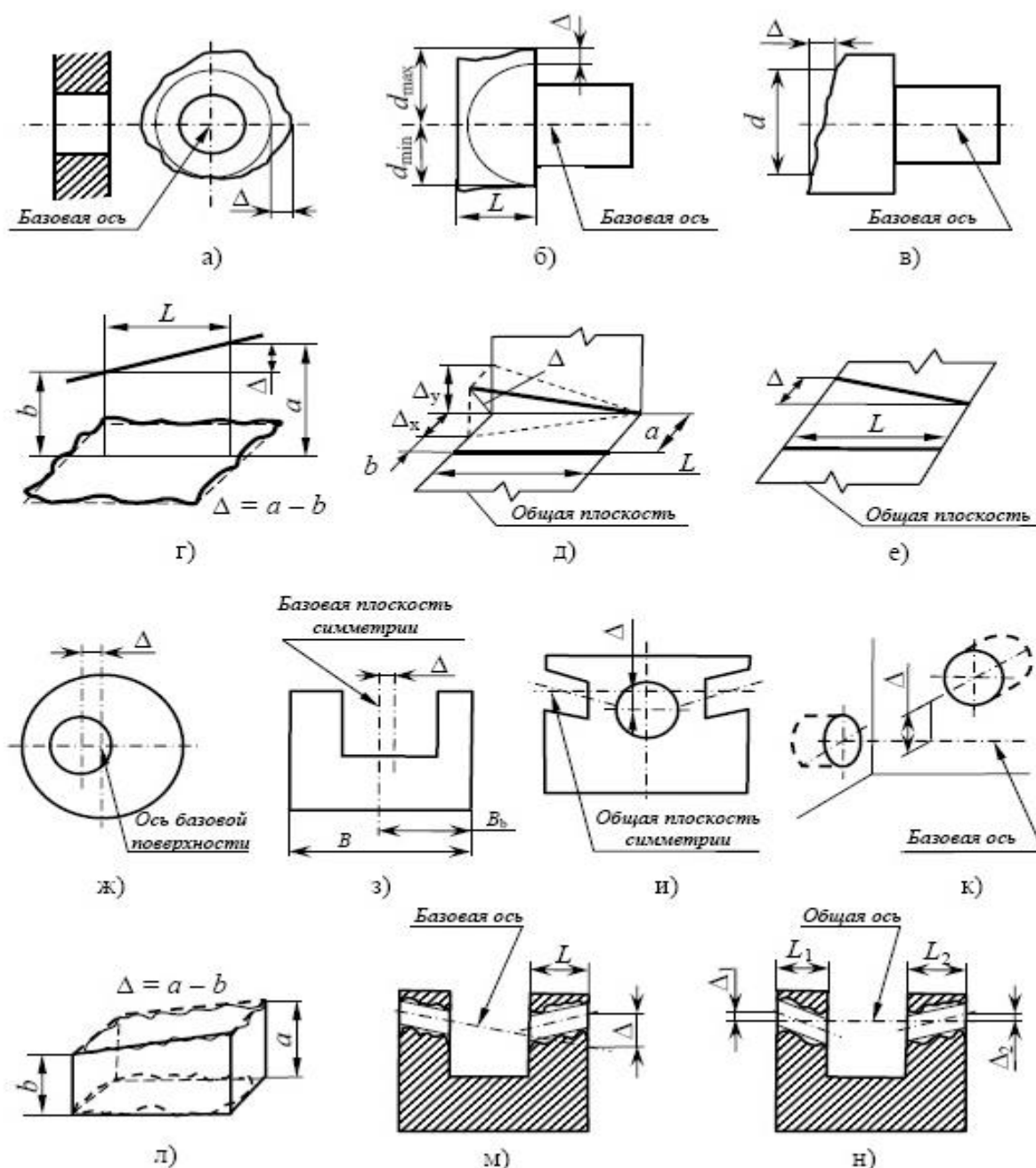


Рис. 1.2. Відхилення розташування за ДСТУ ГОСТ 24642-81:
 а) радіальне биття; б) повне радіальне биття; в) торцеве биття;
 г) непаралельність осі відносно площини; л) непаралельність осей або прямих
 в просторі; е) перекіс осей або прямих; ж) неконцентричність;
 з) несиметричність; і) несиметричність щодо загальної площини; к) перетин
 осей; л) непаралельність площин; м) неспіввісність щодо осі бази;
 н) неспіввісність щодо загальної осі

Елементи для визначення положення і напрямки ріжучого або вимірювального інструментів служать для постановки обробного інструменту в необхідне положення (висотні і кутові встанови): напрямки свердел, зенкерів, розгорток, дорнів, розточувальних борштанг і іншого інструменту (кондукторні втулки): забезпечення заданої кінематики переміщення інструменту (копіри). Зазначені елементи повинні мати підвищені точність і якість обробки, високу зносостійкість.

Передавальні елементи.

Вимірювальні пристрої.

Корпуси пристосувань є базовими найбільш відповідальними елементами пристосувань, за допомогою яких всі деталі та приладдя пристосувань об'єднуються в єдине ціле.

Допоміжні пристрої і елементи служать для розширення технологічних можливостей, підвищення швидкодії пристосувань, зручності управління ними та їх обслуговування. До допоміжних відносяться поворотні і ділильні пристрої з дисками і фіксаторами; різні виштовхують пристрої (виштовхувачі): швидкодіючі засувки і відкидні гвинти для кріплення відкидних елементів пристосувань (наприклад, шарнірно встановлених кондукторних плит): підйомні механізми та інші.

Технічні вимоги на пристосування випливають з їх службового призначення. Оскільки пристосування призначене для базування об'єкта, то пред'являються вимоги, які можна розділити на три групи: точність посадкових елементів пристосування, що утворюють комплект баз для базування об'єкта і комплект баз, якими встановлюється саме пристосування, точність відносного положення комплектів баз, точність положення напрямних втулок, кінематичних елементів і їх відносного положення. Пристосування має мати необхідну міцність, жорсткість, зносостійкість і теплостійкість.

1.3 Класифікація контрольно-вимірювальних пристосувань

Єдиної класифікації КВП не існує. На заводах і в технічній літературі їх прийнято класифікувати за такими ознаками.

1. За спеціалізацією.

Універсальні КВП - використовуються для контролю заданих параметрів заготовок або деталей різної конфігурації в певному діапазоні розмірів.

Спеціалізовані КВП - мають обмежену універсальність і використовуються для контролю параметрів однотипних заготовок або деталей, що належать до певної класифікаційної групи або класу. При контролі кожного найменування заготовки пристосування переналагоджується.

Спеціальні КВП - використовуються для контролю параметра або параметрів заготовок або деталей одного найменування.

2. За видом контрольованих геометричних параметрів заготовок або деталей пристосування можна класифікувати відповідно до схеми, представленій на рис. 1.3.

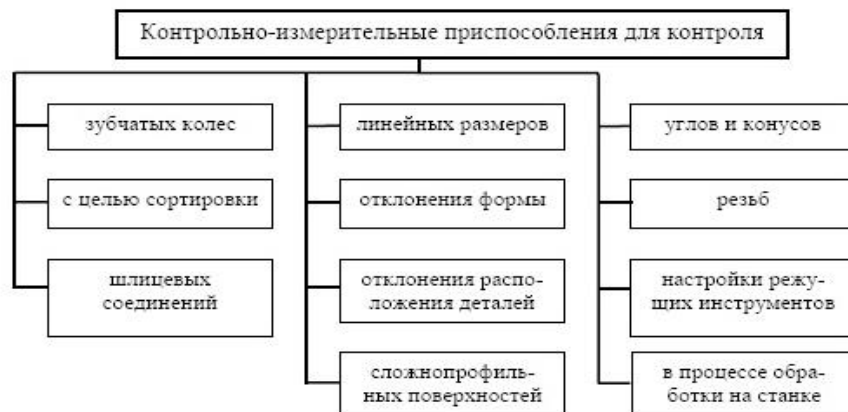


Рис. 1.3. Класифікація КВП за видом контрольованих геометричних параметрів

3. За рівнем механізації і автоматизації КВП поділяють на ручні,

механізовані, автоматизовані та автоматичні.

Ручні КВП - контроль здійснюється безпосередньо людиною. Рівень механізації та автоматизації нульовий.

Механізовані КВП - контроль здійснюється з різним ступенем участі людини. Рівень механізації та автоматизації може бути малий, середній або великий.

Автоматизовані КВП - контроль здійснюється з частковим безпосередньою участю людини. Рівень механізації та автоматизації високий.

Автоматичні КВП - контроль здійснюється без безпосередньої участі людини. Рівень механізації та автоматизації повний.

Чим вище рівень механізації і автоматизації, тим менше частка ручної праці, при цьому збільшуються об'єктивність і продуктивність контролю.

4. За кількістю вимірюваних параметрів: одномірні і багатовимірні.

5. За способом вимірювання: статичні, кінематичні і динамічні.

Під статичними розуміють такі способи вимірювання, при яких ні вимірювана деталь, ні елементи вимірювального пристрою не роблять під час вимірювання будь-яких переміщень.

При кінематичних способах яка вимірюється деталь або вимірювальний елемент пристосування переміщуються з малої і практично постійною швидкістю під час вимірювання.

При динамічному способі швидкості переміщення вимірюваної деталі або вимірювального елемента пристосування відносно великі, а прискорення, які виникають в процесі вимірювання, істотно впливають на результати контролю.

6. За методом перетворення вимірювального імпульсу: механічні, пневматичні, гідравлічні, електричні, пневмоелектричні, фотоелектричні і ін.

Так само КВП можуть характеризуватися по продуктивності, точності, діапазону вимірювань, стійкості до зовнішніх впливів, чутливості, за часом безвідмовної роботи і ін.

1.4 Основні етапи проектування контрольно-вимірювальних пристосувань

В процесі проектування КВП конкретизується схема базування деталі на контрольній операції, конструктивно оформляється компоновка пристосування з усіма його елементами. Розробляється складальне креслення контрольного пристосування до специфікації, виконуються розрахунки, що підтверджують придатність спроектованого пристосування для виконання контролю. Методика проектування КВП в загальному випадку включає в себе виконання наступних основних етапів.

1. Підготовка вихідних даних для проектування.
2. Вибір або розробка принципової схеми контролю.

На початку розробляють схему базування контрольованого об'єкта в КВП, на основі якої здійснюють розробку або вибір схеми контролю. Вид схеми контролю залежить від контрольованого параметра, конструкції (форми, габаритів) контрольованого об'єкта, передбачуваного методу контролю.

3. Вибір основних елементів конструкції КВП.

Після розробки схеми контролю необхідно визначити основні елементи конструкції пристосування, до яких відносяться: установчі, затискні і передавальні елементи.

Установчі елементи вибираються виходячи з необхідної схеми базування деталі в пристосуванні при виконанні контролю. Затискні пристрої в контрольному пристосуванні забезпечують надійність установки контрольованої деталі щодо засобів вимірювання. При виборі затискачів враховують такі вимоги: правильність розташування і напрям сили затиску, відсутність деформацій контрольованого об'єкта, швидкодія. У ряді випадків, наприклад при стійкому базування контрольованої деталі в КВП, коли центр ваги деталі знаходиться всередині опорного трикутника настановних поверхонь пристосування і коли сили, створювані вимірювальним пристроєм, не порушують цієї стійкості положення деталі, взагалі відпадає потреба в

затискному пристрої. Передавальні елементи в КВП можуть використовуватися для передачі вимірюваної величини від контрольованого об'єкта до засобу вимірювання.

4. Вибір засобу вимірювання.

Найбільш важливими і відповідальними елементами контрольних пристосувань є вимірювальні засоби (пристрої). Вимірювач, як пристрій, який безпосередньо здійснює перевірку, в значній мірі визначає точність усього КВП.

5. Вибір допоміжних пристроїв.

Крім основних пристроїв, правильність конструкції пристроїв, точність їх роботи, простота і зручність їх виготовлення, простота експлуатації визначаються: вузлами кріплення вимірювальних пристроїв, механізмами для обертання контрольованих деталей, плитами, корпусами. Згідно з цим пунктом, з урахуванням схеми контролю, проводиться вибір вузлів кріплення засобів вимірювань, вибирається конструкція стійок, центрових бабок, шпинделів, поворотних столів, направляючих елементів і інших пристроїв.

6. Розробка компоновки КВП.

На даному етапі виконується ескізна компоновка КВП, яка об'єднує в собі всі обрані раніше деталі і інші конструктивні елементи пристосування. При виконанні компонування також необхідно поставити посадки в усіх сполученнях виходячи з умов їх роботи.

7. Розрахунок на точність контрольованого пристосування.

Проводиться розрахунок на точність контрольованого пристосування щодо контрольованого параметра. При цьому слід мати на увазі, що зазвичай спроектоване багатовимірне пристосування може контролювати кілька поверхонь заготовки а. отже, вимірюється кілька геометричних параметрів одночасно. Тому розрахунок похибки вимірювання КВП ведеться для кожного контрольованого параметра. За результатами розрахунків робиться висновок про придатність пристосування для виконання необхідної контрольної операції.

8. Опис роботи спроектованого КВП.

9. Виконання складального креслення КВП із завданням всіх технічних вимог до його конструкції.

Розробку загального виду пристосування починають з нанесення на лист контуру деталі. Конструювання зводиться до послідовного викреслювання елементів контрольного пристосування і вимірювальних пристроїв навколо контуру контрольованої деталі. Попутно викреслюють необхідні розрізи і перетини, які пояснюють конструкцію.

Тема 2. Методи підвищення міцності, жорсткості і зносостійкості елементів конструкції КВП

План

2.1 Підвищення жорсткості елементів КВП

2.2 Підвищення циклічної міцності деталей КВП

2.3 Конструктивні і технологічні методи підвищення зносостійкості поверхонь деталей КВП

2.1 Підвищення жорсткості елементів КВП

Жорсткість визначає працездатність конструкції в такій же мірі, як і міцність. Підвищення деформації елементів може порушити нормальну роботу конструкції, так як це порушує рівномірний розподіл навантаження і тим самим викликає зосередження зусиль на певних ділянках деталей, створюючи місцеві високі напруги, що значно перевершують величину номінальних напруг.

Недостатня жорсткість корпусів конструкції викликає підвищене тертя і знос рухомих сполук; недостатня жорсткість валів і опор зубчастих передач порушує правильне зачеплення коліс і призводить до швидкого зносу зубів; недостатня жорсткість цапф і опор підшипників ковзання викликає підвищені кромочні тиски появу осередків напіврідинного і напівсухого тертя, перегрів або зниження терміну роботи підшипників; недостатня жорсткість нерухомих з'єднань, що піддаються впливу динамічних навантажень, викликає наклеп і зварювання поверхонь.

Для машинобудування жорсткість - це здатність системи чинити опір дії зовнішніх навантажень з деформаціями, що допускають працездатність системи без її порушення.

Існує і поняття пружність, тобто здатність системи здійснювати великі деформації під дією навантажень, і ця властивість використовується при

виготовленні пружин, ресор та інших деталей, але для машинобудівних конструкцій найбільше значення має жорсткість.

Жорсткість оцінюється коефіцієнтом жорсткості, що є відношенням сили, яка додається до системи, до максимальної деформації, спричиненою цією силою:

$$\lambda = \frac{\rho}{f}, \quad (1)$$

де λ - жорсткість системи, з'єднання, деталі;

ρ - сила, прикладена до системи;

f - максимальна деформація.

Жорсткість конструкції приладів і машин визначають наступні чинники:

- схема навантаження конструкції або окремого її елемента (навантаження на опорах або консольне, або з забитими кільцями);
- модуль пружності матеріалу (модуль нормальної пружності E при розтягуванні-стисненні і вигині, модуль згину - при крученні);
- геометрична характеристика перетину (F - при розтягуванні-стисненні, I - момент інерції при згині, I_p - при крученні).

Для збільшення жорсткості деталей без істотного збільшення їх маси при конструюванні приладів рекомендується застосовувати наступні правила.

Перше правило конструювання.

Для підвищення жорсткості деталі слід уникати деформації кручення і вигину, замінюючи їх деформаціями стиснення і розтягування.

Способами виконання цього правила можуть бути конструктивний, компоновочний і режимний.

1. Конструктивний спосіб полягає в тому, що проводиться заміна конструкції з великою деформацією конструкцією з малою деформацією. Наприклад, заміна консольної балки трикутної форми балкою, в якій діє розтягнення-стиснення.

2. Компоновочний спосіб полягає в зміні розташування однієї деталі щодо іншої.

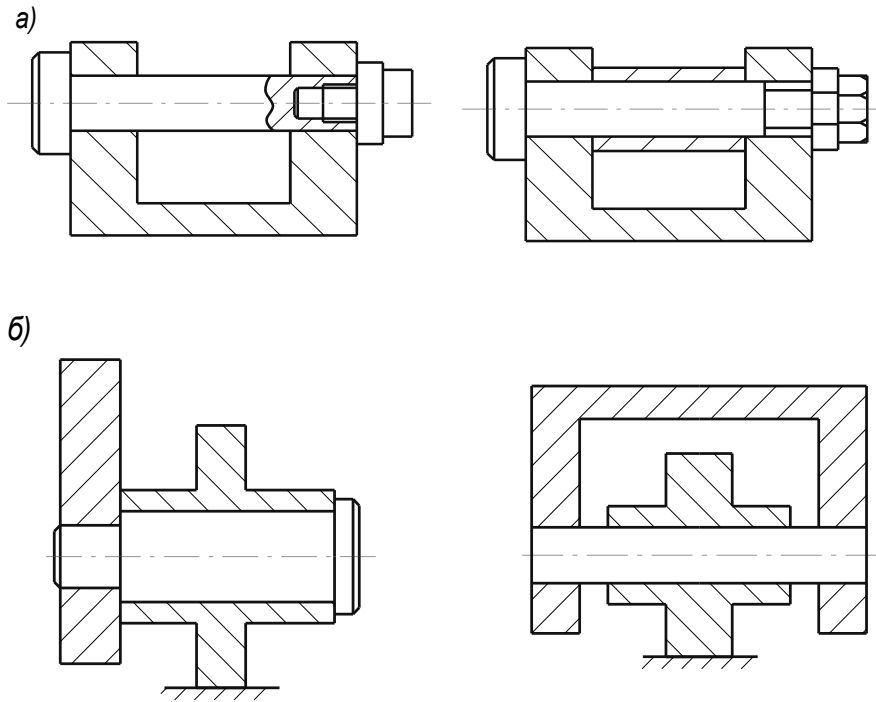


Рис. 2.1. Приклади підвищення жорсткості конструкцій.

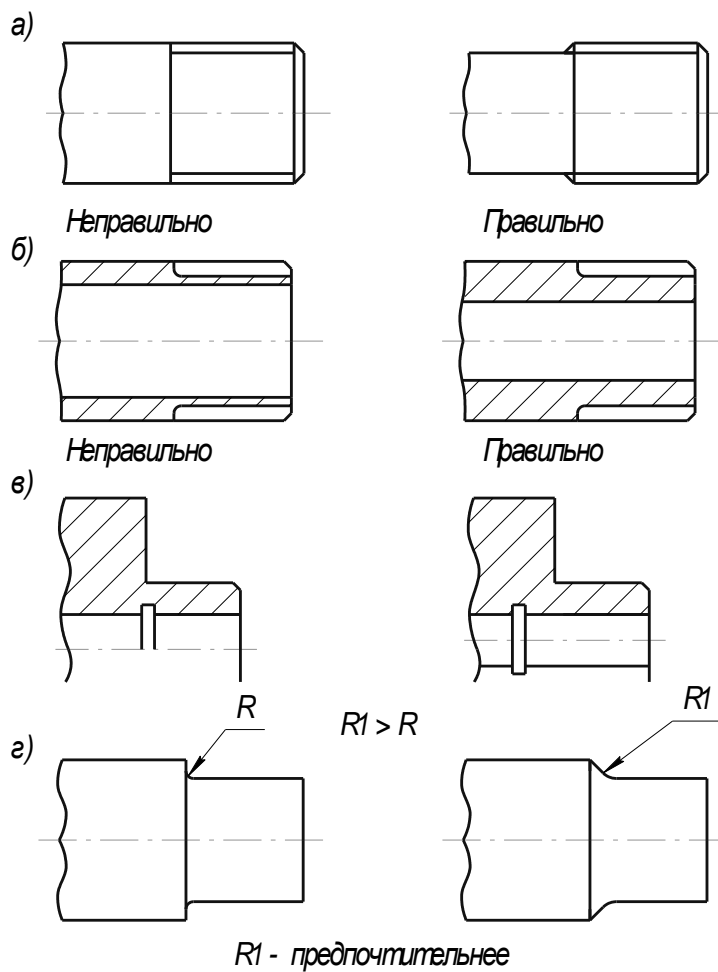


Рис. 2.2. Приклади підвищення циклічної міцності.

3. Режимний спосіб полягає у виборі режиму роботи приладу, при якому жорсткість окремих елементів збільшується.

Друге правило конструювання.

Для підвищення жорсткості слід застосовувати такі методи, при яких не відбувається збільшення маси деталі.

Це досягається за рахунок застосування раціональних форм перетинів, наприклад, замість суцільних перетинів - порожніх або перетинів з отворами всередині і т. п.

Необхідно виключати можливість деформації тонкостінних деталей. Слід вводити ребра жорсткості і прибирати консолі.

2.2 Підвищення циклічної міцності деталей КВП

Деталі, які піддаються тривалому повторно-змінному навантаженню, руйнуються при напруженнях, значно менших межі міцності матеріалу. Близько 80% поломок, що відбуваються при експлуатації машин і приладів, викликані втомним явищем.

Циклічні навантаження найбільш явно виражені в пристроях зі зворотно-поступальним рухом (поршневі і кулачкові механізми), зубчастих і ланцюгових передач (так як вали двічі за оборот піддаються розтягуванню і стисненню через дії радіальної сили).

Характеристикою циліндричної міцності і надійності є межа витривалості σ_{-1} . Це найбільше число циклів навантажень, які витримує матеріал до руйнування.

Гранична кількість циклів для більшості конструкційних матеріалів становить $\sigma_{-1} = 10^7$.

Циклічна міцність деталей - це випробування на втому реальної деталі з урахуванням поправок на її форму і розміри, стан її поверхні, тобто визначення витривалості.

Циклічна міцність деталі значно знижується від різких переходів, надрізів, що

викликають місцеву концентрацію напружень, що підвищують в 2-3 рази середній рівень напружень.

2.3 Конструктивні і технологічні методи підвищення зносостійкості поверхонь деталей КВП

Знос - процес постійної зміни форм і розмірів, що відбувається при терті.

В результаті збільшуються зазори, зменшується точність, збільшуються динамічні навантаження, вібрації.

Знос залежить від наступних факторів:

- 1) роду і характеру тертя;
- 2) величини питомого тиску;
- 3) швидкості переміщення контактуючих поверхонь;
- 4) форми і розміру, що труться (знос буде максимальним, якщо обидві деталі рухаються назустріч одна одній);
- 5) температури, при якій ці деталі взаємодіють (при високій температурі знос деталі буде більше);
- 6) якості і способу підведення мастила до поверхні тертя;
- 7) матеріалів, що труться;
- 8) корозійного впливу поверхневих плівок у металі (окисні плівки іноді діють як абразив).

Знос особливо небезпечний в місцях точкового контакту.

Підвищення зносостійкості деталей можна отримати конструкторськими і технологічними методами.

Конструкторські методи підвищення зносостійкості.

1. Заміна тертя ковзання тертям кочення.
2. Більш схильні до зносу деталі необхідно виконувати у вигляді окремих легко змінних деталей, виготовлених з матеріалів зі спеціальними властивостями.
3. Збільшення площі контакту між поверхнями, що труться, наприклад, за рахунок заміни циліндричних опор конічними.

4. Якщо створення пари виконується з деталей з твердих і м'яких матеріалів, то поверхня деталі з більш твердого і зносостійкого матеріалу повинна перекривати поверхню деталі з більш м'якого матеріалу, так як це забезпечує рівномірний знос всієї поверхні з більш м'якого матеріалу.

5. У випадках, коли знос веде до різкого зниження точності приладу, в конструкціях застосовуються компенсатори, які автоматично вибирають зазори, що виникають внаслідок зносу. У цьому випадку використовують рухливі деталі з пружними елементами, наприклад, плоскі або спіральні пружини.

Технологічні методи підвищення зносостійкості.

1. Відповідний вибір матеріалу.

2. Вибір пар, що труться, при цьому найбільш часто застосовуються такі пари матеріалів: сталь - чавун, сталь - бронза, сталь - латунь, сталь - фторопласт, сталь - металокераміка, сталь - вуглеграфіт.

3. Зменшення шорсткості поверхні деталі і збільшення твердості.

4. Застосування рідинного тертя і змащування поверхонь, а також забезпечення відводу тепла від поверхонь, що труться.

3 Базування контрольованої деталі в пристосуванні по плоским поверхням

План

3.1 Базування призматичної деталі

3.2 Класифікація настановних елементів і вимоги, що пред'являються до них

3.3 Базування деталей на пальцях

3.1 Базування призматичної деталі

На рис. 3.1 приведена схема базування призматичної заготовки. Зі схеми видно, що накладення в координатних зв'язків позбавляє всіх ступенів свобод.

Але не завжди потрібно точне положення заготовки в усіх 3-х координаційних площинах. Тоді застосовують метод спрощеного базування. Наприклад на рис. 3.2 положення паза задано розміром YZ .

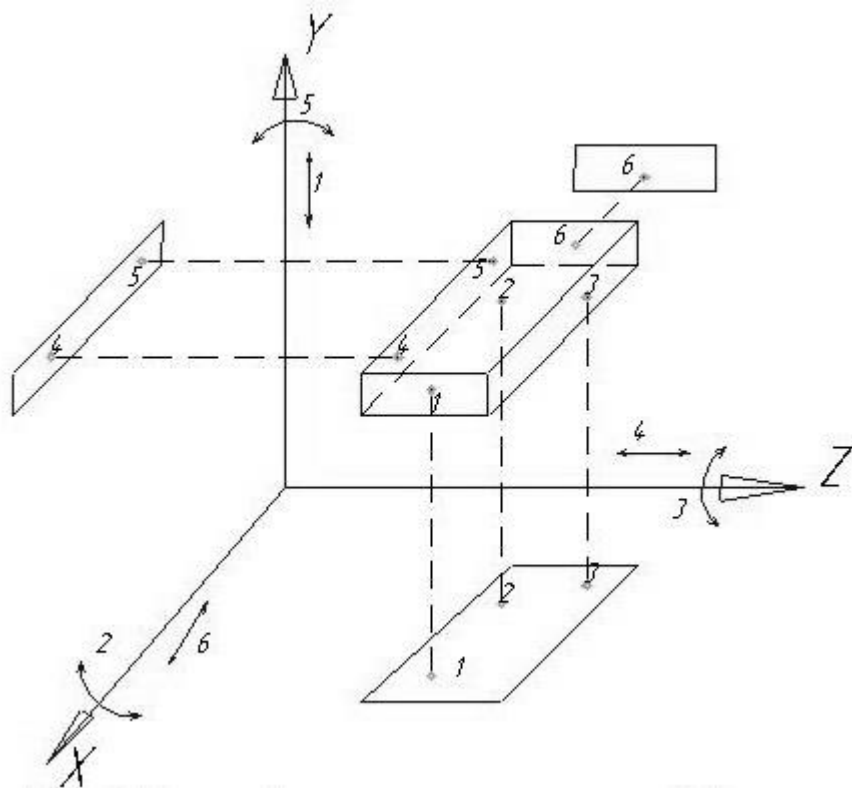


Рис. 3.1 Схема базування призматичної заготовки

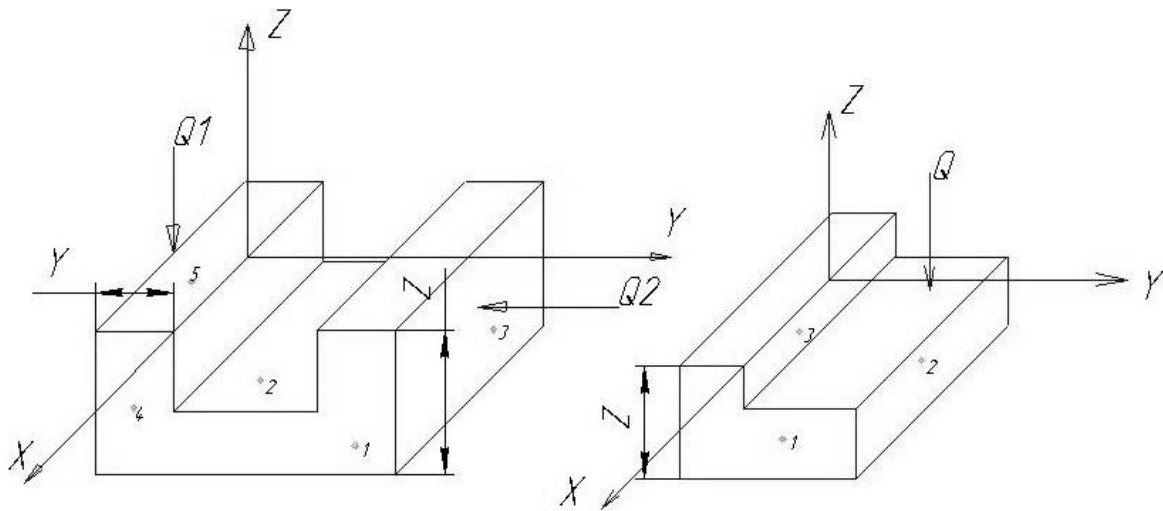


Рис. 3.2 Базування призматичної деталі з усуненням 5-ти чи 3-х ступенів свободи

Якщо заданий 1 розмір, то можна обмежитися усуненням тільки 3 ступенів. Решта ступенів позбавляються за рахунок сил затиску. У якості настановних елементів, або їх можна назвати базами на які орієнтується деталь, можуть виступати спеціально виготовлені деталі певної форми (рис. 3.3)

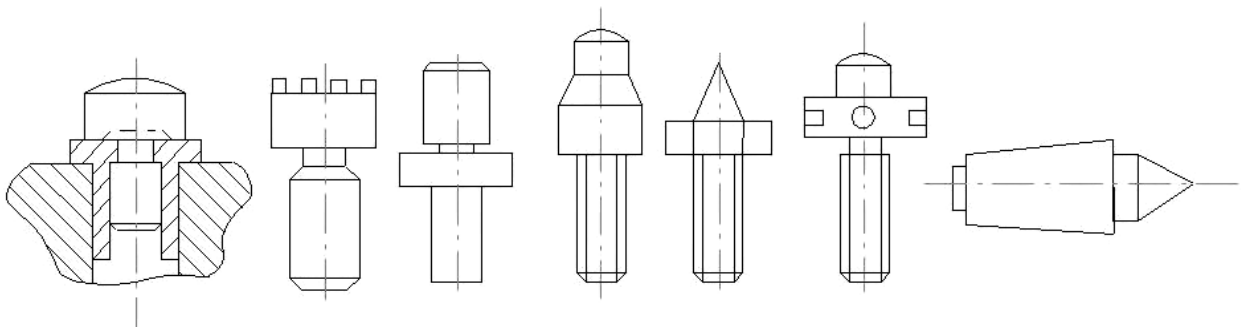


Рис. 3.3 Наставні елементи (постійні і регульовані)

3.2 Класифікація настановних елементів і вимоги, що пред'являються до них

Стандарти на установчі елементи:

ДСТУ ГОСТ 13440 2008 - плоскі;

ДСТУ ГОСТ 13441 2008 - сферичні;

ДСТУ ГОСТ 13442: 2008 - із рисками;

ДСТУ ГОСТ 4743 2008 - опорні пластини;

ДСТУ ГОСТ 4085: 2008 регульовані опори;

ДСТУ ГОСТ 4740 2008 - посилені регульовані опори.

Вимога до настановних елементів:

1. Число і розташування настановних елементів повинно забезпечувати базування заготовки, стійкість, твердість закріплення. Зайве число елементів призводить до появи невизначеності базування.

2. Відстань між опорами якомога більше.

3. Робоча поверхня настановних елементів повинна бути не більше їх розміру, що знижує вплив неточності виготовлення технологічної бази та її міронерівностей.

4. Встановлені елементи не повинні псувати базової поверхні заготовок (деталей).

5. Установчі елементи повинні бути жорсткими (для виключення власної деформації)

6. Володіти можливістю швидкої заміни зношеного елемента

7. Володіти зносостійкістю (матеріал У7-У8А-У10А, Ст. 45, 40х з загартуванням).

Класифікація опор (Настановних елементів)

Установчі елементи бувають основними і допоміжними.

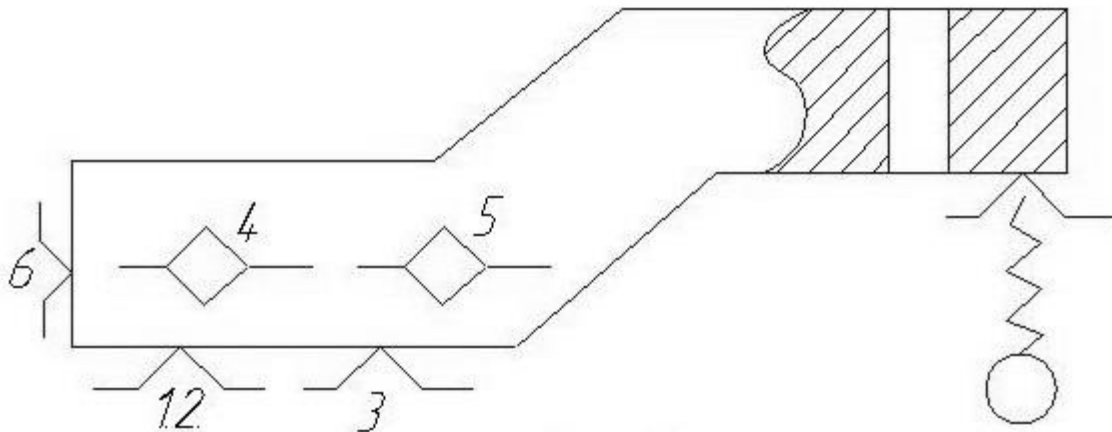


Рис. 3.4 Основні та допоміжні настановні елементи при базуванні деталі

Основними - називають елементи, що позбавляють при установці всіх або кілька ступенів свободи. Ці опори нерухомі.

Допоміжні служать для додання деталі додаткової жорсткості або стійкості в процесі контролю (рис. 3.4).

У пристроях, в вимірювальних приладах застосовують 2 типу допоміжних опор - Самоустановлювальні і ті, що підводяться.

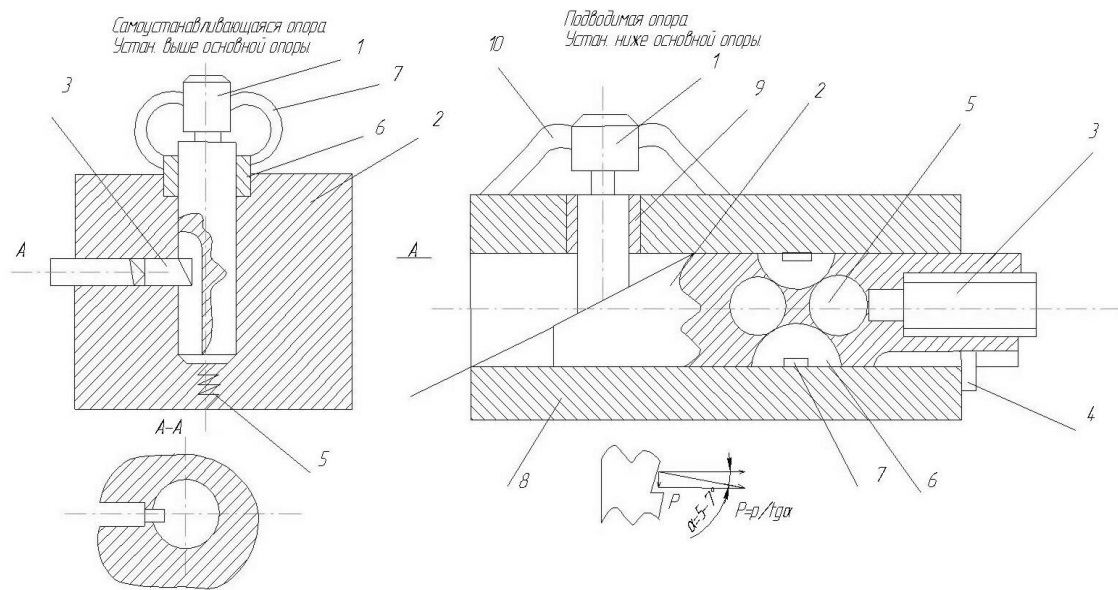


Рис. 3.5 Самоустановлювальні опори та ті, що підводяться

Перевагами самоустановлювальних опор є:

Швидкодія, можливість управління декількома опорами.

Недолік. Неможливість застосування при дії великих протидіючих сил. Для опор, що підводяться, перевагою є здатність витримувати великі сили, але продуктивність мала. При вимірі можливо знехтувати недоліками. На рис. 3.6 представлені різні типи самоустановлювальних опор та тих, що підводяться.

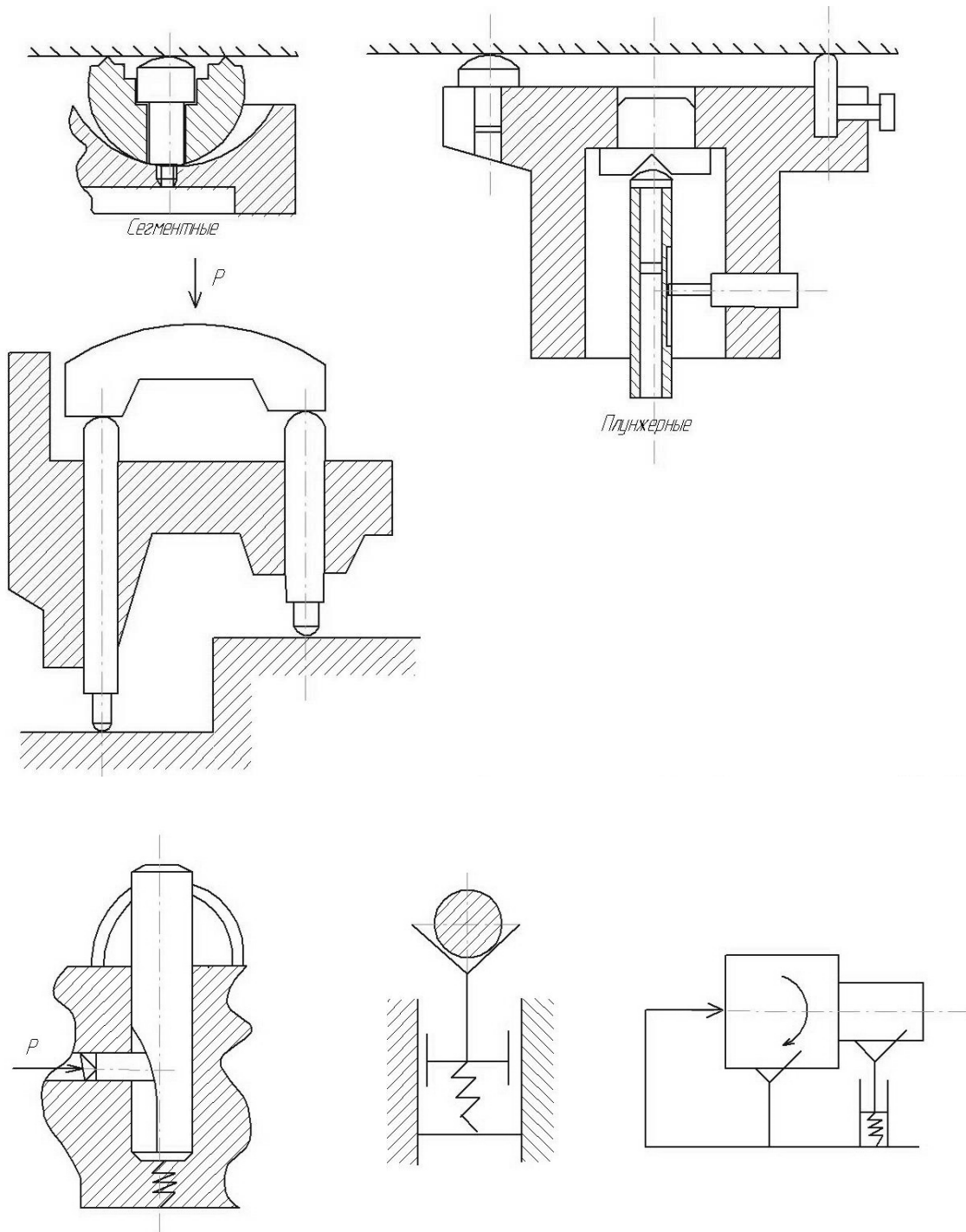


Рис. 3.6 Допоміжні опори (самоустановлювальні опори та ті, що підводяться)

3.3 Базування деталей на пальцях

Як правило це базування плоских поверхонь, плит та корпусних деталей. Установочними базами є спеціально оброблені отвори, або використання отворів в деталі. Як правило пальці (бази) в вимірювальному пристрої постійні і змінні, циліндричні і зрізані (ромбічні). Матеріалом для виготовлення служить

інструментальна сталь У8-У10А або сталь 20Х з цементацією. Діаметри пальців більше 16 мм з легованої сталі 20Х, 40Х, до 16мм з інструментальної сталі. Перед конструктором завжди стоїть завдання, як вибрати діаметр пальця, допуск на виготовлення і їх знос, а так же допусків на міжосьову відстань пальців.

Початкова умова - установка на 2-а пальця. Будь-якої заготовки з міжцентровою відстанню і діаметром отвору в межах поля допуску.

Діаметр одного з пальців задають рівним номінальним розміром отвору. Допуск на палець призначають відповідно посадці, що має зазор.

Діаметр другого пальця визначається виходячи з умови.

Розглянемо приклад базування по 2-м отворам на циліндричні пальці (рис. 3.7).

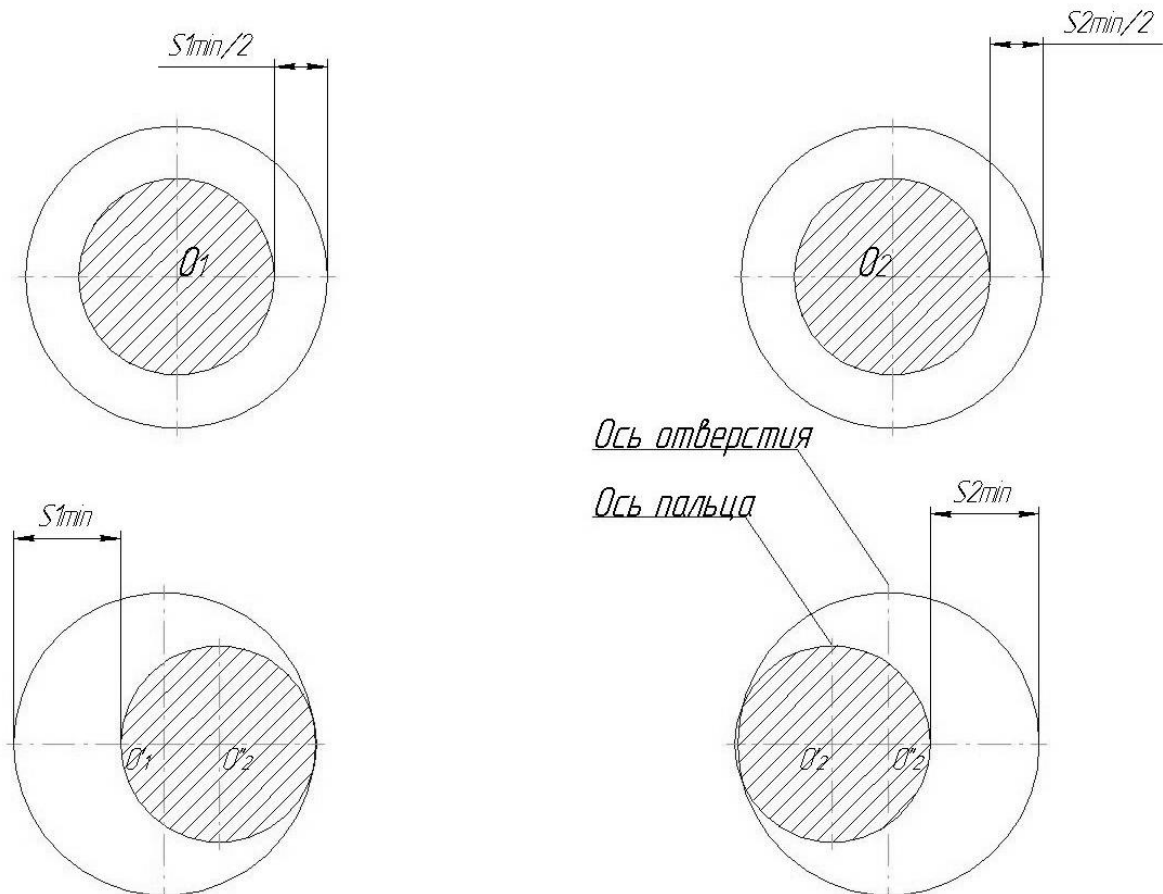


Рис. 3.7 Базування на пальці

Тоді умова установки на пальці $S1min + S2min \geq \text{бм.о.} + \text{бм.п.}$

бм.п – міжосьова відстань між осями пальців.

б.о. – міжосьова відстань між отворами.

Для, того щоб встановити на 2-а циліндричних пальця, необхідно збільшити мінімальні зазори в сполученні, що призводить до втрати точності базування.

На рис. 3.8 представлені конструкції циліндричних пальців.

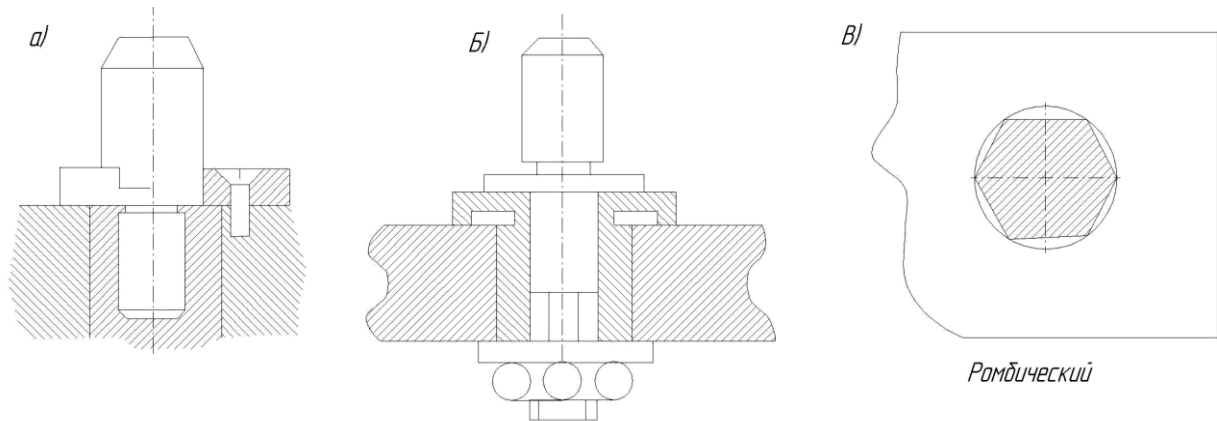


Рис. 3.8 Конструкції пальців: а, б - циліндричних; в - ромбічних

Підвищити точність базування можливо, якщо один з пальців зробити ромбічний. На рис. 3.9 представлена схема базування на циліндричний палець циліндричної деталі з отвором. Якщо конструктор вибрав в якості вимірювальної бази отвори діаметром d , то при горизонтальному розташуванні пальця установча база є утворюючою, яка проходить через точки O і для контрольованих розмірів A , B , B , установча база не збігається з вимірювальною.

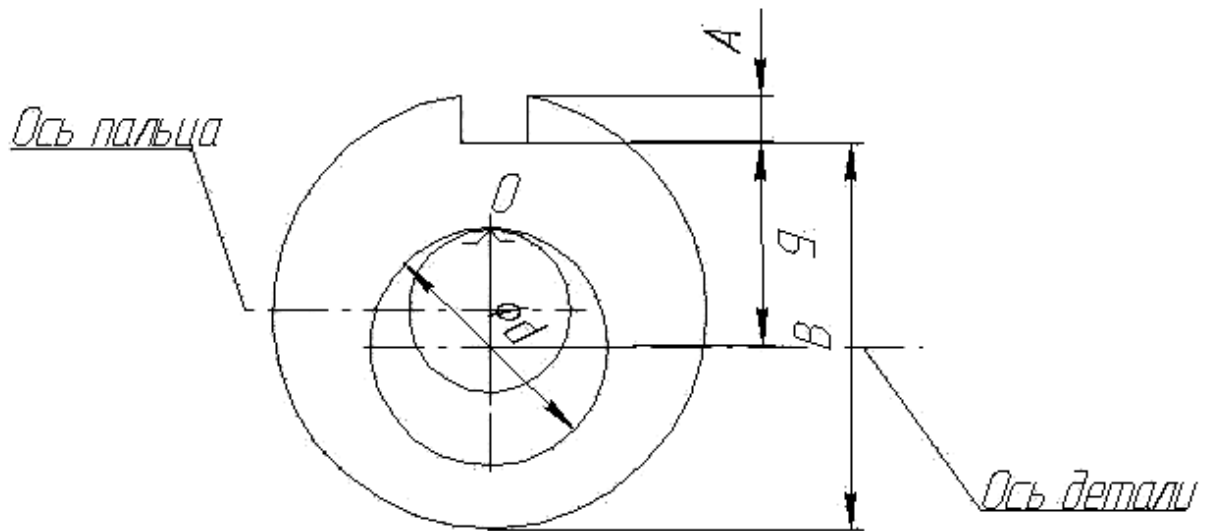


Рис. 3.9 Горизонтальне розташування пальця

Тоді: Похибка

$$\delta_a = \frac{\delta_o}{2} + \frac{\delta_n}{2} + 2e + \frac{\delta}{2} \quad (4.14)$$

$$\delta_b = \frac{\delta_o}{2} + \frac{\delta_n}{2}$$

де: b_0 - базовий отвір (допуск)

b_n - допуск виготовлення + допуск зносу ($b_n + b_z$)

e – ексцентриситет

для параметра b_b – найменша похибка базування.

4 Базування контрольованої деталі в пристосуванні по зовнішній або внутрішній циліндричній поверхні

План

4.1 Схема базування деталі по зовнішній циліндричній поверхні

4.2 Похибки при базуванні деталі по зовнішній циліндричній поверхні в призмі

4.3 Базування деталі по внутрішній циліндричній поверхні

4.1 Схема базування деталі по зовнішній циліндричній поверхні

Схема базування деталі по циліндричних поверхнях і перпендикулярної до її осі площинах показані на рис. 4.1. Принципові схеми базування деталей із зовнішніми і внутрішніми базовими поверхнями однакові. Лише при базуванні по зовнішній поверхні, коли схема базування реалізується застосуванням установочних елементів у вигляді призм, при співвідношенні $l/d > 1$ (довжини деталі до діаметра) за установчу базу приймають утворюючі на якій лежать 4 опорні точки. Дві з них лежать на утворюючих 1-2 і дві на утворюючих 3-4. Базування по такій циліндричній поверхні позбавляє деталь чотирьох ступенів свободи (по осі Y і Z) / Торець деталі переміщення уздовж осі X. Шоста опорна точка, позбавляє повороту навколо осі X. Щоб позбавити деталь шостого ступеня свободи (в міру необхідності) використовують поверхні шпоночно паза, площині, виступу, отвори і т.п. Якщо таких немає, то виробляють додаткове створення (обробку) поверхні рис. 4.1. для опорної точки 6. При співвідношенні довжини деталі L до діаметру d, $l/d < 1$ розташування на утворюючих опорних точок не забезпечує деталі стійкого положення в системі координат (в пристосуванні) тому, для розглянутого випадку, за установчу базу приймають торець деталі, який несе три опорні точки 1.2.3. рис.4.2., а циліндрична поверхня несе дві опорні точки 4.5. (Розташування 6 опорної точки, в міру необхідності, вибирається аналогічно першій схемі).

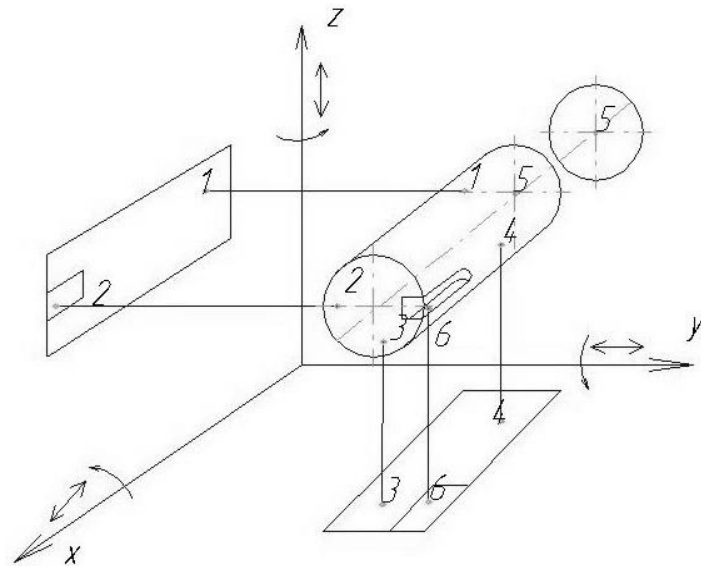


Рис. 4.1 Схема базування циліндричної заготовки зі співвідношенням $l/d > 1$

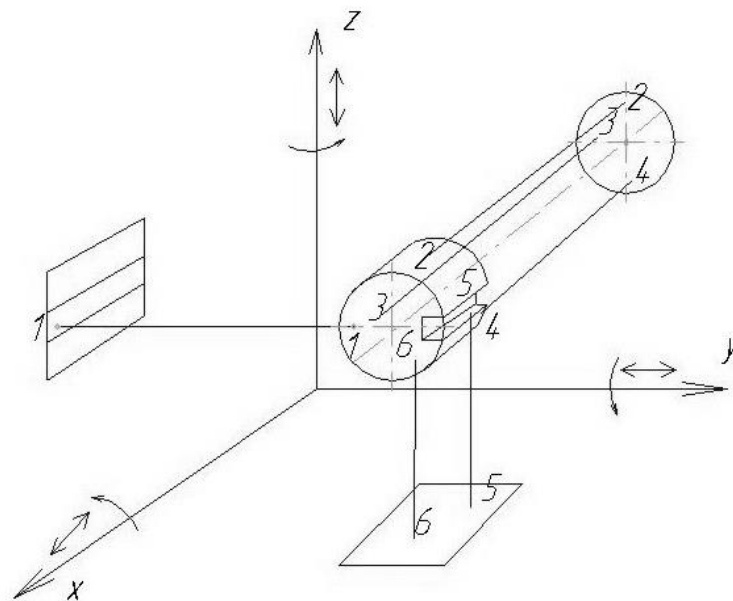


Рис. 4.2 – Схема базування циліндричної заготовки зі співвідношенням $l/d < 1$

4.2 Похибки при базуванні деталі по зовнішній циліндричній поверхні в призмі

Установку деталей по зовнішній циліндричній поверхні виробляють в опорні призми з широкими і вузькими опорними поверхнями. Використовуються призми з кутами $\alpha = 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$. Для більш стійкого положення використовують точкові або ножові опори.

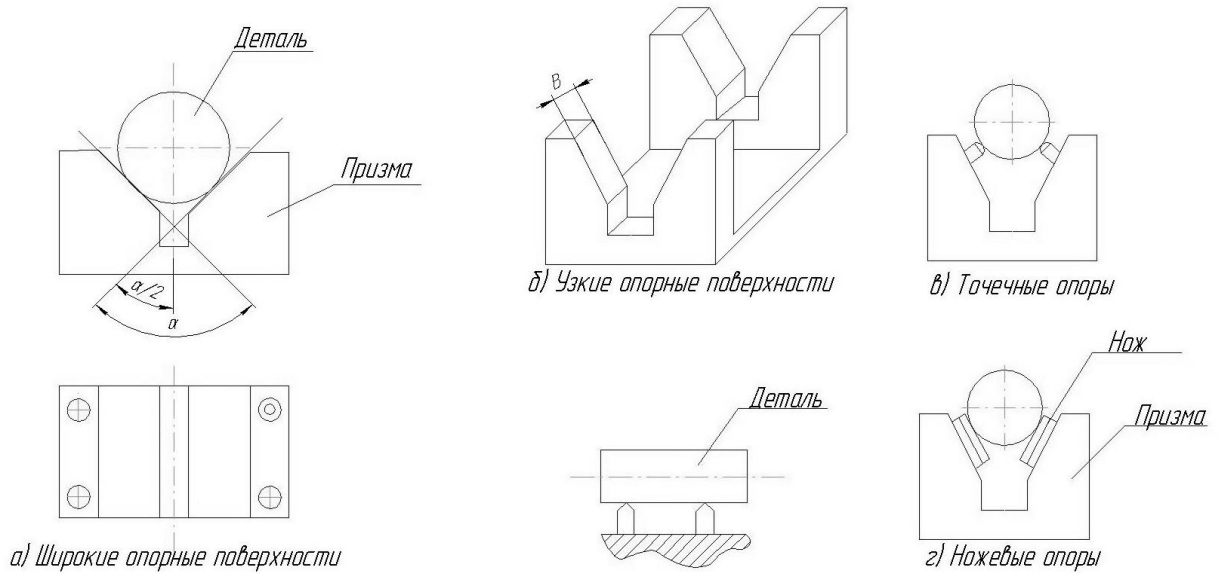


Рис. 4.3 – Види призм

Гранично допустиме навантаження на призму з умови контактної міцності (для сталі, чавуну $\alpha=20^\circ$)

$$Q=0.7D \cdot B \text{ к.г.(н.н)} \quad (4.1)$$

B – довжина лінії контакту;

D – діаметр деталі.

При установці деталі на призму можуть виникати похибки, які є функцією допуску на розмір деталі, похибки форми циліндричної поверхні, кута призми α , розбіжності осей призми і деталі.

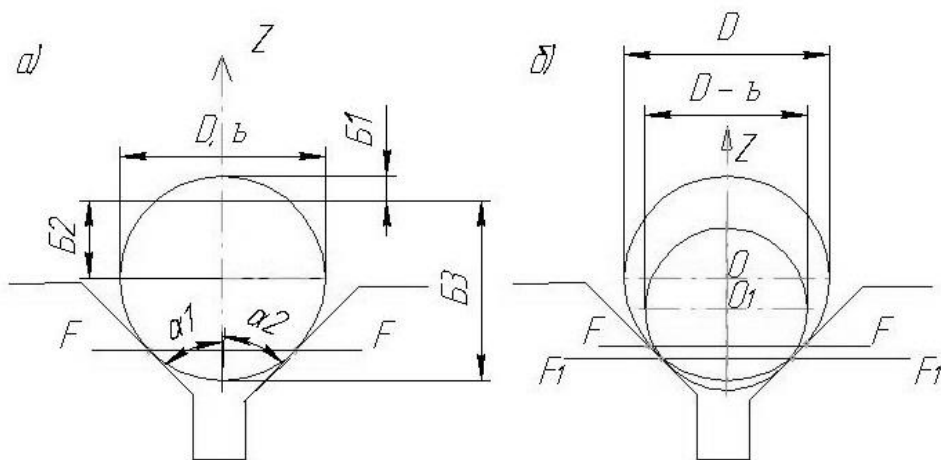


Рис. 4.4 – Схема утворення похибки розмірів при встановленні заготовок на призму

Положення лиски Рис. 4.4а в напрямку осі Z може бути задано одним з трьох розмірів Б1, Б2, Б3. Для кожного з цих розмірів використовується одна і та ж база - призма по площині F-F1, установчі та вимірювальні не суміщені при вимірюванні розмірів, відбувається зміщення бази.

Тоді похибка базування для розміру Б1

$$EB1 = \delta/2 \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} - 1 \right) \quad (4.2)$$

де E – похибка;

δ – допуск на діаметр заготовки;

α – кут призми.

Для розміру Б2:

$$EB2 = \frac{\delta}{\sin \alpha/2} \quad (4.3)$$

Для розміру Б3:

$$EB3 = \delta/2 \left(\frac{1}{\sin \alpha/2} + 1 \right) \quad (4.4)$$

Вплив похибки форми деталі на утворення похибки вимірювання якщо деталь конічна (рис 4.5)

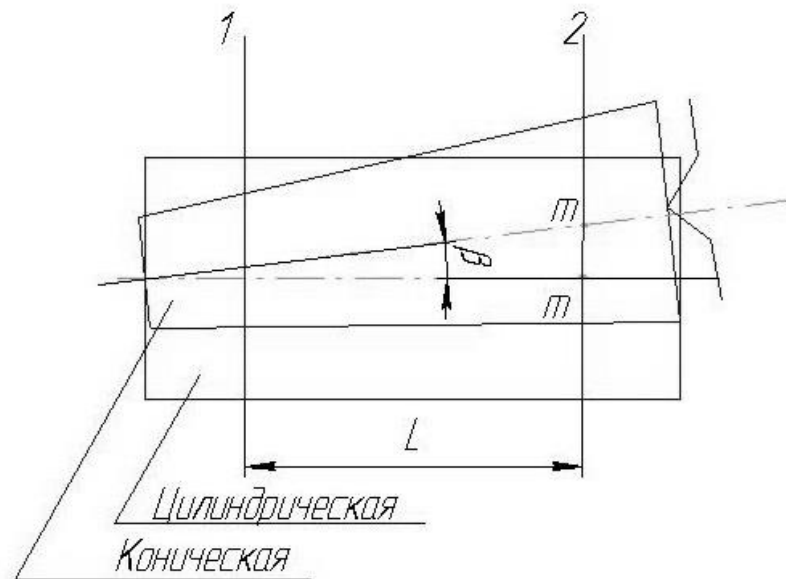


Рис. 4.5 – Утворення похибки вимірювання якщо деталь конічна

$$\text{Tg } \beta = \text{mm}/L \text{ або } \text{Tg } \beta = i/2 \sin \alpha/2 \quad (4.5)$$

де: α – кут призми;

L – відстань між опорами;

i – конусність.

Тоді

$$\text{mm} = i \cdot L/2 \sin \beta/2 \quad (4.6)$$

Якщо $\alpha = 90^\circ$, то $\text{tg } \beta = 0,7i$

Якщо деталь має похибку форми в поперечному перерізі, наприклад овал, то вісь займає різне положення по осі Z. (рис. 4.6)

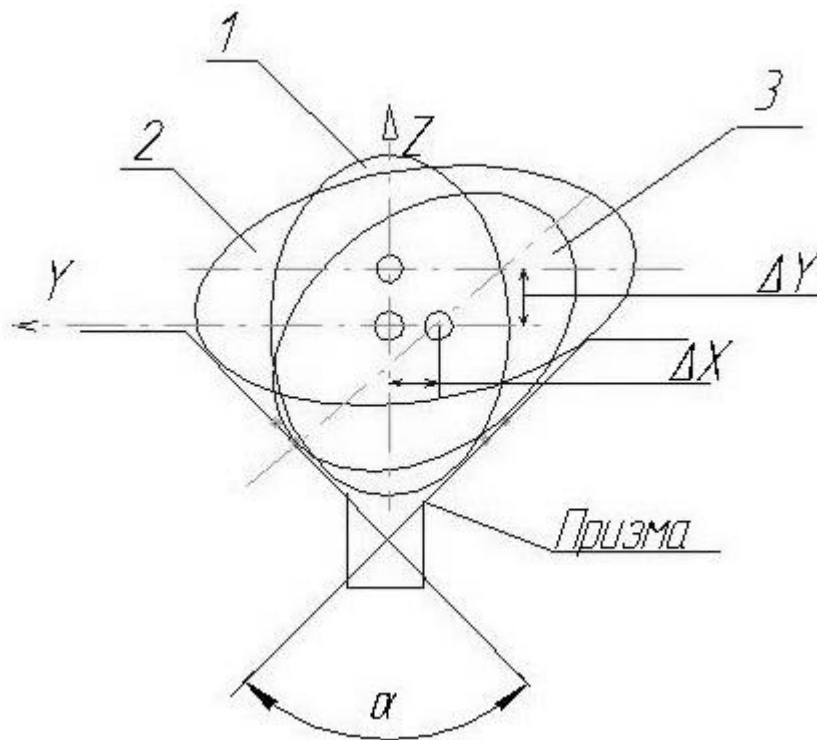


Рис. 4.6 – Вимірювання овальної деталі у призмі

Зсув осей деталі 2 і 3. По осях Z і Y

$$\Delta X = \frac{a-b}{\sqrt{2}} * \sin \alpha; \quad (4.7)$$

$$\Delta X = -\sqrt{2} * (a-b); \quad (4.8)$$

де: a, b – осі еліпса;

α – кут призми.

При вимірюванні деталі з непарним огранюванням.

Для зниження похибки вимірювання таких деталей необхідно правильно встановити метод вимірювання. Вимірювання повинні проводитися від прилеглої поверхні або при вимірюванні в призмі. На рис. 4.7 представлена схема утворення похибки вимірювання в призмі, вимір одноконтактним методом для розглянутого випадку не припустим.

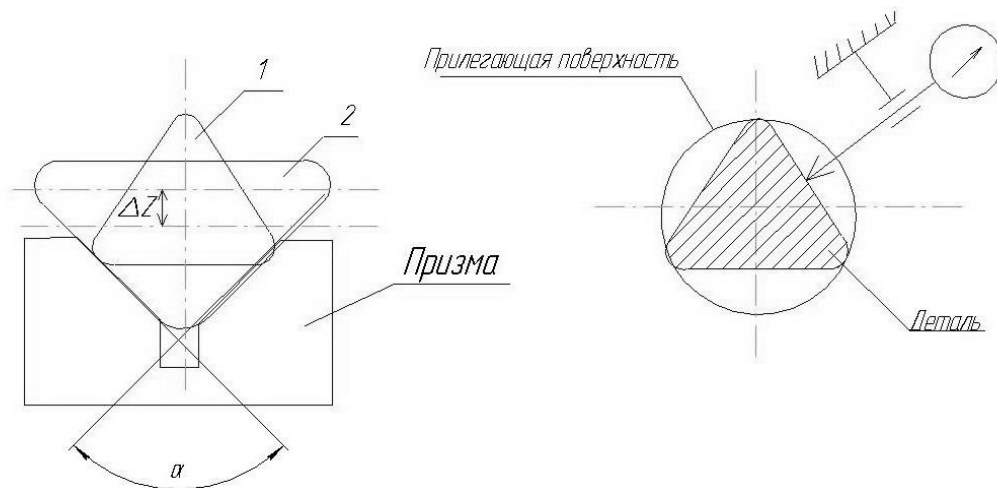


Рис. 4.7 – Вимірювання деталі з непарним огранюванням в призмі та від поверхні, що прилягає

4.3 Базування деталі по внутрішній циліндричній поверхні

Для деталей, що мають внутрішню циліндричну поверхню в якості настановних елементів застосовують оправлення і пальці циліндричної і конічної форми. Ці оправлення мають центрові гнізда установки в центра (при обробці і контролі). Конструктивно оправлення ділять на жорсткі конічні і циліндричні для посадки з гарантованим натягом і з гарантованим зазором. Деталь при посадці на оправлення з натягом може утримувати її від провертання і осьового зсуву. Недоліком такого базування є відсутність точного орієнтування по довжині. На рис 4.8. представлені схеми базування на оправках.

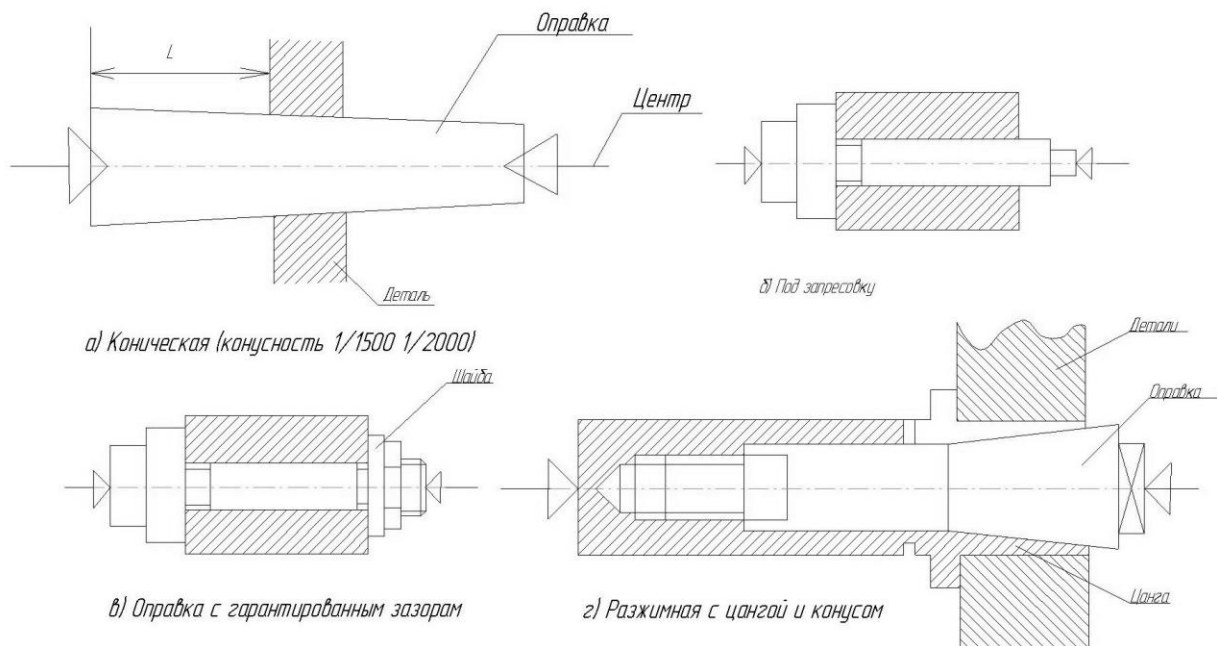


Рис. 4.8 – Схемы базування на оправках

Розрахунок сили тертя і моменту тертя для передачі осьової сили й крутного моменту зводиться до знаходження $R_{тр}$ і $M_{тр}$ при базуванні деталі на жорсткі оправлення.

$$R_{тр} = f \cdot p \cdot \pi \cdot d \cdot l \text{ к.Н} \quad (4.9)$$

$$M_{тр} = f \cdot p \cdot \pi \cdot d^2 \cdot l / 2 \text{ Н/мм}^2 \quad (4.10)$$

$$p = \frac{\delta \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right)} \cdot d$$

$$(4.11)$$

де: l – довжина запресовування;

d – діаметр оправки;

p – питомий тиск;

δ – натяг в з'єднанні;

E_1, E_2 – модулі пружності 2-го роду;

C_1, C_2 – коефіцієнти точного орієнтування по довжині.

Для нормальної роботи оправлення необхідно забезпечити умови коли.

$$M_{тр} = K * P_z * D / 2; P_{тр} = K * P_x \quad (4.11),$$

де $P_{тр}$ і $M_{тр}$ момент і сила тертя на поверхні контакту;

K – коефіцієнт запасу;

D – діаметр оброблюваної деталі.

Якщо деталь встановлюють на оправлення з натягом, то на її поверхні створюється рівномірно розподілений тиск, що розраховується за формулою (4.12).

при одночасній дії:

$$P = \frac{K}{f * \pi * d * l} * \sqrt{\frac{P^2 * Z * D^2}{d^2} + P_x^2} \left(\frac{C_a}{E_a} + \frac{C_b}{E_b} \right) \quad (4.12)$$

де: $E_a; E_b$ – модулі пружності;

$C_a; C_b$ – коефіцієнти, розглянуті на підставі теорії товстостінних посудин:

$$C_a = \frac{D^2 + d^2}{D^2 - d^2} + M \quad C_b = \frac{d_b^2 + d_o^2}{d_b^2 - d_o^2} + M_b \quad (4.13)$$

M_a, M_b – коефіцієнти Пуассона ($M=0,25 - 0,3$)

Конструкція оправлення з гарантованим зазором (рис 4.8 б) від прокручування обмежується затягуванням гайкою, шпонкой або шліцами. (Якщо на деталі є шпонкові пази або шліци).

Тема 5 Базування валів по центровим отворах

План

5.1 Характеристика видів контакту центру і центрального отвору

5.2 Визначення похибки від зсуву осі

5.2.1 Визначення зміщення осі при постійних точках контакту

5.2.2 Визначення зміщення осі при змінних точках контакту

5.1 Характеристика видів контакту центру і центрального отвору

Іншою технологічною базою при обробці деталей типу тіл обертання, або при їх вимірюванні, застосовують установку на конічні поверхні - центрові отвори на торцях деталі і центру встановлені в вузлах верстата (при обробці). Центрові отвори на торцях деталі виготовляються спеціальним інструментом на верстатах.

Установка вала за двома центровими отворами дозволяє здійснити спільність вісі деталі з віссю центрів, тобто звести до нуля похибки від не поєднання технологічної бази з власною системою координат для всіх розмірів, заданих від осі вала. Така схема установки отримала широке застосування завдяки простоті конструкції пристосування, відсутності похибки від не поєднання баз для діаметральних розмірів, забезпечення сталості баз при обробці на розмірних операціях. Однак при більш детальному розгляді такого базування в машинобудуванні прийнято вважати, що обробка в центрах (особливо на остаточній операції шліфування) є точною, а технологічні бази, центру верстата і центрові отвори деталі, їх розташування відносно один одного не роблять істотного впливу на точність обробки. Однак у прецизійних деталей основним критерієм точності обробки виступає не тільки точність виконання розміру, відхилення форми, але і некрутлість і нециліндричність тобто відхилення форми в подовжньому і поперечному перетинах.

Форма деталей, оброблених в центрах верстата, залежить від багатьох

причин, ступінь впливу яких різна. Найбільш істотний фактор (при обробці) - геометрична точність верстата, яка в свою чергу характеризується точністю положення центрів відносно один одного, точністю геометричної форми поверхонь центрів і центрових отворів за якими базується деталь.

При установці деталей в центра з метою контролю її розмірних параметрів на точність істотно впливає стан базових поверхонь деталі і центрів, точність їх взаємного розташування, дії вимірювальних сил, зазори в рухомих вузлах приладу і багато інших причин. Вплив даних параметрів на нерухомість осі обертається деталі в центрах вивчені недостатньо. У зв'язку з цим при конструюванні корисно і необхідно знати траєкторію зміщення осі деталі щоб виключити її з результатів вимірювань.

При вимірюванні деталей зазвичай установчі бази (центру приладу і центрові отвори деталі) можна розглядати як геометрично правильні елементи. Але при обробці високоточних деталей таке припущення помилково, оскільки центрові отвори, як правило, мають на конічній поверхні кілька виступів (хвиль), і при обробці центр верстата контактує лише з цими виступами. Похибки форми центрових отворів успадковуються - переносяться на оброблювану поверхню деталі.

Крім того, кути конусів центру і центрального отвору виконуються з допусками ($-40'$) та ($\pm 30'$) відповідно. І навіть тоді, коли становище центрів верстата і центрових отворів деталі знаходиться в межах допуску і кути конусів центру і центрального отвору виконані з допустимою похибкою, все одно контактування конусних поверхонь центру і центрального отвору не завжди буде відбуватися по всій поверхні конуса через різницю в кутах конусних поверхонь (навіть при збігу осей центру і центрального отворів) (рис 5.1 а, б).

А в тому випадку, коли осі центру верстата і центрального отвору не збігаються, контакт деталі з центром здійснюється по точках (рис. 5.1 в).

Крім того, при обробці деталі в центрах верстата на точність форми впливає і похибка взаємного розташування центрів (допуск 0,012 мм на довжині 300 мм), несоосність центрових отворів деталі і т.п.

З огляду на всі перераховані похибки - відхилення форми центрових отворів, розбіжності кутів конусних поверхонь центру і центрального отвору, відхилення форми центрів, несоосність центрових отворів деталі, несоосність центрів верстата - можна припустити, що деталь, встановлена у центра, буде мати при обертанні прецесію осі. Тобто круговий рух осі з одночасним обертанням деталі навколо осі прецесії. І природно, що форма обробленої поверхні буде залежати від характеру прецесії осі, який, в свою чергу, визначається видом контактування центру верстата і центрального отвору деталі.

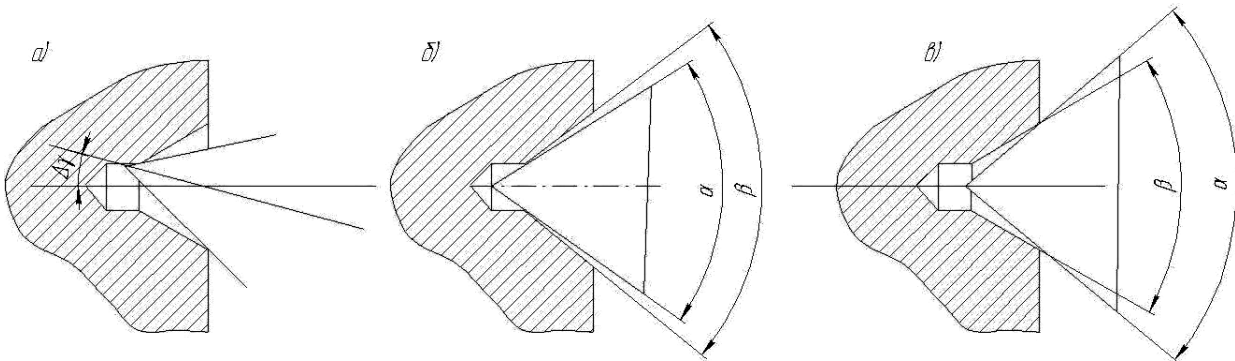


Рис. 5.1 Контакт конусних поверхонь

Існує два види контакту конусних поверхонь центру і центрального отвору.

1. Контактуювання деталі з центром відбувається за постійними точкам на центральному отворі, які за один оберт деталі переміщуються по конусній поверхні центру верстата, залишаючи в місцях контакту кільцевий слід (рис 5.2). Переміщення точок контакту по поверхні конуса центру відбувається по траєкторії, відмінної від кола, і площину перетину по сліду точок контакту не перпендикулярна осі центру через наявність перекосів центрів верстата і несоосності центрових отворів.

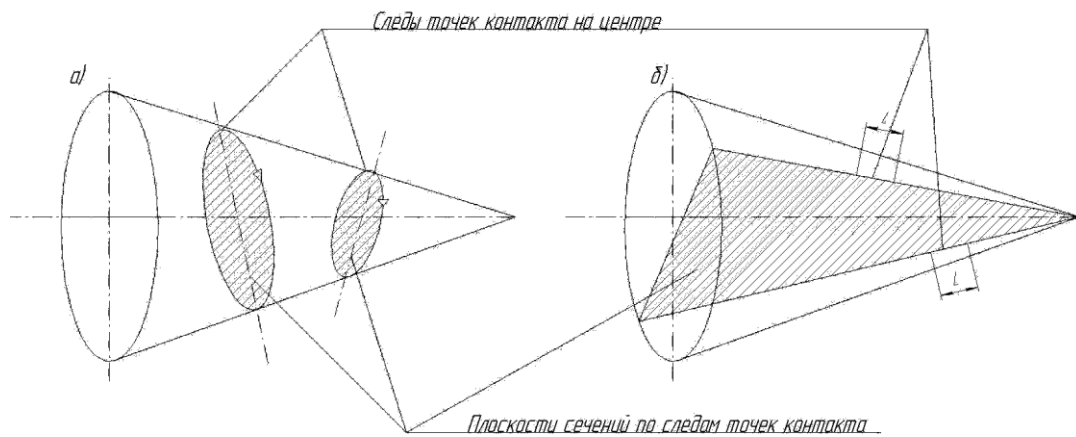


Рис. 5.2 Сліди точок контакту на центрі

2. Контактуювання деталі з центром відбувається по змінним точкам, розташованим по лініях перетину конусної поверхні з циліндричною поверхнею центрального отвору і з торцевою поверхнею деталі (рис. 5.2). Точки контакту змінюють своє положення на центральному отворі під час кутового повороту деталі і їх переміщення по конусній поверхні центру відбувається по лінії. Слід точок контакту на центрі верстата знаходиться в площині перекосу центрів. Довжина сліду обумовлена осьовим переміщенням деталі на кожен її оберт.

Види контактування (по постійним і змінним точкам) обумовлені співвідношенням кутів $\Delta\gamma$ і $\Delta\beta$ (рис 5.3), де $\Delta\gamma$ - перенесення центрів вимірювального пристрою, $\Delta\beta$ - перенесення центричних отворів деталі щодо загальної осі.

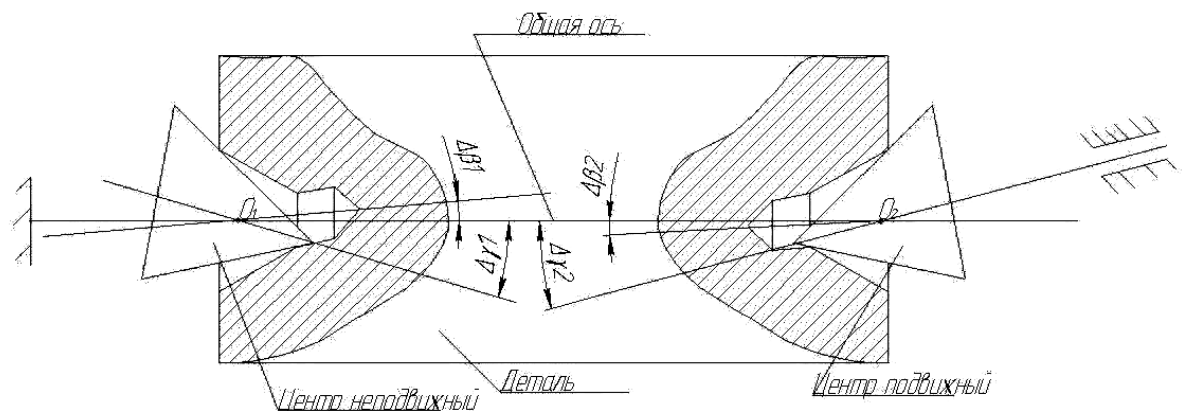


Рис. 5.3 Положення деталі на центрах

На рис. 5.4 зображені центри приладу, мають перекіс і відхилення від співвісності. На центрах встановлена деталь, осі центрових отворів якої також неспіввісні. Кути перекосу центрів верстата і центрових отворів відраховуються відносно загальної осі центрів $O_1 O_2$. Першому положенню деталі на центрах відповідають: $\Delta\gamma \Delta\beta'1 = \Delta\beta_1$ і $\Delta\beta'2 = \Delta\beta_2$. Слід зазначити, що співвідношення кутів $\Delta\gamma_1$ і $\Delta\beta_1$, $\Delta\gamma_2$ і $\Delta\beta_2$ вибрано таким чином, щоб на лівому (нерухомому) центрі показати контактування з постійними точками, а на правому - по змінним точкам.

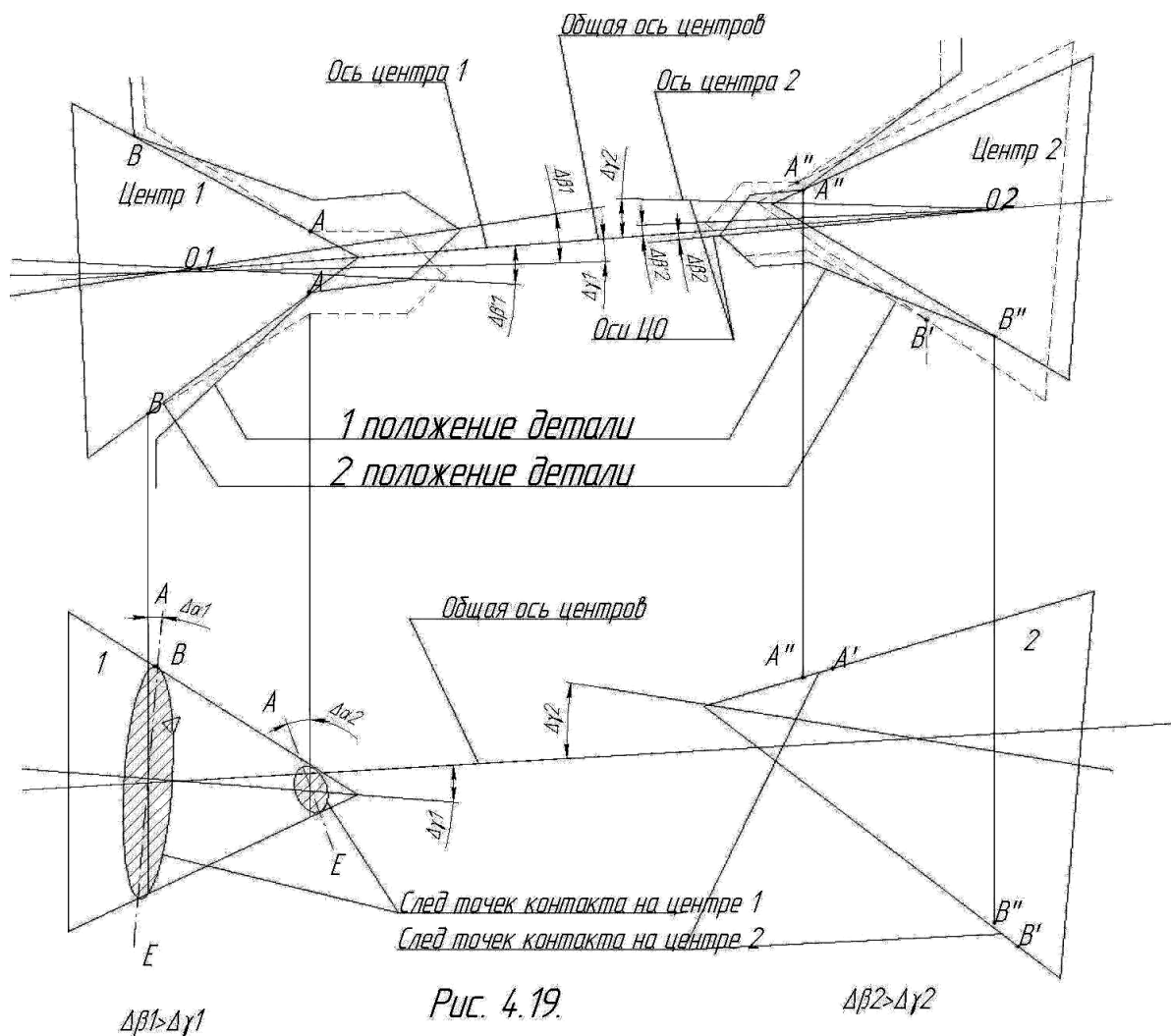


Рис. 5.4 Положення деталі на центрах

Види контактування визначає співвідношення кутів $\Delta\gamma$ і $\Delta\beta$. Постійні точки контакту з'являються в тому випадку, коли кут перекосу центрів верстата щодо загальної осі центрів $\Delta\gamma$ менше кута перекосу центрових отворів деталі $\Delta\beta$. Контактуювання з перемінними точками відбувається, коли кут перекосу центрів $\Delta\gamma$ більше кута перекосу центрових отворів $\Delta\beta$.

Як було сказано вище, саме вид контактування центру з центровим отвором визначає характер прецесії осі деталі. Контактуювання з перемінними точками викликає прецесію осі обертання деталі в одній площині, що призводить до похибки форми в поперечному перерізі. Величина похибки залежить від кутового розташування площини прецесії осі деталі, а також від похибки форми центрових отворів, оскільки при контактуванні з перемінними точками форма центрових отворів повністю переноситься на зовнішню поверхню оброблюваної деталі.

Контактування з постійними точками на центровому отворі призводить до кругового характеру прецесії осі обертання деталі. Оскільки циліндрична поверхня утворюється також в результаті кругового руху, то такий характер прецесії осі практично не спотворює поперечну форму оброблюваної поверхні. При такому контактуванні похибка форми центрового отвору практично не впливає на форму оброблюваної поверхні. Отже, для підвищення точності форми циліндричних поверхонь деталей, що обробляються в центрах, переважно контактування з постійним точкам на центровому отворі.

Встановимо взаємозв'язок видів контактування і траєкторії зміщення осі деталі на центрах, визначимо величину зміщення осі деталі для двох видів контактування.

5.2 Визначення похибки від зсуву осі

5.2.1 Визначення зміщення осі при постійних точках контакту

Для розглянутого випадку слід точок контакту на центрі в вигляді кільця. На рис. 5.5 представлений конус центру верстата з кутом при вершині 60° , що утворюють конуса прямолінійні. Перетин конуса площиною, перпендикулярною її

осі, - окружність. Площина АЕ - слід точок контакту, залишені при обертанні деталі на центрах. Вона розташована під кутом $\Delta\alpha$ до осі конуса. Кут $\Delta\alpha$ обумовлений перекосом центрів і центрових отворів. Позначимо через d діаметр центрального отвору, який контактує з центром. У площині перетину АЕ утворює еліпс (як перетин конуса площиною, похилій до осі) з центром по осі в точці С1. Через цю точку проходить вісь центрального отвору. При обертанні деталі на центрах, осі яких не збігаються, вісь деталі буде зміщуватися в просторі. За величину зсуву для розглянутого випадку можна прийняти різницю піввісь еліпса.

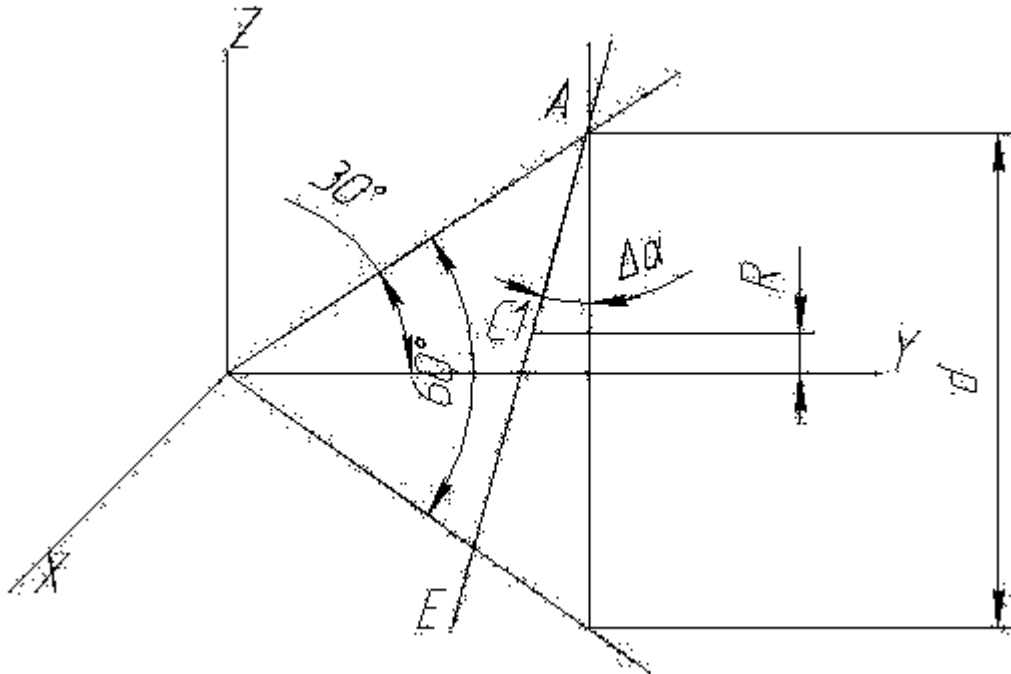


Рис. 5.5 Схема для розрахунку зміщення осі

Для визначення величини півосі визначимо координати точки С1, складемо рівняння площини АЕ і рівняння еліпса - перетин конуса площиною. Вирішивши систему рівнянь, визначимо координати точки С1 і величини напіввісей еліпса С і А. Тоді величина зміщення осі дорівнює різниці напіввісей, буде визначатися за формулою:

$$\Delta c - a = d/2l \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{3} - \operatorname{tg} \Delta \alpha} - \sqrt{\frac{\sqrt{3} + \operatorname{tg} \Delta \alpha}{\sqrt{3} - \operatorname{tg} \Delta \alpha}} \quad (5.1)$$

Для значень $d = 4$ мм при зміні кута $\Delta \alpha$ від 0 до 1° зміщення складе $3,5$ мкм.

5.2.2 Визначення зміщення осі при змінних точках контакту

При контактуванні з перемінними точками зміщення осі деталі відбувається в площині перекосу центрів, характер переміщення - лінія, а з огляду на її малість - пряма. Максимальна величина зміщення виявляється при повороті деталі на центрах на 2π .

На рис. 5.6 показаний центр зі слідами на ньому точок контакту від двох діаметрів центрального отвору. Для малого діаметра d - сліди AA' , для великого D - BB' .

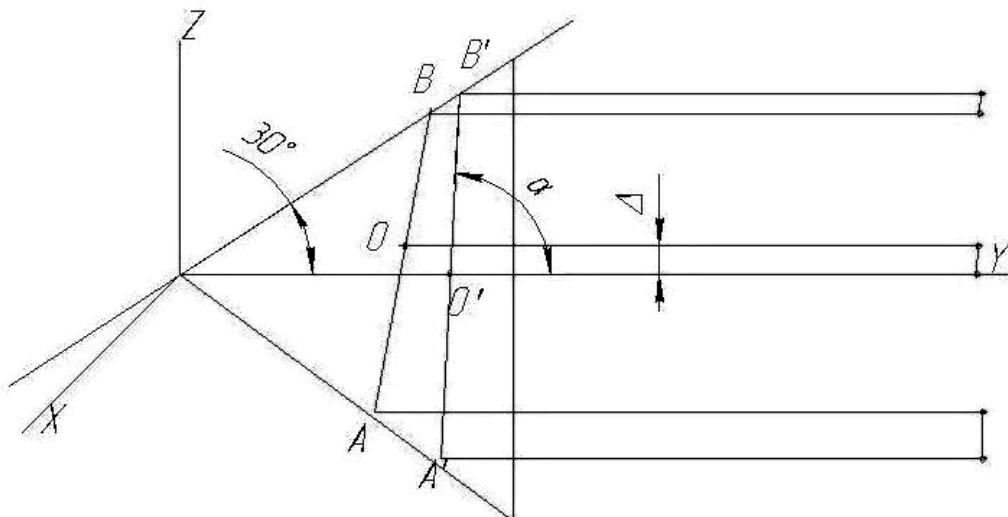


Рис. 5.6 Схема для розрахунку зміщення осі при перемінних точках контакту

Про зміщення осі деталі можна судити за величиною зміщення центрів відрізків AB і $A'B'$. Цей зсув можна виразити залежністю

$$\Delta = 0,5 * c * \sin \alpha [\cos(\alpha - \Delta\gamma) - \cos \alpha]; \quad (5.2)$$

де: c – довжина конусної поверхні центрального отвору;
 α – кут нахилу лінії АВ до осі Y:

$$\operatorname{tg} \Delta\alpha = c / D - c * \operatorname{tg} 30^\circ \quad (5.3)$$

$\Delta\gamma$ – зміна кута α при повороті деталі на 2π .

При зміні $\Delta\gamma$ від 0 до 1° и $D = 13$ мм, $C = 8$ мм максимальне зміщення осі деталі складе 50 мкм.

Порівнюючи величини зсувів осі для різних законів контактування, можна сказати, що при контактуванні з перемінними точками зміщення осі деталі на порядок вище. Тобто, якщо кут перекосу центрів верстата незначний, зміщення осі деталі мало, незважаючи на значний перекіс центрових отворів деталі.

6 Підготовка вихідних даних, розробка схеми контролю і вибір елементів конструкції контрольно-вимірювальних пристроїв (КВП)

План

6.1 Підготовка вихідних даних для проектування КВП

6.2. Вибір або розробка принципової схеми контролю

6.3. Вибір елементів конструкції КВП

6.3.1. Установчі елементи КВП

6.3.2. Затискні елементи КВП

6.3.3. Передавальні елементи КВП

6.1 Підготовка вихідних даних для проектування КВП

Проектування спеціального контрольного пристосування повинен обов'язково передувати етап збору, підготовки і аналізу вихідних даних. Тому до проектування контрольного пристосування в курсовому і дипломному проекті слід приступати, виконавши їх технологічну частину, так як конструкторська і технологічна документація є основним джерелом вихідних даних. Використовуються наступні документи: креслення контрольованого об'єкта (деталі, вузла), операційний ескіз контрольної операції, карта контролю та ін. Крім того необхідно мати в наявності довідники або альбоми контрольних пристосувань для вибору варіантів компоновки і засобів вимірювання.

При аналізі вихідних даних необхідно визначити:

- вид об'єкта контролю (заготовка, деталь, складальна одиниця);
- контрольовані параметри, їх номінальні значення і допуски;
- необхідність завдання конструктором на кресленні деталі або вузла цих параметрів і вимог до них. як вони впливають на працездатність виробу в процесі експлуатації:

- допустиму похибку вимірювання:

- вимірювальні бази і спосіб забезпечення єдності, конструкторських,

технологічних і вимірювальних баз;

- тип виробництва, який визначає ступінь універсальності, механізації або автоматизації контрольного пристосування:

- технологічність об'єкта контролю (конструктивні особливості: конфігурація поверхонь, деформованість при контролі, маса, габарити і транспортабельність, особливі вимоги до об'єкту контролю, особливі вимоги до робочого місця контролера і т.д.);

- існуючі перспективні методи і засоби контролю, можливість і доцільність їх застосування для заданого об'єкта.

Допустиму похибку вимірювання можна визначити за формулою

$$[\varepsilon_{\text{вим}}] = (1/3 - 1/5) T_{\text{к}} \quad (6.1)$$

де $[\varepsilon_{\text{вим}}]$ – допустима похибка вимірювання;

$T_{\text{к}}$ – допуск на контрольований параметр.

Так само визначити допустиму похибку вимірювання можна на основі довідкових даних, наприклад, в табл. 6.1 і 6.2 наводяться допустимі похибки вимірювань відповідно до ДСТУ ГОСТ 8.051:2009 для різних розмірів і допусків на них.

Таблиця 6.1 Допустимі похибки вимірювань для IT5 -IT10, мкм

Номинальні розміри, мм	Квалітети											
	5		6		7		8		9		10	
	IT	$\varepsilon_{\text{вим}}$	IT	$\varepsilon_{\text{вим}}$	IT	$\varepsilon_{\text{вим}}$	IT	$\varepsilon_{\text{вим}}$	IT	$\varepsilon_{\text{вим}}$	IT	$\varepsilon_{\text{вим}}$
До 3	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6	40	8
біл. 3 до 6	5	1,6	8	2	12	3	18	4	30	8	48	10
біл. 6 до 10	6	2	9	2	15	4	22	5	36	9	58	12
біл. 10 до 18	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10	70	14
біл. 18 до 30	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12	84	18
біл. 30 до 50	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16	100	20
біл. 50 до 80	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18	120	30
біл. 80 до 120	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20	140	30
біл. 120 до 180	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30	160	40
біл. 180 до 250	20	7	29	8	46	12	72	18	115	30	185	40
біл. 250 до 315	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30	210	50
біл. 315 до 400	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40	230	50
біл. 400...	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40	250	50

Таблиця 6.2 Допустимі похибки вимірювань для IT11 -IT16, мкм

Номинальні розміри, мм	Квалітети											
	11		12		13		14		15		16	
	IT	$\epsilon_{вим}$	IT	$\epsilon_{вим}$	IT	$\epsilon_{вим}$	IT	$\epsilon_{вим}$	IT	$\epsilon_{вим}$	IT	$\epsilon_{вим}$
До 3	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120
біл. 3 до 6	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160
біл. 6 до 10	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200
біл. 10 до 18	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240
біл. 18 до 30	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280
біл. 30 до 50	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320
біл. 50 до 80	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400
біл. 80 до 120	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440
біл. 120 до 180	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320	2500	500
біл. 180 до 250	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380	2900	600
біл. 250 до 315	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440	3200	700
біл. 315 до 400	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460	3600	800
біл. 400 до 500	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500	4000	800

6.2 Вибір або розробка принципової схеми контролю

Схема контролю для КВП має аналогічне призначення, що і принципова схема для верстатного пристосування. На ній має бути зображений повний склад елементів КВП і зв'язок між ними, що дозволяє отримати повне уявлення про принципи його роботи.

Таким чином, схема контролю - це сукупність схеми установки контролюваного об'єкта і пов'язаних з його вимірювальними базами засобів контролю. У будь-якому випадку на схемі контролю повинні бути показані: установчі елементи, затискні механізми, силові приводи, передавальні елементи (важелі, штирі), засоби вимірювання (індикатори), а також допоміжні, рухомі та нерухомі елементи.

Різні схеми контролю параметрів якості продукції широко представлені в технічній довідковій літературі, і завдання визначення схеми контролю найчастіше зводиться до обґрунтованого вибору того чи іншого варіанта схеми, який залежить від виду контролюваного параметра і конструкції контролюваного об'єкта. У табл. 6.3 наведені найбільш поширені схеми контролю різних параметрів.

При відсутності в довідковій літературі схеми контролю під конкретний

параметр або групу параметрів, схема контролю розробляється шляхом доопрацювання типових схем під конкретні вимоги. Наприклад, більшість схем контролю, які наводяться в літературі, розроблені для вимірювання будь-якого одного параметра. Якщо потрібно проконтролювати кілька параметрів, наприклад, биття по різних поверхнях, то рекомендується застосування таких схем, для яких можлива реалізація комплексної перевірки декількох параметрів з використанням одного засобу вимірювання. Такі схеми получаются на основі комбінування декількох типових схем контролю.

При виборі або розробці схеми контролю обов'язково враховують схему базування, яку потрібно реалізувати в контрольному пристосуванні. Схема базування визначається комплектом вимірювальних баз контролюваного об'єкта, які вказані на його кресленні у вигляді позначення базових поверхонь або осей, щодо яких виконуються вимірювання. Наприклад, якщо базою є вісь отвору, то обирається схема установки на розтискних або конічну оправку, якщо площину, то на опори і т. п.

Якщо можливе застосування декількох альтернативних схем для контролю, то шляхом порівняння вибирається одна, найбільш підходяща.

Таблица 6.3 Приклады виконання схем контролю

Таблица 3.3

Примеры выполнения схем контроля [25]

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от параллельности поверхности относительно базовой плоскости		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – плоскопараллельная пластина, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), L_n – длина измерения
Отклонение от перпендикулярности поверхности относительно базовой плоскости		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – угольник, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), L_n – длина измерения
Отклонение от параллельности общей оси отверстий относительно базовой плоскости		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 и 5 – соответственно неподвижный и подвижный ступенчатые (различные, конические) диски, 6 – измерительный прибор, 7 – стойка (штатив), L_n – длина измерения

Продолжение табл. 3.3

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от соосности отверстия относительно базовой оси		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 и 5 – соответственно неподвижный и подвижный ступенчатые (различные, конические) диски, 6 – измерительный прибор, 8 – вертушка
Отклонение от параллельности осей отверстий		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 и 5 – соответственно неподвижный и подвижный ступенчатые (различные, конические) диски, 6 – измерительный прибор, 10 – индикаторная (рычажная) скоба, L_n – длина измерения
Отклонение от перпендикулярности осей отверстий		
		2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 6 – измерительный прибор, 8 – вертушка, L_n – длина измерения

133

Продолжение табл. 3.3

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Отклонение от пересечения осей отверстий		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 6 – измерительный прибор, 7 – стойка (штатив)
Торцовое биение плоскости относительно оси отверстия корпусной детали		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 – измерительный прибор
Торцовое биение плоскости относительно общей оси отверстий корпусной детали		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 4 – измерительный прибор, 5 – специальное приспособление, оснащенное внутренними призмами
Торцовое биение плоскости относительно оси отверстия втулки		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – контрольная оправка, 4 – измерительный прибор, 6 и 7 – соответственно неподвижный и подвижный конические диски, 8 – стойка (штатив), 9 – призмы, 10 – упор

Окончание табл. 3.3

Условное обозначение на чертеже	Схема измерения	Перечень элементов
Торцовое биение плоскости относительно оси шейки вала		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – измерительный прибор, 8 – измерительный прибор, 9 – призмы, 10 – упор (опора)
Биение шеек вала относительно их общей оси		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), 6 – призмы, 11 и 12 – длина шеек
Биение поверхности вала относительно общей оси шеек		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив), 6 – призмы
Биение поверхности вала относительно оси центров отверстий		
		1 – поверочная плита, 2 – деталь, 3 – центры, 4 – измерительный прибор, 5 – стойка (штатив)

6.3 Елементи конструкції КВП і їх вибір

6.3.1 Установчі елементи КВП

Установчі (ті що базують) елементи призначені для правильної установки контрольованої деталі на КВП щодо заданих координат. Точність контролю деталі в першу чергу залежить від точності установки, тобто від конструкції і точності виготовлення установчих елементів. При установці базові поверхні контрольованого об'єкта знаходяться в контакті з установочними елементами, що приводить до зносу їх поверхонь, а, отже, до зниження точності вимірювання. Тому установчі елементи виготовляють з зносостійких матеріалів, наприклад з сталей 20 або 20Х з подальшою цементацією і загартуванням, або з високовуглецевих і легованих сталей з загартуванням до твердості 58 - 62 НРС. Зазвичай базовими поверхнями контрольованої деталі є площини, зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні. Спосіб базування визначає схему контролю, а вона конструкцію настановних елементів і їх розміщення на корпусі КВП.

При базуванні контрольованих деталей по плоскій базовій поверхні установчі елементи оформляються у вигляді опорного кільця, секторів, пластини або опорних штирів, які закріплюються на корпусі пристосування. Базування по зовнішній циліндричній поверхні контрольованої деталі здійснюють з установкою в призму, жорстке кільце, втулку і в трикулачні пристрої.

Спосіб установки в призму широко використовується для контролю відхилень форми і розташування поверхонь, проте в цьому випадку на похибку вимірювання впливають коливання розміру базової поверхні деталі в межах допуску (похибка несуміщення баз) і похибки, викликані виготовленням призми, її розташуванням на пристосуванні і зносом контактуючих поверхонь. Для підвищення зносостійкості в контрольних пристроях застосовуються призми з обертовими роликками (рис. 6.1а) і поворотними сухарями (рис. 6.1б).

Спосіб установки в жорстке кільце або втулку застосовується порівняно рідко, так для зменшення похибки зазор повинен бути мінімальним, а помістити

контрольовану деталь в отвір з малим зазором досить важко.

Спосіб установки контрольованих деталей по зовнішній циліндричній основі в самоцентруючих пристроях (елементах) дозволяє досягти високої точності базування. Установку виробляють в мембранні патрони або в патрони з Гідропласта, в яких центрування і затиск деталей здійснюються за рахунок пружної деформації мембрани і тонкостінної втулки. Може бути досягнута висока точність центрування деталей порядку 0,002 - 0,005 мм.

Широко поширене базування контрольованих деталей за базовим циліндричним отвором. Для цього використовують циліндричні пальці і оправлення (жорсткі, розтискні, конічні). При установці на жорсткий циліндричний палець або оправлення, завжди виникає радіальний зазор, що знижує точність вимірювання. Для зменшення радіального зазору використовують ступінчасті оправлення під різні розміри отвору (рис. 6.2) і різні конструкції розтискних оправок. У контрольних пристроях широко застосовуються розтискні оправлення і пальці на основі пружних кульок (рис. 6.3).

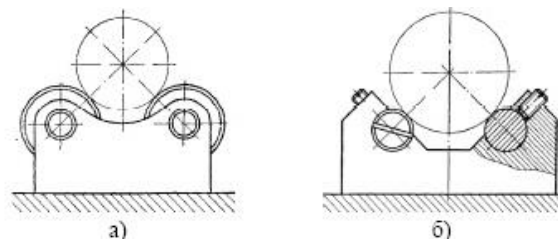


Рис. 6.1. Приклади призм підвищеної зносостійкості

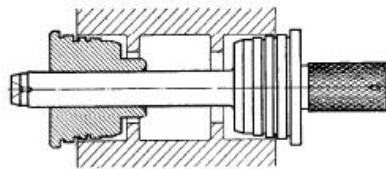


Рис. 6.2. Конструкція ступінчастої циліндричної оправки

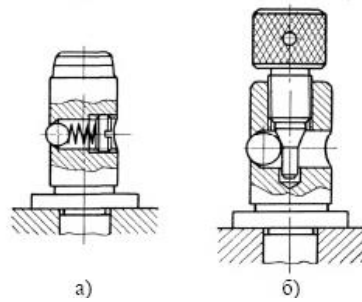


Рис. 6.3. Конструкція пальця з підпружиненою кулькою (а) і разжимним кульковим оправленням (б)

Установка на розтискні оправлення дозволяє виключити появу радикального зазору. Найвищу точність центрування (0.002 - 0.005 мм) забезпечують розтискні оправлення з гідропластом.

Центрування на конічних оправках є широко поширеним і зручним методом базування деталей невеликих розмірів. Для довгих деталей застосовуються спеціальні (рис. 6.4а) або сборні пристосування.

Биття конусної частини оправлення щодо осі її центрових отворів задають в діапазоні 0.003 - 0,015 мм.

Конструкцію і різновиди різних настановних елементів можна знайти в довідковій літературі по технологічному оснащенні, причому більшість настановних елементів є стандартизованими.

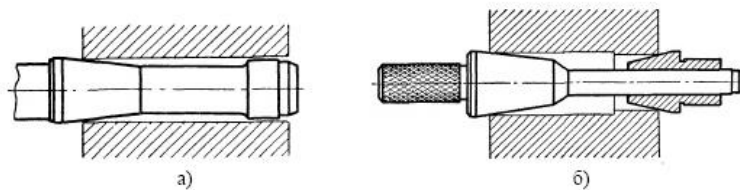


Рис. 6.4. Конструкція спеціальних конічних контрольних оправок

6.3.2. Затискні елементи КВП

Для надійної установки деталей, що перевіряються на контрольних

пристроях, служать затискні елементи і пристрої. Вони повинні закріплювати деталь викликаючи при цьому її змішень і деформацій, і забезпечувати надійність установки деталі, що перевіряється, щодо вимірювального пристрою.

Таким чином, умови роботи затискачів контрольних пристосувань принципово відрізняються від умов роботи затискачів в верстатних пристосуваннях, яким доводиться протидіяти значним силам різання. У ряді випадків - при стійкому базуванні деталі, що перевіряється на контрольному пристосуванні, коли центр ваги збігається з геометричним центром деталі, а сили, створювані вимірювальним пристроєм, не порушують положення деталі - взагалі відпадає необхідність в затискному пристрої.

Необхідною вимогою до затискних пристроїв є швидкість управління затискачем, що зменшує допоміжний час контрольної операції. Тому при проектуванні контрольного пристосування рекомендується користуватися переважно швидкодіючими важільними, ексцентриковими та байонетними пристроями (рис. 6.5), а при необхідності механізації пристосування - пневматичними.

Застосування гвинтових затискачів не рекомендується внаслідок їх низької продуктивності і малої чутливості.

Розрахунок необхідної сили закріплення деталі в КВП проводиться виходячи з вимоги забезпечення нерухомості деталі при впливі на неї вимірювальних сил. сил тяжіння. Якщо при закріпленні деталі вона центрується, то сила, що діє з боку затискного елемента повинна бути достатньою для зміщення деталі. Особливо це стосується КВП для важких деталей.

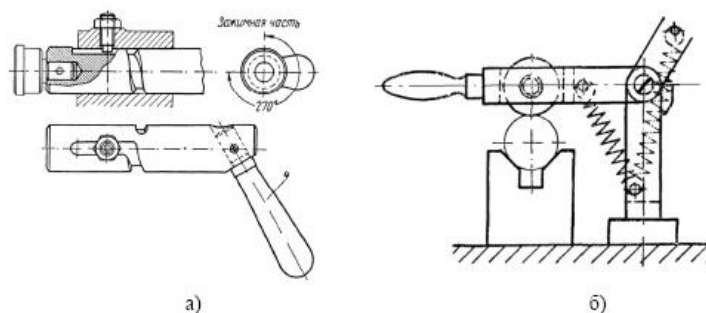


Рис. 6.5. Приклади конструкції байонетного (а) і важільно-пружинного затиску (б)

6.3.3 Передавальні елементи КВП

Основне призначення передавальних пристроїв - передача вимірних величин на деяку відстань від вимірюваної поверхні; зміна напрямку переданих величин; запобігання вимірювального наконечника приладу від безпосереднього контакту з контрольованою деталлю. Передавальні пристрої підрозділяються на дві основні групи: прямі і важелі.

Прямі передавальні пристрої рекомендується застосовувати в тих випадках, коли контактує з вимірювальним наконечником поверхня деталі переміщається щодо індикатора (наприклад, при перевірці биття), причому проміжний стрижень, в разі зносу, може бути легко замінений новим. Так само пряма передача дозволяє контролювати поверхні, недоступні безпосередньо для стержня індикатора (рис. 6.6.).

Важільні передачі (рис. 6.7) застосовуються для кутової зміни напрямку переданих вимірюваних величин, для передачі їх в напрямку, паралельному вихідному, але не на одній прямій, і для перетворення (збільшення або зменшення) переданої величини.

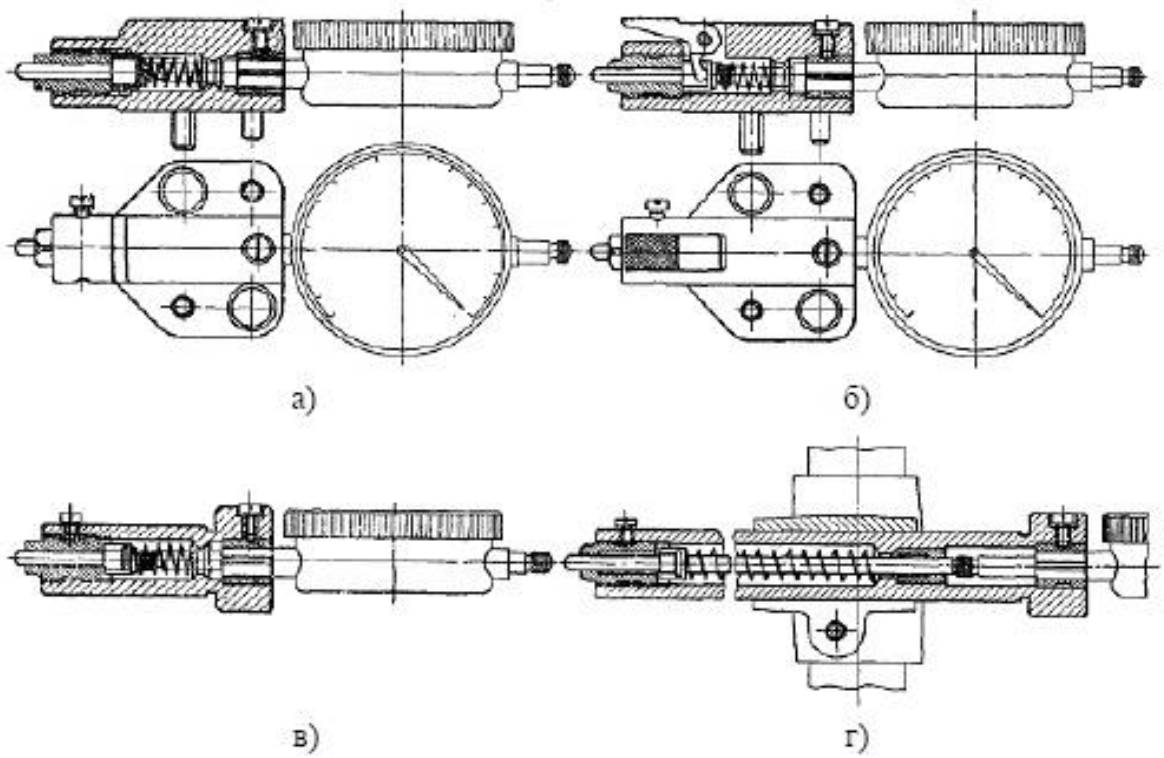


Рис. 6.6. Варіанти виконання прямих передавальних механізмів

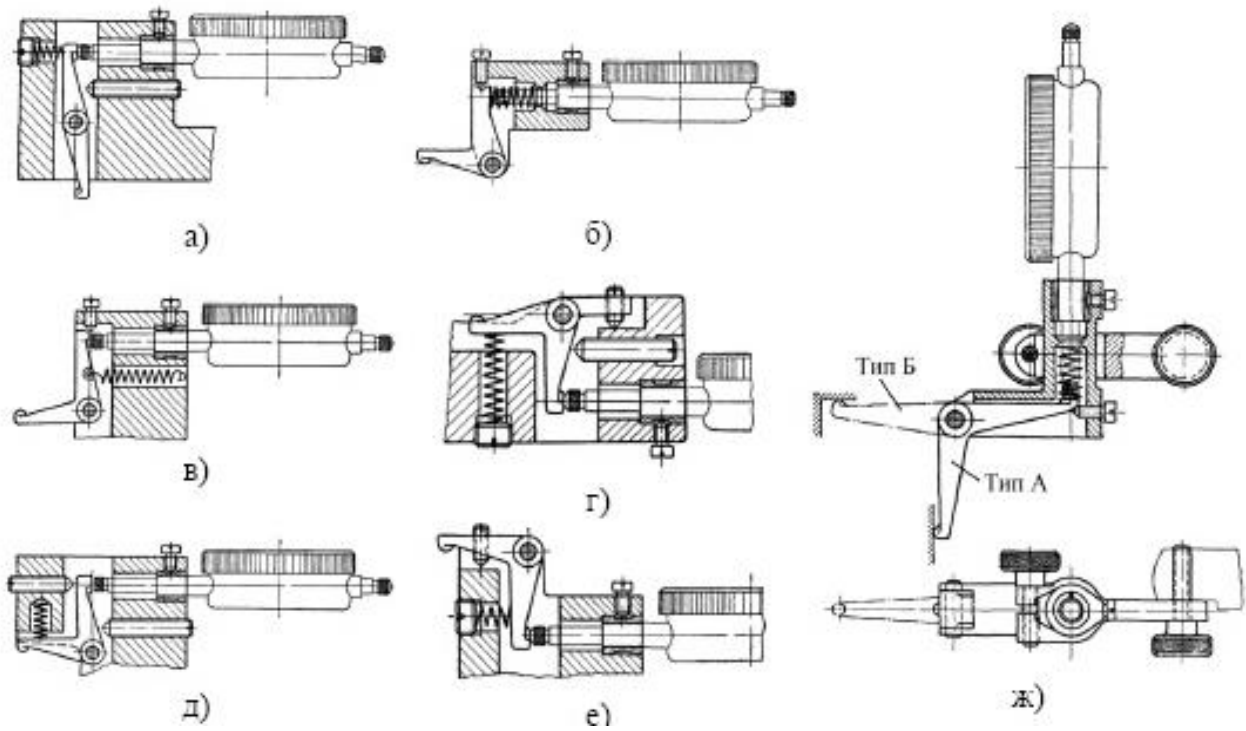


Рис. 6.7. Варіанти виконання важільних передавальних механізмів

7 Напрямні пристрої і точність вимірювання в напрямних

План

7.1 Різновиди напрямних для прямолінійного руху

7.2 Точність вимірювання в напрямних

7.2.1 Напрямні з тертям ковзання

7.2.2 Напрямні з тертям кочення

7.2.3 Напрямні з внутрішнім тертям

7.1 Різновиди напрямних для прямолінійного руху

Напрямними називаються пристрої, що забезпечують з певною точністю прямолінійний рух рухомої ланки (повзуна, каретки, куліси і т. п.)

Схеми і конструкції відрізняються великою різноманітністю і є невід'ємною частиною конструкції приладу. Напрямок прямолінійного переміщення здійснюють по циліндричних і плоских поверхнях з тертям ковзання, кочення і з внутрішнім тертям.

З тертям ковзання - менш точні, менш плавний хід із зусиллям, але прості за конструкцією.

З тертям кочення забезпечують точне центрування, плавний хід, але більш складні, ніж з тертям ковзання.

Напрямні з внутрішнім тертям точні, але мають малий хід.

Основним завданням при конструюванні напрямних є правильний вибір конструкції, яка враховує наступні вимоги:

1. Точність спрямування;
2. Втрати на тертя;
3. Нечутливість до зміни температури;
4. Здатність навантаження;

5. Зносостійкість;

6. Економічність.

Циліндричні направляючі мають додаткові опорні поверхні від повороту осі (там де потрібно).

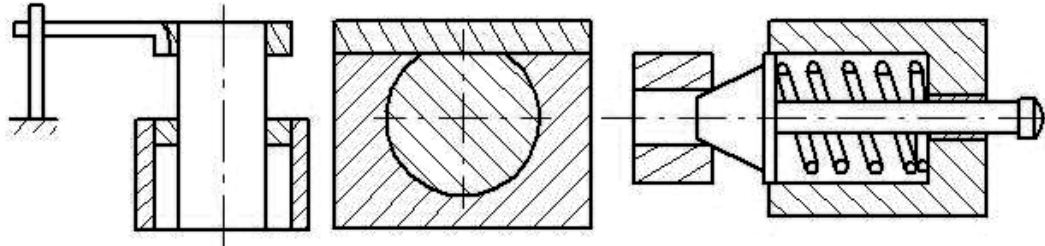


Рис.7.1 Напрявні з тертям ковзання

Напрявні з плоскими поверхнями.

Здатні сприймати великі навантаження, але величина тертя в них більше, ніж в циліндричних напрямних.

Матеріал - чавун, сталь, бронза, латунь.

Переваги. Простота регулювання зазору, гвинтами, планками, клинами

$$P = \frac{N}{S} \leq [p] \quad (7.1)$$

$[p] = 0.6..0.8$ (Сталь по сталі)

$[p] = 0.4$ (Бронза по сталі)

На рис.8.2представлені конструкції напрямних з тертям ковзання.

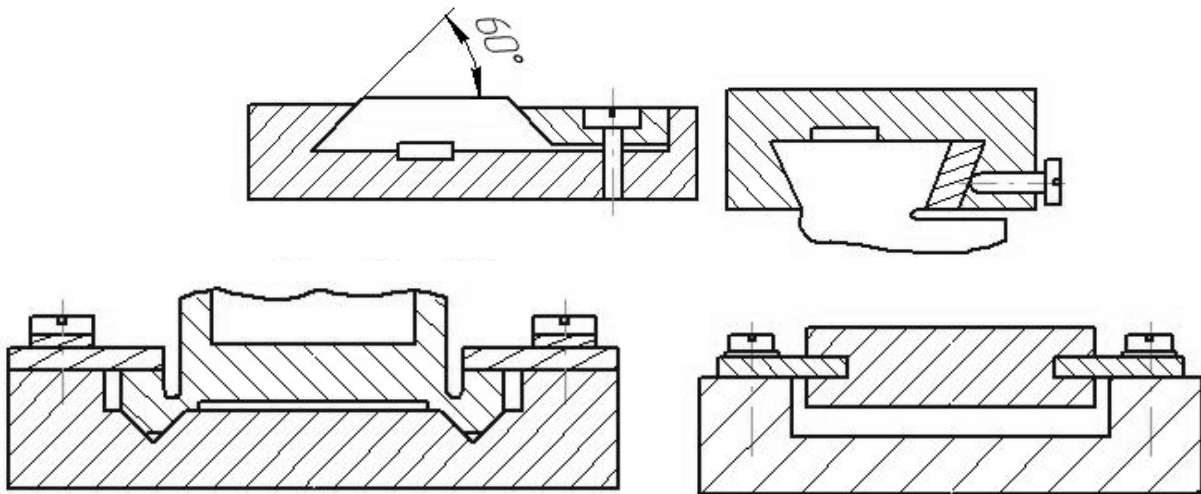


Рис. 7.2. Напрявні з тертям ковзання

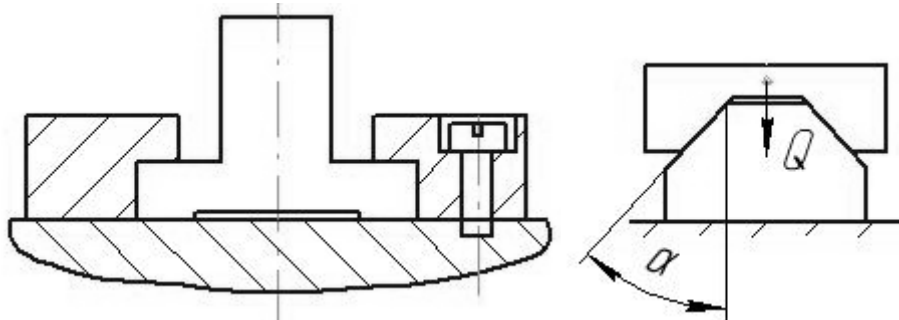


Рис. 7.3. Навантаження в напрямних з тертям ковзання

Деталі напрямних підбирають з близькими коефіцієнтами лінійного розширення. Поверхні притирають одна до одної.

Тертя в напрямних залежить від їх виду. Сила тертя F дорівнює

$$F = f_{TP} * Q , \quad (7.2)$$

де: $f_{TP} = 1,27f$ - для циліндричних напрямних;

$f_{TP} = \frac{f}{\sin \alpha}$ - для призматичних напрямних.

α - кут нахилу поверхонь в призматичних напрямних.

Умовами роботи напрямних без заклинювання є:

Правильне співвідношення між довжиною напрямних L і відстанню h між точкою прикладання сили і спрямовуючої вважається тоді, коли:

$$\frac{h}{L} = \frac{1}{2 * \mu * k}, \quad (7.3)$$

де μ - коефіцієнт тертя ковзання.

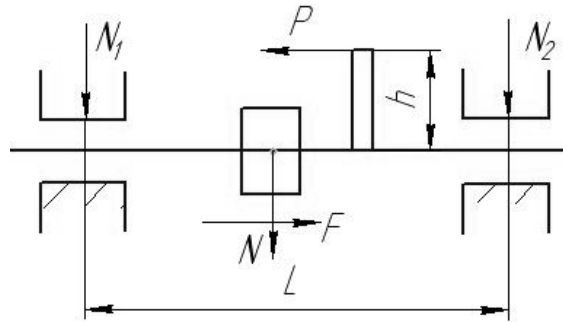


Рис 7.4 Схема направляючої, рушійна сила прикладена на планці h .

Умови незаклінювання

$$P \geq F = (N_1 + N_2) * \mu, \quad (7.4)$$

де P – рушійна сила;

$$N_1 = N_2 = \frac{P * h}{L}; \quad (7.5)$$

$k = 5$ - циліндрична;

$k = 10$ - хвіст ластівки.

7.2 Точність вимірювання в напрямних

7.2.1 Напрявні з тертям ковзання

При вимірюванні в центрах вплив зазорів в напрямних призводить до похибки вимірювання від зсуву осі деталі.

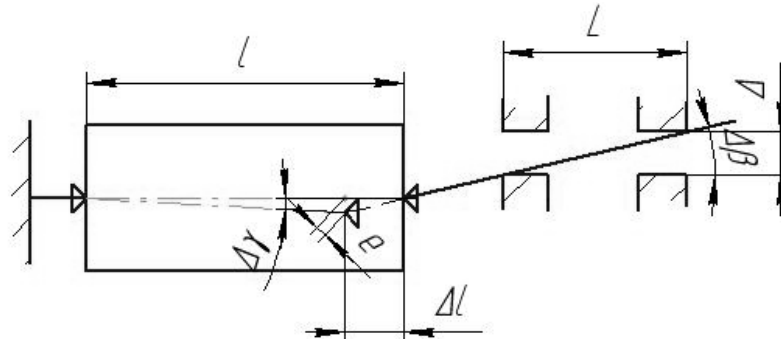


Рис 7.5 Схема направляючої з перекосом

Δ - зазор в опорах;

l - довжина деталі;

L - довжина опори;

Δl - вимірювання довжини об'єкта контролю.

$$\frac{\Delta}{L} = \Delta\beta \quad \frac{l}{\Delta l} = \Delta\beta \quad l = \Delta l * \Delta\beta \quad (7.6)$$

П

$$\Delta = 0.5 \text{ мм} \quad L = 100 \text{ мм} \quad \Delta\beta = 0.005 \quad l = 0.01 \text{ мм} \quad \Delta l = 2 \text{ мм}$$

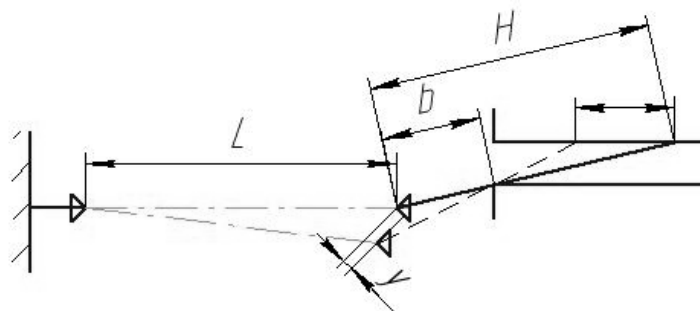


Рис 7.6 Схема направляючої з перекосом в опорі

Зсув деталі при переміщенні опори:

$$y = H \left[\frac{z}{b - (2T_{\text{ц}} + T_l)} - \frac{z}{b} \right] \quad (7.7)$$

де: $T_{\text{ц}}$, T_l - допуск на довжину і глибину центрального отвору,

$$z = z_n + z_n;$$

b - координата опори в корпусі.

Найчастіше установка валу виробляється на двох підшипниках, при цьому найбільший вплив на точність надає:

1. Зсув опор відносно один одного.
2. Перекіс валу в межах величини зазору від дії навантаження.
3. Вскатування вала в підшипнику.

1. Зсув пар відносно один одного

$$\gamma_c = \text{tg} \gamma_c = \frac{\Delta l}{L} \quad (7.8)$$

$$\delta_1 = \gamma_c * l_c \approx \frac{l_c}{L} * \Delta l \quad (7.9)$$

Конічні опори.

У приладобудуванні застосовуються 2 типу опор:

- а) опори з конічною робочою поверхнею;
- б) опори на центрах (конічна цапфа і підп'ятник з циліндричним отвором з зенковкой).

Конічні опори застосовуються для отримання точного центрування осі, яке

далі, після деякого зносу деталей опори не змінюється. Точність центрування до 2 мкм.

Матеріал цапфи - У8А, У12А HRC = 50..60

Матеріал втулки - бронза, латунь, сталь, тобто матеріали з близькими коефіцієнтами лінійного розширення.

При $\alpha < 2^\circ$ - відбувається заклинювання.

Для точного центрування $\alpha = 2^\circ..8^\circ$

Для звичайного $\alpha = 8^\circ..15^\circ$

Конічні опори з розвантажувальним пристроєм.

Вони сприймають і радіальні, і осьові навантаження.

Недоліки конічних опор:

- складність виготовлення;
- індивідуальна підгонка;
- великий момент тертя.

переваги:

- високий ступінь центрування;
- знос майже не впливає на похибку центрування;
- сприймає значні осьові і радіальні навантаження.

Розрахунок опор з конічною робочою поверхнею ведеться на обмеження питомого тиску.

1) при радіальному навантаженні

$$P = \frac{Q}{0.5(d_1 + d_2)} \leq [\rho] \quad (7.10)$$

2) при осьовому навантаженні

$$P = \frac{N}{\pi(d_1^2 + d_2^2)} \leq [\rho] \quad (7.11)$$

$[\rho] = 5 \text{ МПа}$

Момент тертя в конічних опорах визначається

1) при радіальному навантаженні

$$M_{TP} = 1,27 \mu * r_{CP} * \frac{Q}{\cos \alpha} \quad (7.12)$$

де r_{CP} - радіус цапфи.

2) при осьовому навантаженні

$$M_{TP} = 1,27 \mu * \frac{d_{CP}}{2} * \frac{N}{\sin \alpha} \quad (7.13)$$

7.2.2 Напрявні з тертям кочення

Здійснюється за допомогою роликів або кульок. Форма направляючих може бути циліндричною або плоскою. Відрізняються малими зусиллями на переміщення. Нечутливі до коливань температури.

Напрявні на кульках - компактні, володіють великою легкістю ходу, добре сприймають навантаження різних напрямків.

Для направляючих точних приладів відхилення контактної площини від прямолінійності не повинно перевищувати 5 мкм.

Робоча довжина напрямних повинна бути більше відстані L між крайніми кульками на величину максимального переміщення S плюс деякий запас.

На рис.7.7 представлена напрямна з тертям кочення.

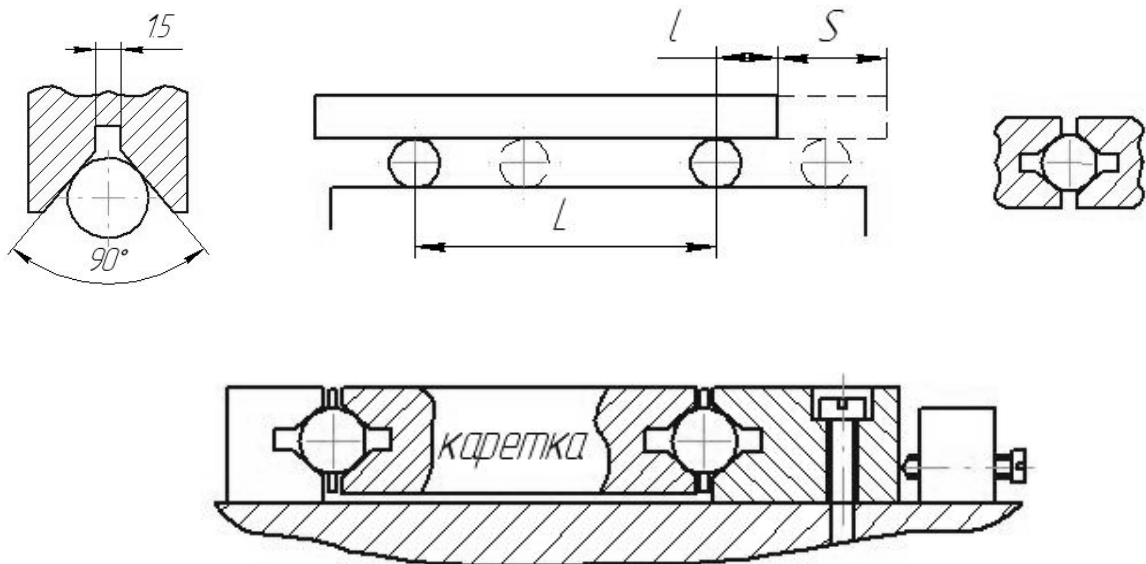


Рис. 7.7 Напрямна на кульках

Сила переміщення каретки знаходиться з виразу

$$R = \frac{K}{r_{ш} \sin \beta} [2F_z + Q(\frac{\cos \alpha}{\sin \beta} + \frac{\sin \alpha}{\cos \beta})] \quad (7.14)$$

де: K – коефіцієнт тертя кочення;

F – сила натягу при складанні (30..40 Н);

β - половина кута профілю (45°);

α - сила під кутом;

$r_{ш}$ - радіус кульки.

Тертя в кулькових напрямних

$$P = P_0 + \frac{2K}{d} * Q \quad (7.15)$$

де: P_0 - сила тертя в напрямних при відсутності навантаження;

d - діаметр кульки;

K - коефіцієнт тертя кочення.

Розрахунок напрямних для прямолінійного руху проводиться по обмеженню питомих тисків для напрямних, де має місце контакт з поверхні, і по обмеженню контактних напружень, де має місце контакт по лініях.

У першому випадку:

$$P = \frac{Q}{S} \leq [\rho], \quad (7.16)$$

де $[\rho] = 0.3..0.8 \text{ МПа}$

7.2.3 Напрямні з внутрішнім тертям

Напрямні на плоских пружинах забезпечують досить точну прямолінійність в горизонтальній площині. Величина переміщення 25-50 мм і точність 0,2..0,5 мкм. Основним елементом направляючої з внутрішнім тертям є плоска пружина у вигляді сталевий загартованої стрічки товщиною від 0,5..1,5 мм.

На рис.7.8 представлена конструкція направляючої на плоских пружинах.

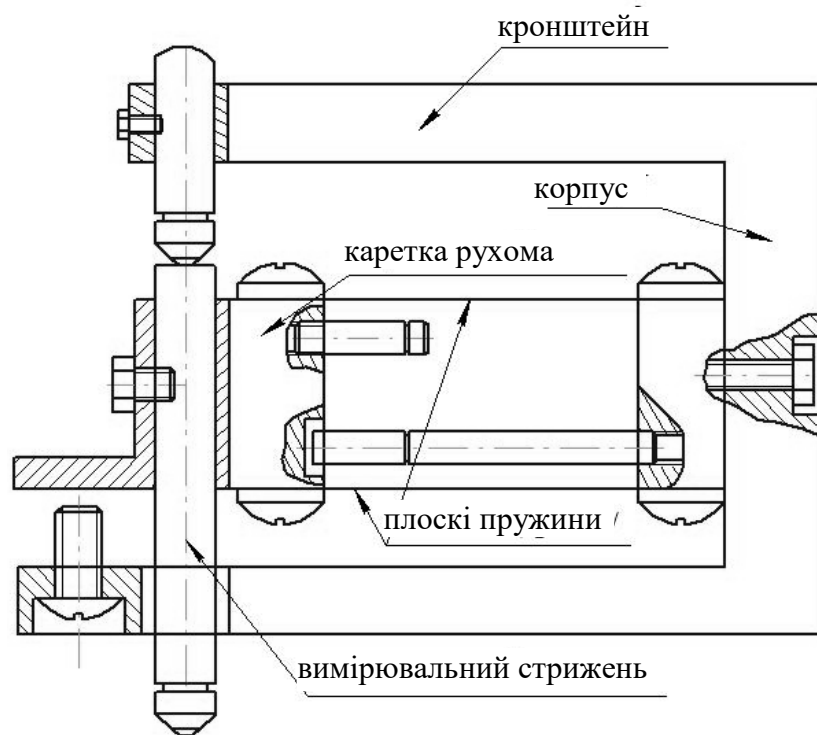


Рис. 7.8 Напрямна з внутрішнім тертям

Розрахунок плоскої пружини.

P – найбільше допустиме навантаження

$$P = \frac{bh^2}{6l} * [\sigma_H] \quad (7.17)$$

де $[\sigma_H] = 785 \frac{H}{M}$;

h - товщина пружини; $h = 0,3\text{мм}$

b - ширина пружини; $b = 15\text{мм}$

l - довжина пружини; $l = 40\text{мм}$

Для даної пружини підходить сталь марки: ст 60.

λ - лінійне переміщення, мм

$$\lambda = \frac{4l^3}{bh^3} \frac{P}{E}, \quad E = 204 \text{ ГПа} \quad (7.18)$$

Дослідження точності.

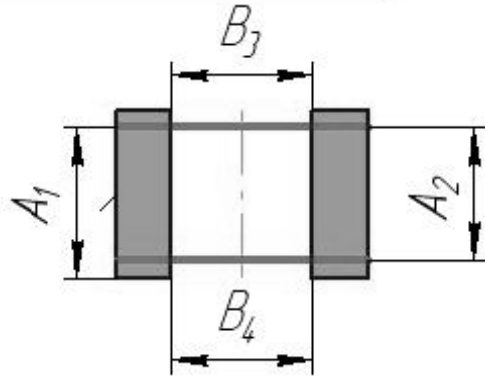


Рис. 7.9 Напрямна з внутрішнім тертям

Для забезпечення високої точності переміщення обов'язковим є умова жорстких сторін A_1 і A_2 та рівності пружних сторін B_3 і B_4

У разі нерівності жорстких сторін $\Delta A = A_1 - A_2$, кут перекосу визначається за формулою:

$$\gamma = 12 \frac{\Delta A}{AB} x \quad (7.19)$$

де x – переміщення вимірювальної головки з початкового положення, відповідного недеформованим пружинам.

У разі нерівності пружних сторін

$$\Delta B = B_3 - B_4, \quad (7.20)$$

$$\gamma = 0,6 \frac{\Delta B}{AB^2} x^2 \quad (7.21)$$

Перекіс вимірювального стрижня $\Delta x = \frac{M}{2} \gamma^2$.

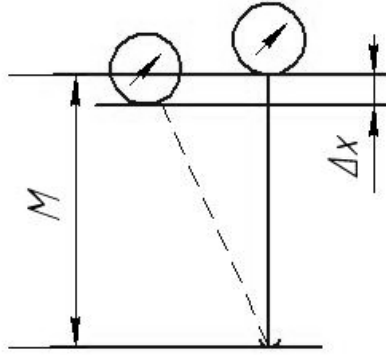


Рис. 7.10 Схема перекосу вимірювального стрижня

8 Затискні механізми і розрахунок сил затиску

План

8.1 Класифікація затискних механізмів і вимоги, що пред'являються до них

8.2 Розрахунок сил затиску при різних схемах установки

8.1 Класифікація затискних механізмів і вимоги, що пред'являються до них

Затискними називають механізми, що усувають можливість вібрації або зсуву деталі щодо настановних елементів виникають в процесі контролю (вимірювання). Затискні механізми ділять на прості і комбіновані. До простих належать: гвинтові, клинові, ексцентрикові, важільні, пружинні. За кількістю точок сили затиску механізми ділять на одиничні і багаторазові, за ступенем механізації - ручні, механізовані, автоматизовані.

Вимоги до затискних механізмів

1. При затиску не повинно порушуватися положення заготовки, досягнуте базуванням.
2. Затиск не повинен викликати деформації заготовок або псування поверхні.
3. Сила затиску повинна бути мінімально необхідною, але достатньою.
4. Затиск і відкріплення проводиться з мінімальною затратою сил.
5. Сили різання не повинні сприймати затискні пристрої.
6. Затискний механізм повинен бути простим по конструкції, зручним в експлуатації.

Виконання більшості цих вимог пов'язане з правильним визначенням величини, на пряму і місця докладання зусиль затиску.

8.2 Розрахунок сил затиску при різних схемах установки

Розрахунок сил затиску зводиться до вирішення задачі статичної рівноваги твердого тіла під дією зовнішніх сил.

Вихідні дані для розрахунку сил затиску є:

- схеми базування деталі;
- напрямок, величина, і місце докладання зусиль, що виникають при вимірі;
- схема закріплення заготовки.

Величина сили затиску залежить від її напрямки, але при виборі напрямку слід враховувати:

1. Сила повинна бути спрямована перпендикулярно поверхні настановних елементів для забезпечення контакту.
2. Спрямована на той інсталяційний елемент, з яким заготовка має більший контакт.
3. Напрямок повинен співпадати з напрямком ваги і сили різання (якщо контроль в процесі обробки).

На практиці такого збігу 1,2,3 досягти важко. При автоматичному контролі вибору раціонального напрямку сили затиску сприяє введення упорів в силову схему. Упори сприймають діючі на заготовку сили і дозволяють зменшити силу затиску.

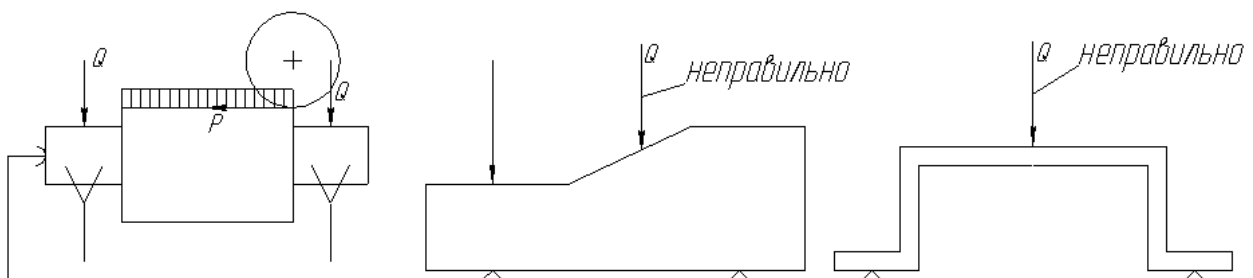


Рис 8.1. Вибір місця прикладання сили затиску.

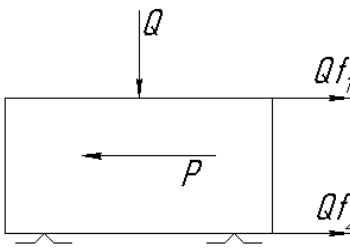
При виборі місця прикладання сили затиску слідують певним правилам:

- сила не повинна перекидати або зрушувати заготовку, і спрямована перпендикулярно до опорних елементів;
- сила затиску не повинна створювати згинального моменту, щоб уникнути деформацій деталі та появи похибки закріплення;
- точка прикладання сили повинна бути розташована ближче до місця обробки, особливо для декількох заготовок;

Розрахунок сил затиску при різних схемах установки.

Сила затиску запобігає поступальне переміщення деталі. Для представлених схем (рис 8.2). Умови рівноваги деталі з урахуванням запасу записано рівняннями (8.1), (8.2), (8.3).

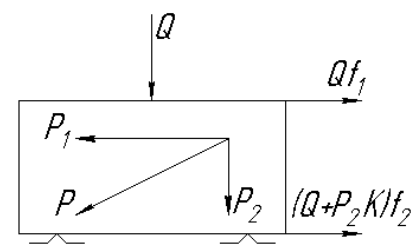
а)



$$K \cdot P - f_1 \cdot Q - f_2 \cdot Q = 0;$$

$$Q = \frac{K \cdot P}{f_1 + f_2}; \quad (8.1)$$

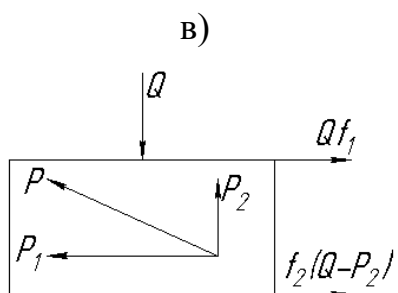
б)



$$K \cdot P_1 - Q \cdot f_1 - (Q + P_2 \cdot K) \cdot f_2 = 0;$$

$$Q = \frac{K \cdot P_1 - K \cdot P_2 \cdot f_2}{f_1 + f_2}; \quad (8.2)$$

в)



$$K \cdot P_1 - Q \cdot f_1 - (Q - K \cdot P_2) \cdot f_2 = 0; \quad Q = \frac{K \cdot P_1 + K \cdot P_2 \cdot f_2}{f_1 + f_2}; \quad (8.3)$$

Рис 8.2. Схеми закріплення деталей.

де: f_1, f_2 – коефіцієнти тертя,

Q – необхідна величина сили затиску,

P – зсувна сила.

Сила затиску, що запобігає прокручуванню заготовки під дією моменту $M_{рез}$ в 3х-кулачковому патроні

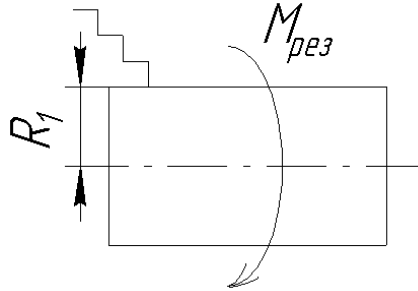


Рис 8.3. Схема закріплення деталей в трикулачковому патроні

$$K \cdot M_{рез} - 3 \cdot Q \cdot f_1 \cdot R_1 = 0; \quad (8.4)$$

$$Q = \frac{K \cdot M_{рез}}{3 \cdot f_1 \cdot R_1}; \quad (8.5)$$

Якщо поставити упор в 3^х- кулачковому патроні, то з'являється додаткова сила тертя від упорів $\frac{K \cdot P_x}{3 \cdot f_1}$.

Заготовка центрована на оправці і утримується від проворота на кільцевій майданчику бурту при рівномірному розподілі сили по кільцевій майданчику:

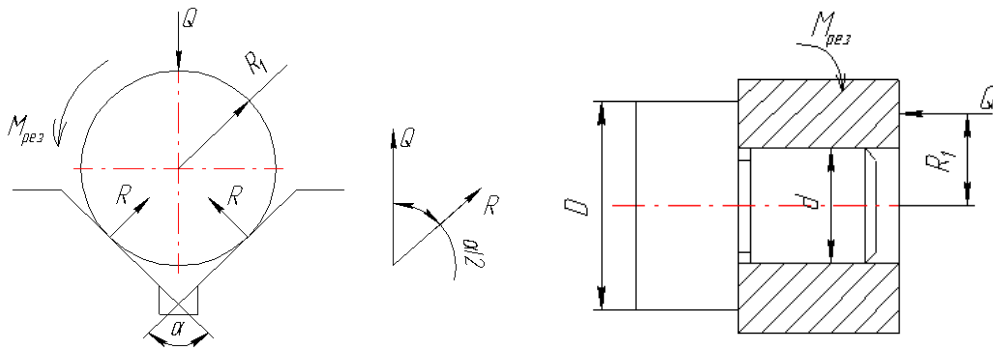


Рис 8.4. Схема закрєплення деталей в призмі та втулці

$$K \cdot M_{pez} - Q \cdot f_1 \cdot R_1 - \frac{1}{3} Q \cdot f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = 0; \quad (8.6)$$

Звідки

$$Q = \frac{K \cdot M_{pez}}{f_1 \cdot R_1 + \frac{1}{3} f_2 \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}}; \quad (8.7)$$

Заготовка закрєплена в призмі з кутом в α :

$$K \cdot M_{pez} - Q \cdot f_1 \cdot R_1 - 2R \cdot f \cdot R_1 = 0; \quad (8.8)$$

де

$$R = \frac{Q}{2} \cdot \frac{1}{\sin \alpha/2}; \quad (8.9)$$

9 Вибір засобів вимірювання і допоміжних пристроїв з подальшою розробкою компонування КВП

План

- 9.1 Засоби вимірювання, що застосовуються в КВП, і їх вибір.
- 9.2 Допоміжні пристрої, що застосовуються в КВП, і їх вибір
- 9.3 Принципи розробки компонентів КВП

9.1 Засоби вимірювання, що застосовуються в КВП, і їх вибір

Вибір засобу вимірювання в першу чергу залежить від заданої точності контрольованого параметра деталі, тобто від допуску на цей параметр. Будь-який вид вимірювальних засобів створює відповідну похибку вимірювання, і чим менше похибка вимірювання, тим більша частина допуску залишається на обробку контрольованого параметра, а. отже, спрощується процес обробки деталі. Однак застосування високоточних засобів вимірювання при порівняно великих допусках на обробку недоцільно, так як це збільшує вартість засобів вимірювання. Тому для кожного квалітету точності контрольованого параметра повинні бути обрані оптимальні засоби контролю з певної допустимою похибкою вимірювання.

При виборі засобів вимірювання перевагу віддають найбільш простим і дешевим засобам, до яких відносяться різні стандартизовані калібри (скоби, пробки, шаблони) і універсальні вимірювальні інструменти (штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, глибиноміри та ін.).

Однак часто ці кошти в повному обсязі задовольняють заданим метрологічним вимогам або необхідним економічним показникам. Особливо це проявляється в двох випадках: при необхідності здійснювати контроль з високою точністю і достовірністю, і при необхідності здійснювати контроль в важкодоступних місцях деталі, де прямі вимірювання неможливі, а непрямі призводять до збільшення похибки вимірювання і до зниження вірогідності контролю. Крім того, в ряді випадків застосування універсальних засобів

вимірювання не представляє можливим, наприклад, при контролі биття, форми поверхонь або їх взаємного розташування, особливо для деталей складної конфігурації. Часто вони не можуть проконтролювати кутові або лінійні розміри, що відносяться до групи інших і ін. У всіх цих випадках рекомендують застосовувати КВП і відповідні засоби вимірювання. Їх застосування дозволяє значно підвищити продуктивність контролю і здійснювати комплексний контроль взаємопов'язаних параметрів деталі. Їх недоліком є те, що вони не можуть використовуватися на робочих місцях верстатників для контролю в процесі обробки.

Основним засобом вимірювання в конструкції більшості спеціальних КВП є вимірювальні головки або індикатори різного виду.

Вимірювальні головки - це прилади, призначені для вимірювань лінійних розмірів деталей (як абсолютним, так і відносним методом), відхилень форми і розташування поверхонь. Їх принцип дії заснований на перетворенні малого лінійного переміщення вимірювального стрижня, який знаходиться в контакті з об'єктом вимірювань, в великі переміщення - у вигляді відхилень стрілки відлікового пристрою щодо штрихів кругової шкали.

Залежно від конструкції механізму перетворення, вимірювальні головки ділять на зубчасті, важелі, важільно-зубчасті, важільно-пружинні, пружинні і пружинно-оптичні головки. У машинобудуванні найбільш широко застосовуються зубчасті і важільно-зубчасті вимірювальні головки, перші називають індикаторами годинникового типу, а другі - для важеля зубчастими індикаторами.

Індикатори годинного типу (ГЧ) - це прилади, є вимірювальними головками з зубчастим механізмом перетворення.

Індикатори важільно-зубчасті (ІР) - це прилади, з вимірювальними головками з важільно-зубчастим механізмом перетворення.

Характеристики деяких основних засобів вимірювання у вигляді вимірювальних головок і індикаторів наведені в табл. 9.1, а їх конструкція і розміри на рис. 9.1 - 9.6. Замість стандартних індикаторів ГЧ останнім часом стали

широко застосовуватися індикатори типу Щ (цифрові). Ці індикатори конструктивно є аналогами ІЧ, але мають цифрову індикацію показань, що значно полегшує їх зчитування.

Індикатори ІР поділяють на два типу НРБ і ІРТ. ІРБ - бічний тип. має шкалу індикатора, розташовану паралельно осі вимірювального важеля в середньому положенні і перпендикулярну до площини його повороту. ІРТ - торцевої тип. має шкалу, перпендикулярну осі вимірювального важеля в середньому положенні до площини її повороту.

При конструюванні нестандартизованих засобів вимірювань, приладів і систем відлікові пристрої та перетворювачі вибираються з числа стандартних механізмів. Вибір здійснюється з урахуванням великої кількості факторів: метрологічних, економічних, функціонального призначення виробу, обсягу виробництва.

Вибір за метрологічними показниками: при виборі проводиться аналіз основних метрологічних показників: ціни ділення, діапазону показань, меж вимірювань, похибки вимірювання. Особливу увагу звертають на точність. Слід зазначити, що похибка вимірювання обраних відлікових пристроїв залежить від способу вимірювання і ряду інших причин.



Вибір точності відлікового приладу і первинного перетворювача як кратної частки від допуску деталі є принципово невірною. Таке співвідношення можна застосувати лише до сумарної похибки вимірювання.

Вибір з економічних міркувань: основний критерій вибору - це економічна доцільність, до якої відносяться: вартість, тривалість роботи, час на вимір, кваліфікація контролера, продуктивність вимірювання і обсягу випуску виробів, тобто від виду виробництва.

Вибір від функціонального призначення контрольованої деталі. Вибір засобів вимірювань повинен узгоджений з функціональним призначенням виробу, зі схемою і методом вимірювання. Контроль тонкостінних деталей і виробів з легких сплавів переважно здійснювати безконтактним методом або з малими вимірювальними зусиллями. При великій кількості контрольованих параметрів

рекомендується застосовувати багатовимірні відлікові пристрої або контрольні пристосування.

Таблиця 9.1 Основні характеристики вимірювальних головок та індикаторів

Головки измерительные рычажно-зубчатые					
	Обозначение	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мкм*	Соответствие стандартам
	1ИГ	0,001	$\pm 0,05$	1,4	ГОСТ 18833-73
	2ИГ	0,002	$\pm 0,10$	2,4	
	1ИГМ	0,001	$\pm 0,05$	1,4	
	2ИГМ	0,002	$\pm 0,10$	2,4	
Пример обозначения: <i>Головка измерительная 1ИГМ ГОСТ 18833-73</i> Головка рычажно-зубчатая малогабаритная с ценой деления 0,001 мм.					
Индикаторы часового типа					
	ИЧ02	0,01	0 – 2	10 для кл. 0 12 для кл. 1	ГОСТ 577-68
	ИЧ05	0,01	0 – 5	12 для кл. 0 16 для кл. 1	
	ИЧ10	0,01	0 – 10	15 для кл. 0 20 для кл. 1	
	ИЧ25	0,01	0 – 25	22 для кл. 0 30 для кл. 1	
	ИЧ50	0,01	0 – 50	25 для кл. 0 36 для кл. 1	–
Пример обозначения: <i>Индикатор ИЧ10 кл. 0 ГОСТ 577-68</i> Индикатор часового типа с диапазоном измерений 0 – 10 мм нормальной точности с ценой деления 0,001 мм.					
Многооборотный индикатор часового типа высокой точности					
	Обозначение	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мкм*	Соответствие стандартам
	ИЧ1	0,001	0 – 1	4 для кл. 0 8 для кл. 1	–
Пример обозначения: <i>Индикатор ИЧ1</i> Многооборотный индикатор часового типа высокой точности с ценой деления 0,001 мм.					
Индикаторы часового типа цифровые					
	ИЦ5	0,001	0 – 5	12 для кл. 0 16 для кл. 1	ГОСТ 577-68
	ИЦ10	0,001	0 – 12,5	15 для кл. 0 20 для кл. 1	
	ИЦ20	0,001	0 – 25,4	22 для кл. 0 30 для кл. 1	
	ИЦ50	0,001	0 – 50	25 для кл. 0 36 для кл. 1	
Пример обозначения: <i>Индикатор ИЦ10 кл. 0 ГОСТ 577-68</i> Индикатор часового типа цифровой с диапазоном измерений 0 – 10 мм нормальной точности с ценой деления 0,001 мм.					
Индикатор часового типа торцевой					
	ИТ	0,01	0 – 2	10 для кл. 0 12 для кл. 1	ГОСТ 577-68
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИТ кл. 0 ГОСТ 577-68</i> Индикатор торцевой часового типа с диапазоном измерений 0 – 2 мм нормальной точности.				

Індикатори багатооборотні					
	Обозначение	Цена деления, мм	Диапазон измерений, мм	Погрешность измерения, мкм*	Соответствие стандартам
	1 МИГ	0,001	0 – 1	2 для кл. 0 2,5 для кл. 1	ГОСТ 9696–82
	2 МИГ	0,002	0 – 2	4 для кл. 0 5 для кл. 1	
Пример обозначения: <i>Индикатор 2 МИГ–1 ГОСТ 9696–82</i> Индикатор типа 2 МИГ класса точности 1 с ценой деления 0,002.					
Індикатори рычажно-зубчаті бокові					
	ИРБ	0,001	0 – 0,12	4	–
	ИРБ	0,002	0 – 0,2	10	–
	ИРБ	0,01	0 – 0,8	10	ГОСТ 5584-75
Пример обозначения: <i>Индикатор ИРБ ГОСТ 5584-75</i> Индикатор рычажно-зубчатый боковой с ценой деления 0,01 и диапазоном 0 – 0,8 мм.					
Індикатори рычажно-зубчаті торцеві					
	ИРТ	0,01	0 – 0,8	10	ГОСТ 5584-75
	Пример обозначения: <i>Индикатор ИРТ ГОСТ 5584-75</i> Индикатор рычажно-зубчатый торцевой с ценой деления 0,01 и диапазоном 0 – 0,8 мм.				
* Погрешность измерения указана для всего диапазона измерений. Если используется не весь диапазон, а лишь его часть, то погрешность измерения следует уменьшить пропорционально величине диапазона измерений.					

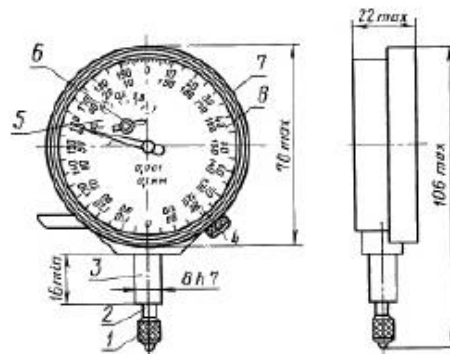


Рис. 9.1. Зовнішній вигляд і основні розміри індикаторів типу МІГ:

1 - вимірювальний наконечник, 2 - вимірювальний стрижень, 3-приєднувальна гільза, 4 - гвинт для установки механізму в нульове положення, 5 - стрілка, 6 - покажчик переміщення вимірювального стрижня, 7 - корпус, 8 - циферблат

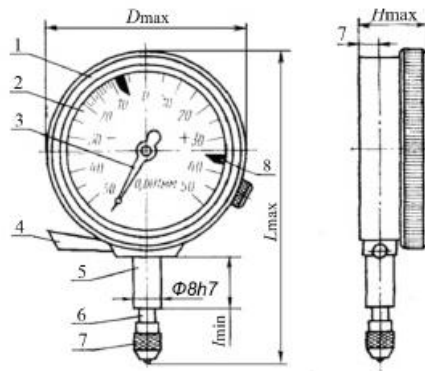


Рис. 9.2. Зовнішній вигляд і основні розміри вимірювальних головок типу ІІ

1 - корпус, 2 - шкала, 3 - стрілка,
4 - аретир (відвод), 5 - гільза, 6 - вимірювальний стрижень, 7 - наконечник, 8 -
показчик поля допуску

$D_{max} = 60$ мм (для ІГМ 45 мм), $H_{max} = 22$ мм (для ІГМ 21 мм), $L_{max} = 95$ мм (для
ІГМ 70 мм),

$l_{min} = 16$ мм (для ІГМ 10 мм)

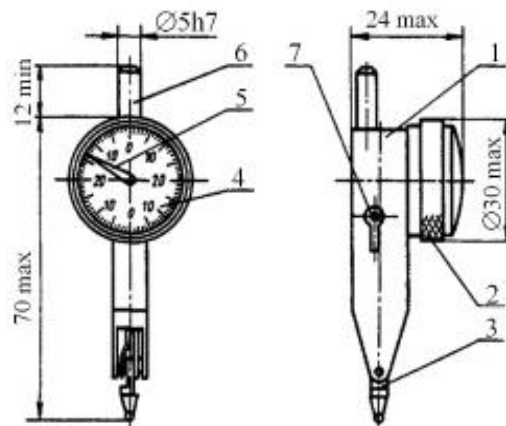


Рис. 9.3. Зовнішній вигляд і основні розміри важеля зубчастих індикаторів типу ІРБ:

1 - корпус, 2 - ободок, 3 - вимірювальний важіль, 4 - циферблат, 5 - стрілка, 6 -
приєднувальний штифт,

7 - перемикач

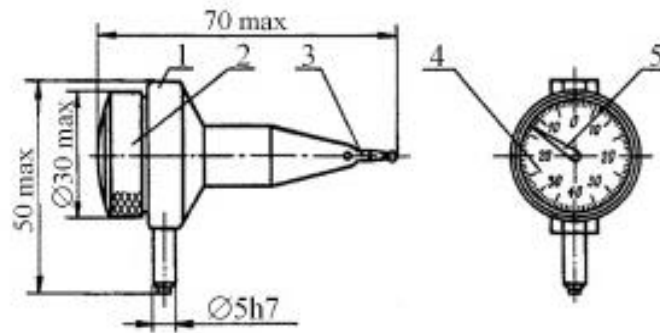


Рис. 9.4. Зовнішній вигляд і основні розміри важеля зубчастих індикаторів типу ІРТ:

- 1 - корпус, 2 - ободок,
3 вимірювальний важіль, 4 циферблат, 5 - стрілка

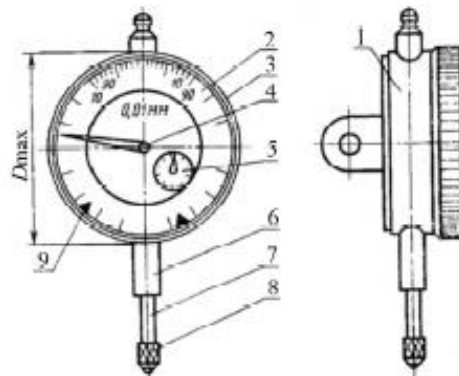


Рис. 9.5. Зовнішній вигляд і основні розміри індикаторів типу ІЧ:

- 1 - корпус. 2 - циферблат, 3 - ободок, 4 - стрілка, 5 - покажчик, 6 - гільза, 7 -
вимірювальний стрижень, 8 - вимірювальний наконечник, 9 - покажчик поля
допуску.

Найбільший діаметр індикатора D_{max} : D42 мм для ІЧ02, D60ммІЧ05 і ІЧ10. D100
мм для ІЧ25 і ІЧ50

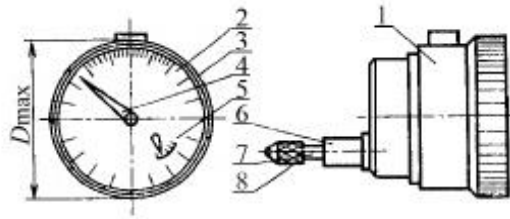


Рис. 9.6. Зовнішній вигляд і основні розміри індикатора типу ІТ:

1 - корпус, 2 - циферблат, 3 - ободок, 4 - стрілка, 5 - покажчик, 6 - гільза, 7 - вимірювальний стрижень,

8 - вимірювальний наконечник, 9 - покажчик поля допуску

Найбільший діаметр індикатора $D_{max} = D42$ мм

9.2 Допоміжні пристрої, що застосовуються в КВП, і їх вибір

Допоміжними елементами контрольних пристосувань називаються деталі, вузли і пристрої, в яких закріплюються вимірювальні головки, пристрої, за допомогою яких вимірювальні головки підводяться в зону вимірювання або переміщуються щодо вимірюваного об'єкта. У багатьох контрольних пристроях допоміжними елементами є стійки і штативи. Штативи не мають предметних столиків, вони служать тільки для кріплення вимірювальних головок і застосовуються при вимірах на повірочних плитах, в центрах і спеціальних пристроях (рис. 9.7 і 9.8). Стійки мають пристрій для затиску вимірювальної головки і столик для установки, контролюємої деталі (рис. 9.9).

Для кріплення індикаторів в стійках або посадочних місцях вимірювальних приладів призначена для приєднання трубопроводів гільза діаметром $D8h7$, включений у отвір індикаторного гнізда стійки (рис. 9.10) або вушко товщиною 5 мм з отвором $D6,5$ мм. прикріплюється до заднього торця індикатора, воно знімне і поставляється з індикатором (рис. 9.10).

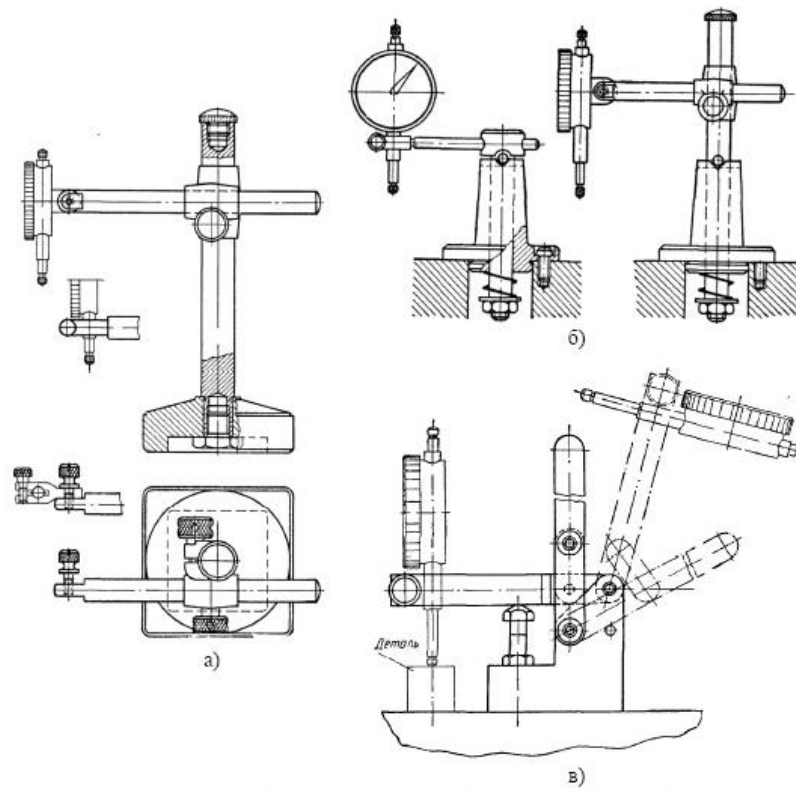


Рис. 9.7. Варіанти конструкції штативів для установки індикаторів і вимірювальних головок: універсальний штатив для індикатора (а), поворотний штатив (б), відкидний штатив (в)

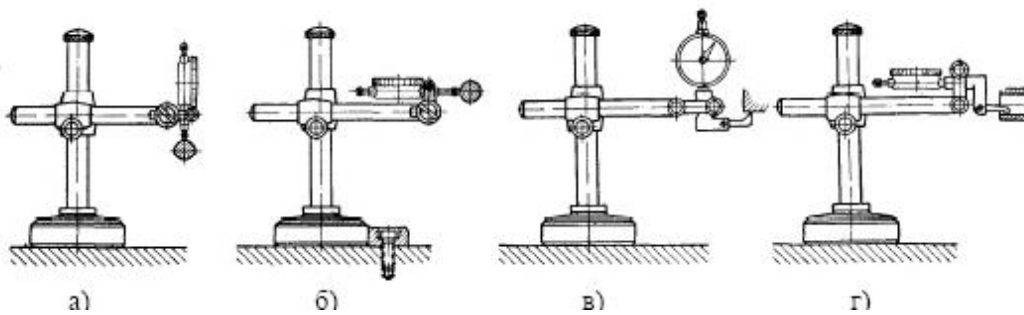


Рис. 9.8. Варіанти установки індикаторів на універсальному штативі

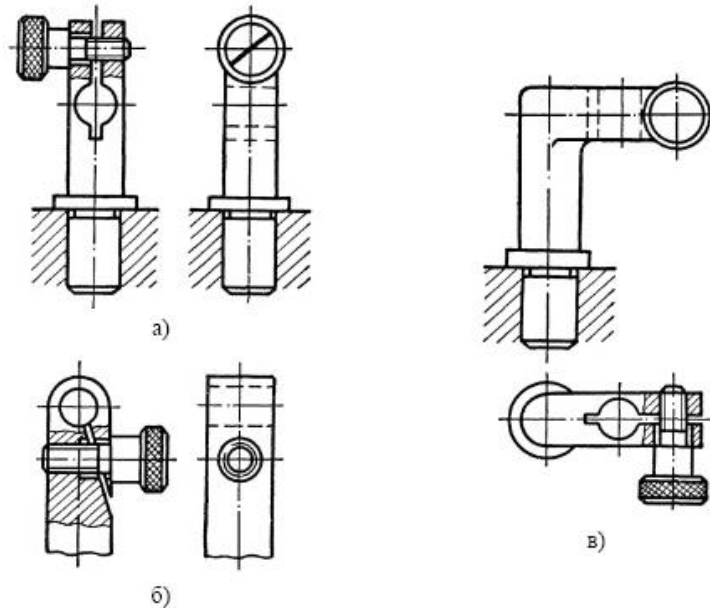


Рис. 9.9. Варіанти конструкції розрізних індикаторних стійок

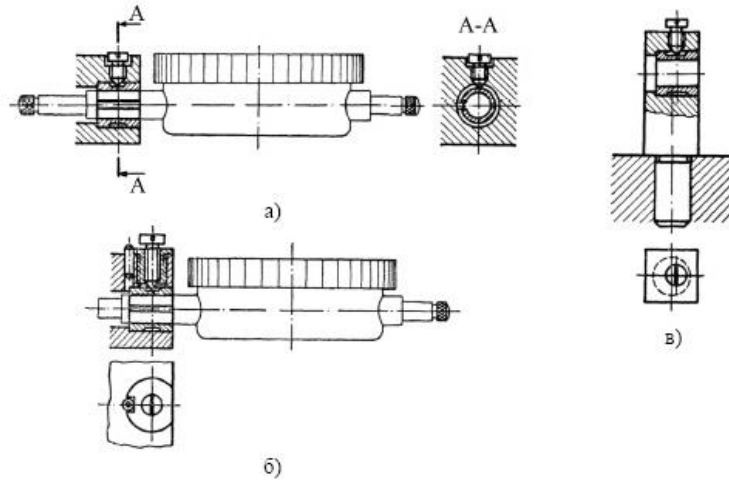


Рис. 9.10. Варіанти кріплення гільзи індикатора у втулці стійки за допомогою гвинта

Дуже часто контрольні операції виконуються в центрах, які встановлюються в центрових бабках (рис. 9.11). В цьому випадку центрові бабки грають роль допоміжних пристосувань.

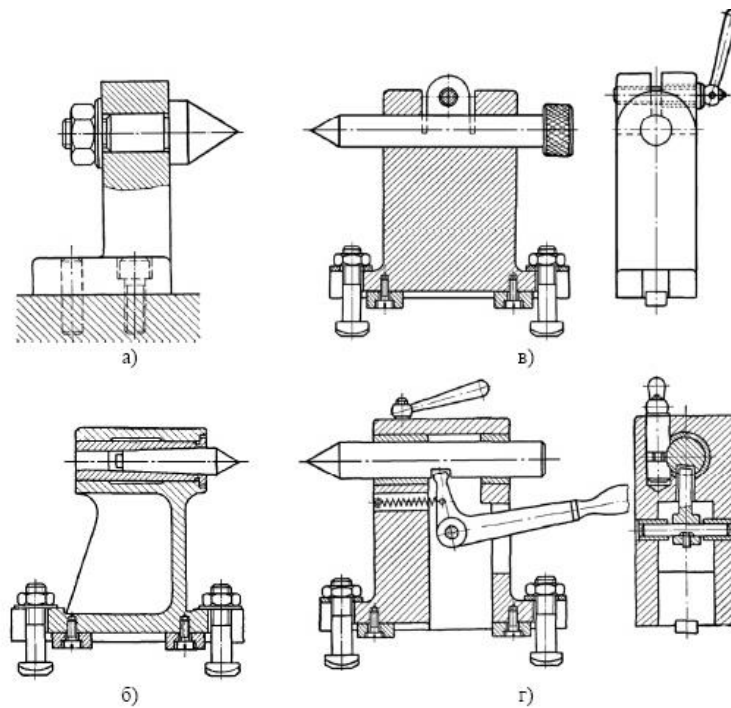


Рис. 9.11. Варіанти виконання центрових бабок для нерухомих жорстких центрів (а), (б) і рухливих центрів (в), (г)

Більшість контрольних пристосувань має різні рухливі елементи. Це можуть бути елементи, в яких здійснюється обертання контрольованого об'єкта (шпинделі, центри, поворотні столи і ін.) Або виконується позовжне переміщення (каретки, санчата, направляючі). Рухомі деталі в залежності від необхідної точності і чутливості можуть переміщатися з тертям ковзання або з тертям кочення. Переміщення деталей в умовах тертя ковзання забезпечує більш високу точність через відсутність зазорів в стиках, але деталі більш схильні до зносу і вимагають великих сил для переміщення, ніж деталі, що працюють в умовах тертя кочення. І ті й інші мають потребу в мастилі для зменшення зносу і більш плавного ходу.

У конструкції КВП найбільш поширені циліндричні (рис. 9.12) і конічні (рис. 9.13) шпинделі, а також різні лінійні напрямні закритого, відкритого та напівзакритого типу.

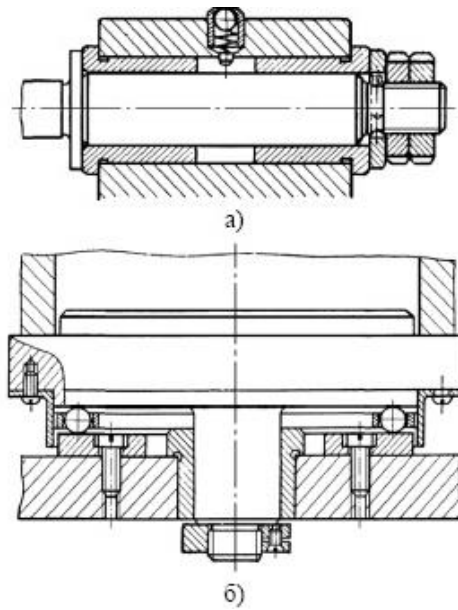


Рис. 9.12. Циліндричні шпинделі

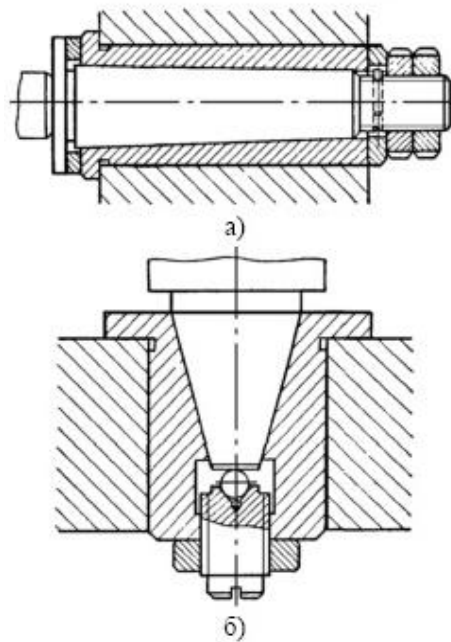


Рис. 9.13. Конічні шпинделі

9.3 Принципи розробки компонування і роботи КВП

Компонування КВП виконується на основі наявної принципової схеми, відрізняється від неї більшою деталізацією і є спрощеним варіантом

складального креслення КВП. Основна мета її розробки - підібрати елементи конструкції пристосування відповідно до принципової схеми і зв'язати їх в цілісний найбільш доцільний механізм. Розробка компоновки зводиться до послідовного викреслювання елементів контрольного пристосування і вимірювальних пристроїв навколо контуру контрольованої деталі. Спочатку викреслюються установчі елементи, далі наносять деталі затискних пристроїв, потім йдуть вимірювальні і допоміжні пристрої. Останнім зображується корпус, зазвичай у вигляді плити, на якій закріплюються всі інші деталі КВП, і яка має елементи для установки на контрольному столі (ніжки) і елементи для перенесення пристосування (ручки). При кресленні загального виду контрольного пристосування необхідно задати посадки в усіх сполученнях і різні технічні вимоги до конструкції (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 Вимоги до точності виготовлення деяких елементів КВП

Типы установочных или установочно-зажимных элементов	Параметр точности контрольных приспособлений	Допустимое отклонение, мм	
		для нового приспособления	в условиях эксплуатации
Центры жесткие	Отклонение от соосности	$\frac{0,003-0,005}{150}$	$\frac{0,008}{150}$
Центры вращающиеся	Отклонение от соосности	$\frac{0,005-0,008}{150}$	$\frac{0,01}{150}$
Оправки центровые	Радиальное биение посадочной поверхности относительно оси центров	0,003 – 0,007	0,010 – 0,015
	Торцевое биение относительно оси центров	$\frac{0,005-0,008}{R}$	$\frac{0,010-0,020}{R}$
Мембранные патроны	Радиальное биение	0,005 – 0,01	0,015
	Торцевое биение	$\frac{0,01-0,015}{R}$	$\frac{0,020-0,025}{R}$
Цанговые патроны и оправки	Радиальное биение	0,010 – 0,015	0,02
Оправки с тарельчатыми пружинами	Радиальное биение	0,010 – 0,020	0,03
Гидропластовые оправки	Радиальное биение	0,005 – 0,010	0,015
Оправки с гофрированными втулками	Радиальное биение	0,003	0,005
Оправки с шариками	Радиальное биение	0,010 – 0,015	0,02
	Торцевое биение	0,015 – 0,020	0,025

Після того як виконані всі етапи з проектування та розрахунку контрольно-вимірювального пристосування і підготовлена необхідна конструкторська документація необхідно привести технічні характеристики отриманої конструкції і описати принцип роботи пристосування.

В описі принципу роботи контрольно-вимірювального пристосування необхідно відобразити наступну інформацію:

- класифікацію пристосування;
- для яких об'єктів використовується пристосування;
- які параметри контролюються з допомогою пристосування;
- як здійснити базування і закріплення контрольованого об'єкта в

пристосуванні для виконання контролю;

- як працює затискної механізм пристосування, його конструкція і вплив на контрольований об'єкт;

- які засоби вимірювань застосовані в пристосуванні, який метод вимірювання використовується (абсолютний або відносний), як налаштувати засоби вимірювання на контрольований параметр;

- як проводять виміри і зчитуються показання, як визначити відповідність контрольованого параметра встановленим вимогам, як визнати об'єкт придатним або бракованим;

- як зняти об'єкт після виконання контролю;

- як працюють допоміжні елементи конструкції пристосування (рухомі та нерухомі);

- як здійснити настройку, регулювання і ремонт пристосування з метою заміни зношених деталей;

- як здійснити транспортування пристосування.

Також в описі необхідно відобразити інші особливості конструкції пристосування, особливі деталі і вузли, застосовані технічні рішення і т. п. Текст опису конструкції і принципу роботи пристосування слід формулювати таким чином, що б у ньому були указання на конкретні деталі і вузли пристосування в вигляді посилань на відповідні позиції складального креслення і специфікації на пристосування. Якщо в пояснювальній записці є рисунок, що ілюструє конструкцію пристосування, то допустимо посилатися на позиції, зазначені на цьому рисунку.

10 Точність контрольно-вимірювального пристосування

План

10.1 Сумарна похибка вимірювання і її складові

10.2 Похибка через неточності настановних елементів і їх розташування на корпусі КВП при складанні

10.3 Похибка передавальних пристроїв

10.4 Похибка, викликана неточністю виготовлення установочних елементів і еталонних деталей

10.5 Похибка засобів вимірювання

10.6 Похибка несуміщення баз

10.7 Похибка, від дії вимірювальної сили

10.8 Похибка закріплення

10.1 Сумарна похибка вимірювання і її складові

При розрахунку КВП на точність визначають його сумарну похибка вимірювання $\epsilon_{\text{изм}}$, що складається з систематичних і випадкових похибок, за такою формулою:

$$\epsilon_{\text{изм}} = \epsilon_{\text{ст}} + \epsilon_{\text{изм}} + \epsilon_{\text{сл}} + \sqrt{\epsilon_{\text{ст}}^2 + \epsilon_{\text{изм}}^2 + \epsilon_{\text{сл}}^2 + \epsilon_{\text{ст}}^2 + \epsilon_{\text{изм}}^2 + \epsilon_{\text{сл}}^2} \quad (3.2) \quad (10.1)$$

де $\epsilon_{\text{ст}}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення настановних елементів і неточністю їх розташування на корпусі контрольно-вимірювального пристрою під час його зборці;

$\epsilon_{\text{изм}}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення передавальних елементів, важелів, штифтів, стрижнів і ін .;

$\epsilon_{\text{сл}}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення

настановних мір і еталонних деталей, використовуваних для настройки засобів вимірювання на контрольований параметр (при їх використанні);

$\varepsilon_{\text{нб}}$ – похибка, викликана несуміщення вимірювальної бази з технологічною базою (в пристроях для межопераційного контролю) або конструкторською базою (в пристроях для остаточного контролю);

ε_3 – похибка, що виникає в результаті закріплення контрольованого об'єкта, внаслідок його можливої деформації (до уваги береться, якщо деталь жорстка, а сили закріплення невеликі або відсутні);

$\varepsilon_{\text{ис}}$ – похибка, що залежить від вимірювальної сили, виникає в результаті змішування вимірювальної бази деталі від заданого положення в процесі вимірювання, має випадковий характер (враховується тільки для високоточних вимірювань або при контролі нежорстких деталей);

$\varepsilon_{\text{зп}}$ – похибка, що виникає унаслідок зазорів між осями важелів передавальних пристроїв (при їх наявності);

$\varepsilon_{\text{си}}$ – похибка використовуваного кошти вимірів;

$\varepsilon_{\text{др}}$ – інші похибки, викликані дією випадкових факторів при виконанні контролю. До них відносяться: похибка базування деталі, похибка через зношування елементів пристосування і їх температурних деформацій, похибка, пов'язана з кваліфікацією контролера, похибка відхилення деталей або еталонів від правильної геометричної форми (при їх використанні) і ін. Внесок цих похибок по окремо незначний, проте в сумі вони можуть вплинути на точність контролю. У навчальних цілях в розрахунках для даної категорії похибок виділяють частину допуску на контрольований параметр, так для контрольних пристосувань можна прийняти $\varepsilon_{\text{др}} = (0.03 - 0.05)T_1$..

Для того щоб контрольовано-вимірювальне пристосування було визнано придатним для контролю деякого параметра (розміру, форми, відхилення від перпендикулярності, паралельності і т. п.). необхідно, щоб дотримувалися такої умови $\varepsilon_{\text{тех}} \leq [\varepsilon_{\text{тех}}]$.

При недотриманні цієї умови слід змінити конструкцію пристосування з метою зменшення окремих складових сумарної похибки вимірювання. Можна

посилити вимоги до виготовлення деталей і до збірки КВП. посилити вимоги до виготовлення ця-лонов, вибрати інший засіб вимірювань або відмовитися від обраної схеми контролю на користь іншої. Останнє особливо актуально, якщо в пристосуванні вимірювальна база не поєднана з необхідною базою (конструкторської або технологічної).

Якщо в пристосуванні виконується контроль кількох параметрів, то розрахунок з перевіркою придатності повинен виконуватися по кожному з них.

10.2 Похибка через неточності настановних елементів і їх розташування на корпусі КВП при складанні

Похибки взаємного розташування поверхонь, контрольованих деталей становить 0.01 - 0.03 мм. Нерідко навіть малі похибки виготовлення настановних вузлів контрольних пристосувань мають істотне значення, тому робочі поверхні настановних вузлів виготовляють з допусками 0.001 - 0,005 мм. а по розташуванню поверхонь витримують такі вимоги: непаралельність і неперпендикулярність не вище 0.01 мм на довжині 100 мм. зміщення від номінального положення не вище ± 0.003 мм.

Ці вимоги повинні бути відзначені на компонуванні КВП, а згодом на його складальному кресленні у вигляді технічних вимог. Дійсні відхилення в розмірах настановних елементів є величинами постійними і можуть бути визначені після виготовлення і атестації контрольного пристосування.

10.3 Похибка передавальних пристроїв

У контрольних пристроях вимірювальні наконечники стрижнів індикаторів та інших вимірювальних засобів часто не стикаються з поверхнями контрольованих деталей, так як не завжди можна підвести стрижень індикатора безпосередньо до деталі. У цих випадках між ними використовуються передавальні пристрої у вигляді важеля або прямої передачі. Передачі грають роль буферів, оберігаючи механізми індикаторів від швидкого зносу і різких поштовхів при роботі.

У контрольних пристроях різноманітність важільних і прямих передач обумовлено конструктивною необхідністю, а також рядом інших причин:

- необхідністю забезпечення в передачах задовільного порога чутливості;
- прагненням зменшити похибка передавальних ланок і граничну похибка передачі;
- підвищенням зносостійкості передачі.

Внаслідок неточності лінійних і кутових розмірів важелів можуть виникати похибки в запроектованому передавальному відношенні важільних передач. Такі похибки пов'язані з допусками на виконання довжин плечей і на їх кутове розташування. Похибки в передачах виникають також внаслідок непропорційності між лінійним переміщенням вимірювального стрижня індикатора і кутовим переміщенням важеля.

У загальному випадку похибка передавальних пристроїв контрольного пристосування складається з похибки $\varepsilon_{вт.}$ викликаної неточністю виготовлення передавальних елементів, і похибки $\varepsilon_{пт.}$ яка виникає через зазори між осями важелів.

Похибка, викликана неточністю виготовлення передавальних елементів (важелів) дорівнює сумі складових похибок

$$\varepsilon_{вт.} = \Delta_{рд} + \Delta_{р\gamma} + \Delta_{р\alpha} + \Delta_{р\kappa} + \Delta_{рд}, \quad (10.2)$$

де $\Delta_{рд}$ – похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів;

$\Delta_{р\gamma}$ – похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів;

$\Delta_{р\alpha}$ – похибка від непропорційності переміщення важелів;

$\Delta_{р\kappa}$ – похибка від зсуву точки контакту важелів;

$\Delta_{рд}$ - похибка в прямих передачах (при їх наявності).

Похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів

Похибка $\Delta_{рд}$ виникає через те, що довжини плечей важелів виконують з певними похибками, в результаті чого переміщення кінців плечей важелів будуть різними, то є один кінець плеча переміщається на величину a_2 (відповідно до величини контрольованого параметра), а інший - на a_1 (в позиції індикатора) (рис.

10.1).

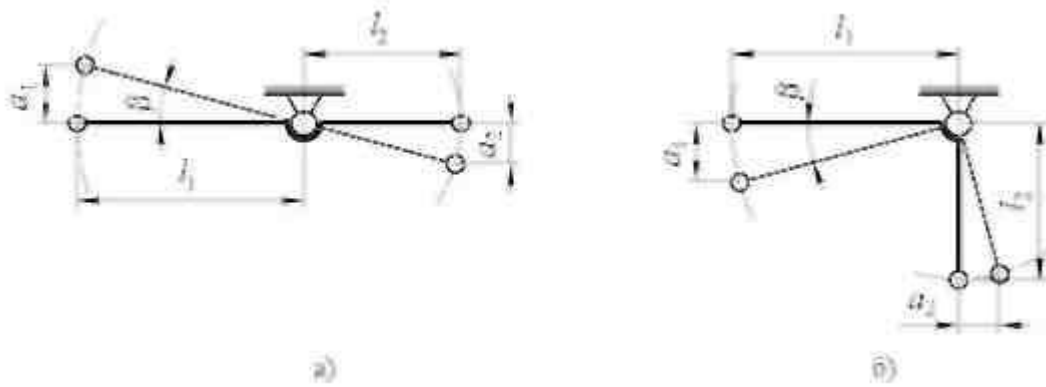


Рис. 10.1 Схема переміщення прямих (а) і кутових (б) важелів при неточному виготовленні довжини їх плечей
Тоді похибка відповідно до рис. 10.1 буде визначатися

$$\Delta_{\text{пр}} = a_1 - a_2 = (l_1 - l_2) \cdot \sin \beta = (l_1 - l_2) \cdot \frac{a_1}{l_1} = \left(1 - \frac{l_2}{l_1}\right) \cdot a_1. \quad (10.3)$$

Очевидно, що найбільша похибка буде при виготовленні одного плеча за найбільшим розміром, а іншого за найменшим

$$\Delta_{\text{пр}}^{\text{макс}} = \left(1 - \frac{l_2^{\text{мін}}}{l_1^{\text{макс}}}\right) \cdot a_1. \quad (10.4)$$

Похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів

У ряді випадків має місце похибка кутового розташування плечей важелів на величину γ (рис. 10.2). Похибка передачі в цьому випадку визначається наступним чином

У ряді випадків має місце похибка кутового розташування плечей важелів $\Delta_{\text{ку}}$ величину γ (рис. 10.2). Похибка передачі $\Delta_{\text{пр}}$ в цьому випадку визначається наступним чином

$$\Delta_{\text{пр}} = a_1 - a_2 = l_1 \sin \beta - [l_2 \sin(\beta + \gamma) - l_2 \sin \gamma]. \quad (10.5)$$

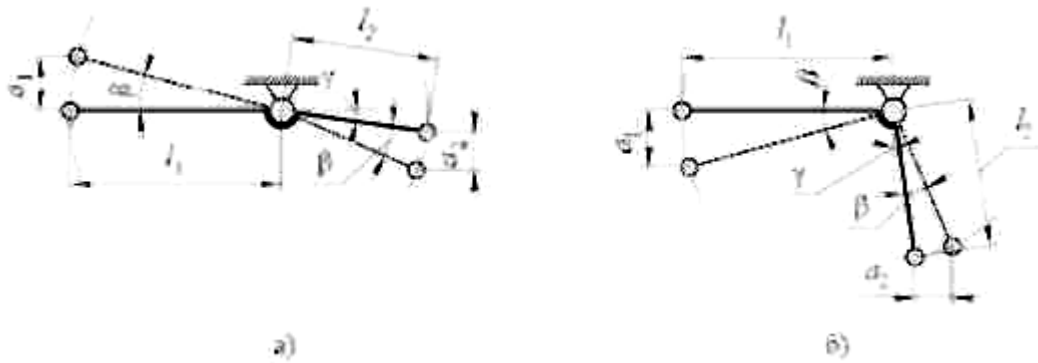


Рис. 10.2 Схема переміщення прямих (а) і кутових (б) важелів при неточному кутовому розташуванні їх плечей між собою

У разі рівного розподілу довжин важелів ($l_1 = l_2 = l$) і з урахуванням малості кутів β ($0,2 - 1^\circ$) и γ ($1 - 2^\circ$) отримаємо наступну розрахункову формулу для визначення похибки внаслідок неточності кутового розташування плечей важелів щодо один одного

$$\Delta_{py} = l \sin \gamma \cdot [1 - \cos \beta]. \quad (10.6)$$

Похибка від непропорційності переміщень важелів Похибка непропорційності переміщення важелів Δ_{py} виникає в передачах контрольних пристосувань в тому випадку, коли плече важеля передає рух вимірювального стрижня індикатора, який переміщається лінійно, в той час як плече важеля має кутове переміщення (рис. 10.3).

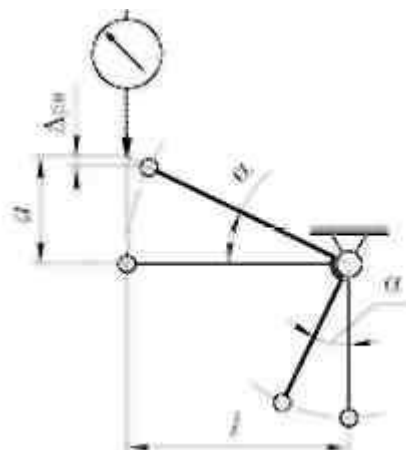


Рис. 10.3. Схема непропорційного переміщення плеча важеля і вимірювального

стрижня індикатора

Похибка передачі $\Delta_{рв}$ буде визначатися

$$\Delta_{рв} = \frac{l\alpha^3}{3}. \quad (10.7)$$

Похибка від переміщення точки контакту важелів Робочі кінці плечей важелів виконують зазвичай таким чином, щоб забезпечувався точковий контакт з поверхнею вимірюваної деталі і кінцем стрижня вимірювального приладу. Для цієї справи одні, а іноді і обидва кінці плечей у важелів виконують у вигляді сфери з радіусом $r = 2 - 3$ мм або плоскими, контактуючими з сферичними поверхнями. При таких схемах важільних передач неминуча похибка, тому що при повороті важеля точка контакту переміщається (рис. 10.4). Кінці обох плечей важеля плоскі і мають контакт зі сферичними поверхнями з радіусом заокруглення r .

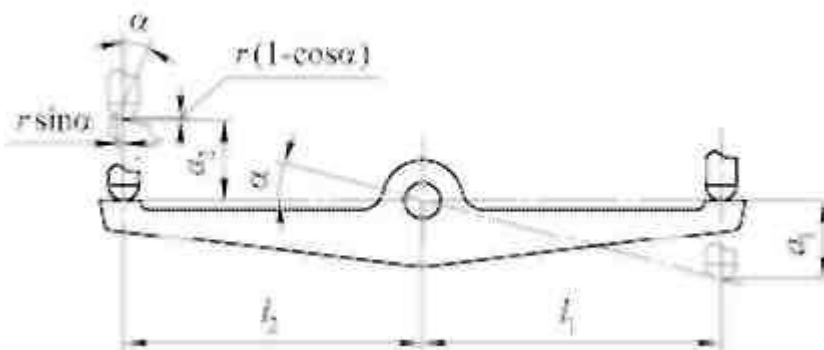


Рис. 10.4 Схема контакту плоских рещт важеля зі сферичними наконечниками

При цих умовах в передавальному відношенні виникає похибка $A_{рк}$ для рівноплечого важелів її можна визначити в такий спосіб

$$\Delta_{рк} = \frac{a_2}{a_1} - 1 = \frac{l \cdot \operatorname{tg} \alpha + r \left(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1 \right)}{l \cdot \operatorname{tg} \alpha - r \left(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1 \right)} - 1. \quad (10.8)$$

Похибка в прямих передачах Прямі передачі є проміжною ланкою між індикатором і поверхнею контрольованої деталі. Їх наявність вносить у виміри незначні похибки, що пояснюється рядом причин. Діаметри стержня і втулки в передачі, виконуються по посадці Н7 / г6 (при діаметрі 4 - 5 мм), їх притирають спільно, внаслідок чого максимальний зазор в сполученні не перевищує 0.01 мм. і перекіс стержня буде мінімальним, а його вплив на результат вимірювання буде еше менше. Більш значуще, хоча і невелике, вплив буде надавати змішання осі вимірювального стержня індикатора щодо осі стержня або штифта прямого передавального пристрою в горизонтальній площині і поворот останнього у втулці на певний кут в межах зазору. Тоді похибку $\Delta_{\text{пр}}$ можна визначити за формулою

$$\Delta_{\text{пр}} = e \cdot \frac{s}{h}, \quad (10.9)$$

де e – величина змішання осі стержня індикатора ($e = 0,2 - 0,3$ мм);

s – зазор між втулкою і стержнем в передачі ($s = 0,02 - 0,03$ мм);

h – довжина напрямної частини втулки під рухомий стержень.

Розрахунками встановлено, що величина похибки $\Delta_{\text{пр}}$ зазвичай не перевищує 0.001 - 0,003 мм. що при визначенні точності роботи передачі можна не враховувати.

Похибка від зазорів між осями важелів

Більшість контрольних пристосувань мають важелі передачі, які можуть повертатися навколо осей. Для забезпечення надійного контакту з контрольованою деталлю важелі передач підпираються пружинами. Тиск пружин повинно бути ретельно підібрано і відрегульовано з урахуванням тиску вимірювальних засобів контрольованого пристосування.

Осі можуть бути циліндричними (рис. 10.5). конічними (рис. 10.7) або реалізованими у вигляді пластинчастих пружин (рис. 10.6). У з'єднанні важеля з віссю завжди є зазор, який призводить до похибки $\varepsilon_{\text{зп}}$ є величиною випадковою і

залежить від коливання зазору в з'єднанні важеля з віссю і сили, створюваної пружиною.

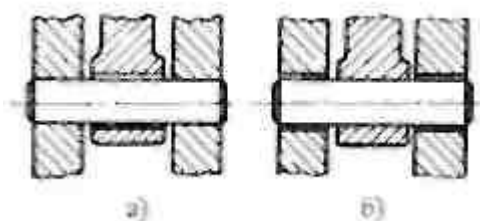


Рис. 10.5. Установка важеля на циліндричній осі

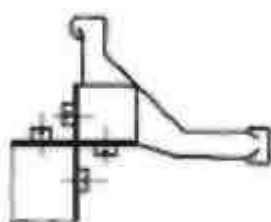


Рис. 10.6. Установка кутового важеля на пластинчастих пружинах

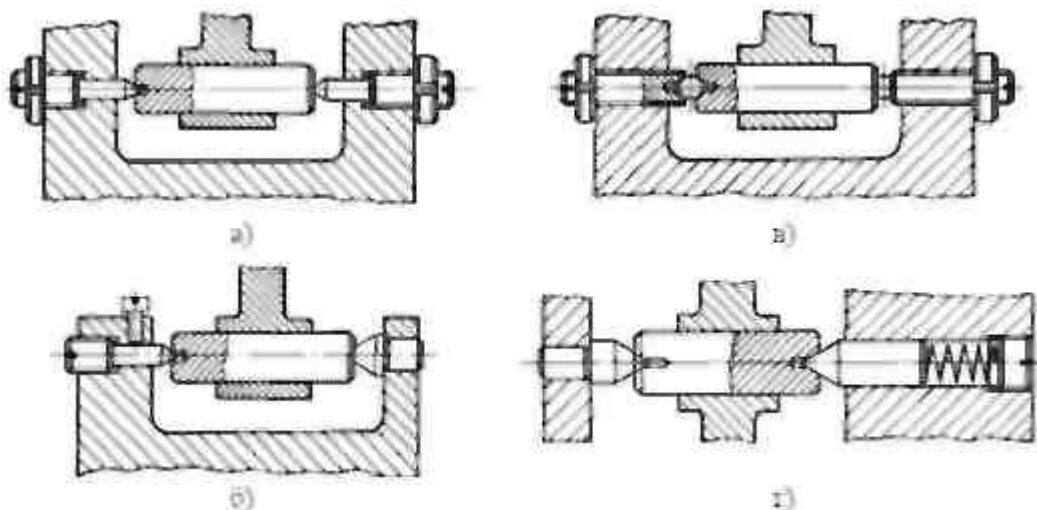


Рис. 10.7. Установка важеля в центрах

Величину похибки $\epsilon_{\text{ст}}$ можна визначити на основі довідкових даних по табл.

10.1.

Таблица 10.1 Граничні значення похибки $\epsilon_{зп}$

Тип передачі	Погрешность $\epsilon_{зп}$, мм
С рычагом на цилиндрической оси	0,006 – 0,010
Прямая передача в сочетании с рычажной	0,004 – 0,006
С рычагом в центрах	0,006 – 0,008
С рычагом на пластинчатых пружинах	0,003 – 0,005
Сложная передача с рычагами на осях	0,010 – 0,030

При відсутності в конструкції контрольно-вимірювального пристосування передавальних пристроїв, що становлять з розрахункової формули (10.1) виключаються.

10.4 Похибка, викликана неточністю виготовлення настановних заходів і еталонних деталей

Виникнення похибки $\epsilon_{ум}$ обумовлено тим, що установчі заходи, еталони або зразки вносять помилку в результати вимірювання, коли визначають розмір деталі відносним методом.

Однією з основних частин похибки, що вноситься при користуванні кінцевими мірами довжини, є похибка їх атестації (тобто коли дійсний розмір приймається з певною вірогідністю). Можуть виникнути також похибки від притирання, які для деяких кінцевих мір перевищують похибку атестації.

Для розмірів до 500 мм похибка від притирання становить до 0,5 мкм. Для деяких вимірювань такі помилки є суттєвими. Для малих розмірів похибка притирання в кілька разів більше похибки атестації. У зв'язку з цим кінцеві міри першого та другого розрядів повинні застосовуватися тільки у вигляді окремих заходів. наприклад, для атестації відносним методом більш грубих розрядів, а також для настройки приладів, але без складання їх в блок. У табл. 3.7 наведені значення похибки $\epsilon_{ум}$ при використанні кінцевих мір.

Якщо замість настановних заходів використовуються еталонні деталі, то похибка $\epsilon_{\text{ож}}$ може бути визначена як похибка виготовлення еталона, відповідно до таблиць економічної точності методів обробки (по фінішним операціям) в напрямку параметра бере участь в налаштуванні засоби вимірювання. Наприклад, для валиків (оправок) відхилення діаметральні розмірів становлять близько 0,004 - 0,015 мм. радіальне биття 0.005- 0,01 мм, для плоских еталонів від-лень розмірів складають 0.01-0.02 мм. відхилення від паралельності площин 0,004 - 0,008 мм по довжині зразка. Для плоскопаралельних плиток похибка виготовлення розмірів 0.0001 - 0,0005 мм.

10.5 Похибка засобу вимірювання

Похибка засобу вимірювання $\epsilon_{\text{сн}}$ властива будь-якого методу вимірювання і є його основною характеристикою. Вона є випадковою величиною, найбільше можливе значення якої вказується в технічних характеристиках обраного засоби вимірювання, в залежності від його класу точності і діапазону вимірювань. У табл. 10.2 наведено похибки найбільш часто вживаних в конструкції КВП засобів вимірювання.

Таблиця 10.2

Погрешность, связанная с изготовлением мер и их блоков $\epsilon_{\text{сн}}$		Погрешность, мкм				
Интервалы размеров, мм	Состав блока наименее благоприятных размеров, мм	Разряд концевых мер				
		1	2	3	4	5
от 1 до 10	Две меры до 10	0,21	0,22	0,25	0,35	0,60
от 10 до 30	Две меры до 10, одна мера 10 – 18	0,22	0,24	0,27	0,43	0,78
от 30 до 50	Две меры до 10, одна мера 30 – 50, две до 10	0,22	0,25	0,32	0,46	0,78
от 50 до 80	Одна мера 50 – 80, две меры до 10	0,27	0,30	0,38	0,55	0,86
от 80 до 120	Одна мера 10, одна мера 100, две меры до 10	0,33	0,36	0,46	0,68	1,10
от 120 до 180	Одна мера 50 – 80, одна мера 100, две меры до 10	0,33	0,37	0,51	0,76	1,19
от 180 до 260	Одна мера 30 – 50, одна мера 180 – 250, две до 10	0,35	0,45	0,63	1,13	1,70
от 260 до 360	Одна мера 80 – 50, одна мера 300, две меры до 10	0,46	0,55	0,76	1,38	2,18
от 360 до 500	Одна мера 80 – 120, одна мера 400, две меры до 10	0,57	0,70	1,00	1,69	2,72

одного отвору щодо іншого. Істотним недоліком даної схеми є зазор між отворами і оправкой, без якого неможливо встановити оправлення в точні співвісні отвори. Зазор буде тим більше, чим ширше допуск на діаметри отворів, які служать вимірювальними базами, в той час як конструкторської базою є зазвичай загальна вісь отворів. В результаті чого виникає похибка несуміщення баз, яка залежить від кута повороту оправлення в отворах. Цей кут можна визначити наступним чином:

$$\beta = \frac{e + \frac{1}{2}(s_1 + s_2)}{L}, \quad (10.10)$$

де e – відхилення від співвісності отворів деталі;

L – відстань між торцями отворів;

s_1 і s_2 – максимальні зазори в сполученні оправлення з відповідними отворами деталі.

Якщо оправлення використовується для перевірки міжосьової відстані і його вимірювання проводиться за допомогою індикатора на відстані l від торця деталі, то похибка несуміщення баз буде визначатися як

$$\epsilon_{\text{нб}} = l \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{s_1}{2}. \quad (10.11)$$

Для зменшення цієї похибки можна оправці за першим отвору надати конічної форми, тоді

$$\beta = \frac{e + \frac{1}{2}s_2}{L}, \quad (10.12)$$

$$\epsilon_{\text{нб}} = l \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (10.13)$$

Якщо оправлення буде конічної по першому і другому отвору, то похибка буде залежати від їх міжосьової відстані, тоді

$$\beta = \frac{e}{L}. \quad (10.14)$$

$$\varepsilon_{\text{вб}} = l \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (10.15)$$

Аналогічні розрахункові формули отримані для більшості типових схем базування деталей (в центрах, на пальцях, на призмах, на різних оправках, у втулках т. П.). Їх можна знайти в будь-довідковій літературі по технологічному оснащенні (п. 2.5 та зазначені в ньому джерела).

Похибка несовмешенія баз $\varepsilon_{\text{вб}}$ може бути відсутнім (в разі якщо є їх поєднання). Також похибка $\varepsilon_{\text{вб}}$ виключається з розрахункових формул, в тому випадку, коли несуміщення баз не впливає на точність контролю в заданому напрямку.

10.7 Похибка, від дії вимірювальної сили

Похибка $\varepsilon_{\text{зс}}$ є випадковою і виникає в результаті змішування вимірювальної бази деталі від заданого положення в процесі вимірювання при впливі вимірювальної сили. Це змішання відбувається через деформацію стикових поверхонь настановних елементів і контрольованої деталі.

Похибки від вимірювальної сили бувають трьох видів: що виникають в результаті пружних деформацій в зоні контакту вимірювального наконечника пристосування з контрольованою деталлю: викликані пружними деформаціями деталі, виключаючи зону контакту: з'являються в результаті пружних деформацій установочного вузла і деталей пристосування.

При вимірах перші два види похибок визначаються величиною діючу пенсійну систему момент вимірювання сили, а третій - різницею цієї сили і сили, що діяла при установці приладу, що показує пристосування на нуль.

Контактна деформація в місці зіткнення вимірювального наконечника з поверхнею деталі залежить від матеріалу наконечника і деталі, їх форми і вимірювальної сили. Для наконечника з твердого сплаву з радіусом 2.0 мм при

значенні вимірювальної сили 5- 10 Н деформація по загартованій сталі, не перевищує 0.0009 - 0.0012 мм.

При вимірюванні деталей невеликого поперечного перерізу, розташованих на двох опорах або консольно. а також при контролі тонкостінних деталей можливий їх прогин під дією вимірювальної сили. Якщо є побоювання, що величина прогину може бути порівнянна з допустимою похибкою вимірювання, необхідно провести розрахунок прогину за формулами опору матеріалів.

Під деформацією настановних елементів пристосування від вимірювальної сили розуміють деформацію стійок або штативів, де встановлений показує прилад, при навантаженні в 2 Н ця деформація не перевищує 0,0002 - 0,0005 мм. Таким чином, при розрахунках похибка $\epsilon_{мс}$ може приймати значення 0.001 - 0,002 мм.

10.8 Похибка закріплення

В окремих конструкціях контрольних пристосувань, коли потрібно забезпечити незмінність положення перевіряється деталі, застосовують ручні, пневматичні, гідравлічні та інші затискні пристрої. Щоб не порушувати сталості установки деталей щодо вимірювальних засобів, затискні пристрої в контрольних пристроях повинні розвивати невеликі сили.

Похибка ϵ_{z1} має випадковий характер і визначається коливаннями додається сили, зміною місця її застосування, конструкцією затискного пристрою.

У табл. 10.3 наведені граничні значення похибки ϵ_z в залежності від типу затискного пристрою.

Таблица 10.3

Пределные значения погрешности закрепления для КИП	
Тип зажимного устройства	Погрешность закрепления ϵ , мм
С байонетным зажимом	0,004 – 0,006
С двумя неподвижными и одним подвижным кулачком	0,015 – 0,090
С планой	0,007 – 0,020
Закрепление на оправке и прима	0,005 – 0,010
С прижимным зажимом и неподвижной опорой	0,006 – 0,010
С двумя плоскими взаимно перпендикулярными поверхностями	0,008 – 0,015

11. Вимоги та рекомендації щодо виконання складальних креслень верстатних і контрольних пристосувань

План

11.1 Загальні вимоги до складальних креслень верстатних і контрольних пристосувань

11.2 Особливості виконання складальних креслень контрольних-вимірювальних пристосувань

11.3 Запобігання найбільш типових помилок в конструкції і складальних кресленнях контрольних-вимірювальних пристосувань

11.1 Загальні вимоги до складальних креслень верстатних і контрольних пристосувань

Складальне креслення технологічного оснащення, як і будь-яке складальне креслення, являє собою документ, який містить зображення складальної одиниці і інформацію, необхідну для її збирання і контролю. Вимоги до складальних креслень регламентовані ДСТУ, відповідно до якого складальне креслення повинен містити:

1) Зображення складальної одиниці, що дає уявлення про розташування і взаємній зв'язок її складових частин:

2) Відомості, що забезпечують можливість складання і контролю складальної одиниці:

3) Розміри, граничні відхилення та інші параметри і вимоги, які повинні бути проконтрольовані або виконані по складальному кресленню;

4) Вказівки про характер сполучення і методах його здійснення, якщо точність сполучення забезпечується при складанні (підбір деталей, їх пригонка, регулювання і т. п. ;

5) Вказівки про спосіб виконання нероз'ємних з'єднань (зварних, паяних і ін.)

;

б) Основні характеристики виробу.

Зображення основних видів на складальному кресленні слід розташовувати в проекційної зв'язку, що полегшує читання креслення. Крім основних видів можуть застосовуватися додаткові види, розрізи і перетини, що пояснюють форму і розташування деталей, що входять у виріб. Їх зображення можуть розміщуватися на вільному місці поля креслення з відповідним посиланням на них з основних видів. Якщо зображення розміщуються на кількох аркушах, то поруч з їх назвою в дужках вказується посилання на номер листа, де знаходиться вихідний вид, а на вихідній посиланням номер листа, де наведено відповідне позначення.

Основний напис складального креслення виконується по ДСТУ 2.104- 2006. Вона повинна містити позначення креслення (те ж що і на специфікації) з додаванням в кінці шифру «СК» (складальний). У графі назви основного напису наводиться назва виробу з додаванням «Складальне креслення» меншим шрифтом (рис. 11.1 і 11.2).

					ДП151001 ТИ 05 12 03			
Лист	Лист	№ докум.	Лист	Лист	Приспособление станочное	Лист	Лист	Лист
Стр.	Стр.	Макс.	Стр.	Стр.		Стр.	Стр.	Стр.
Наименование	Артикул				РГАТА имени П. А. Соловьева			
Стр.	Стр.							

а)

					ДП151001 ТИ 05 12 04			
Лист	Лист	№ докум.	Лист	Лист	Приспособление контрольное	Лист	Лист	Лист
Стр.	Стр.	Макс.	Стр.	Стр.		Стр.	Стр.	Стр.
Наименование	Артикул				РГАТА имени П. А. Соловьева			
Стр.	Стр.							

б)

Рис. 11.1. Приклад виконання основного напису на перших аркушах специфікацій верстатних (а) і контрольних (б) пристосувань

					ДП151001 ТИ.05 12 03СБ			
№ аркуша	№ докум.	Лист	Лист		Приспособление станочное (Сборочный чертеж)	УДП	Масса	Масштаб
1	1	1	1			УДП	12	1:1
					РГАТА имени П. А. Суворова			

а)

					ДП151001 ТИ.05 12 04СБ			
№ аркуша	№ докум.	Лист	Лист		Приспособление контрольное (Сборочный чертеж)	УДП	Масса	Масштаб
1	1	1	1			УДП	8,5	1:1
					РГАТА имени П. А. Суворова			

б)

Рис. 11.2. Приклад виконання основного напису на перших аркушах складальних креслень верстатних (а) і контрольних (б) пристосувань

У графі «Літ.» основного напису подається позначення «УДП» для дипломних проектів або «УКП» для курсових проектів. У графі маса наводиться орієнтовна маса пристосування в кілограмах без додавання «кг». Складальні креслення верстатних і контрольних пристосувань рекомендується виконувати на аркушах формату А1. Припустимо як горизонтальне, так і вертикальне їх розташування. Інші вимоги до складальним кресленням, а також правила виконання буквено-цифрових позначень аркушів наведені в [1] і СТП 2.02 - 2002.

У навчальних цілях на складальних кресленнях не рекомендується надмірно спрощувати зображення елементів конструкції, уникати умовних і схематичних зображень. Такі елементи як підшипники, пружини, манжети, деталі різьбових з'єднань рекомендується зображати повністю. Також слід показати радіуси заокруглень литих деталей.

На складальних кресленнях повинні бути вказані такі групи розмірів:

- габаритні розміри, що визначають граничні зовнішні або внутрішні обриси виробу.

- установчі розміри, за якими виріб встановлюється на місці монтажу,

- приєднувальні розміри, за якими виріб приєднується до інших виробів.

- довідкові розміри, що пояснюють особливість конструкції або збірки.

Для кожної складової частини виробу на складальному кресленні повинен бути вказаний номер позиції. Номери позицій наносять на полицях ліній-виносок, проведених від зображень складових частин. Лінії-виноска перетинають контур зображення складової частини і закінчуються крапкою. Номери позицій вказують на те зображення, на якому нумерована складова частина є видимою. Лінії-виноска не повинні перетинатися між собою, не повинні бути паралельні лініям штрихування і по можливості не повинні перетинати зображення інших складових частин, а також розмірних ліній креслення. Номери позицій наносять на кресленні один раз. розташовують паралельно основному напису креслення і групують в колонку або рядок. Рекомендований розмір полиць 10-12 мм. розмір шрифту номерів позицій більше розміру шрифту розмірних чисел в 1,5 рази. Для групи кріпильних деталей, які стосуються одного і того ж місця кріплення, допускається проводити загальну лінію-виноску. В цьому випадку полки для номерів позицій повинні розташовуватися колонкою і з'єднуватися тонкою лінією. Номери позицій проставляють відповідно до номерами, зазначеними в специфікації.

Специфікація є текстовий документ, що визначає склад виробу, і її наявність є обов'язковим при розробці будь-якого складального креслення. Вона виконується на окремих аркушах формату А4 відповідно до вимог ДСТУ. Специфікації на верстатні і контрольні пристосування поміщаються в додаток до пояснювальної записки курсового або дипломного проекту.

У навчальних проектах специфікація зазвичай складається з розділів: «Документація», «Складальні одиниці», «Деталі», «Стандартні вироби» та «Матеріали». Більш детальну інформацію про виконання специфікацій можна знайти в СТП 2.02 - 2002 або ДСТУ.

При використанні в процесі проектування пристосування типових

компоновок з довідкової технічної літератури слід пам'ятати, що різновиди пристосувань і їх компонування в ній представлені спрощено і не придатні для безпосереднього перенесення на складальні креслення. Вони, як правило, лише пояснюють принцип дії пристосування, відрізняються недостатньою конструкторською опрацюванням, відсутністю деяких елементів конструкції, окремих видів, розмірів і вимагають доопрацювання з відповідними додатками.

11.2 Особливості виконання складальних креслень контрольно-вимірювальних пристроїв

Складальні креслення контрольних пристосувань також як і складальні креслення верстатних пристосувань повинні відповідати всім вимогам, що пред'являються до складальним кресленням. Однак є ряд додаткових рекомендацій і вимог, які враховують специфіку контрольних пристосувань:

1) Контрольне пристосування на складальному кресленні представляють в робочому положенні в процесі контролю із закріпленою деталлю. Його рекомендується зображати в масштабі 1: 1. Тільки в разі великогабаритного пристосування допускається застосування масштабу з зменшує коефіцієнтом.

2) Деталь показується умовним контуром тонкими лініями, вона вважається прозорою і не штрих на розрізах і перетинах. Припустимо виділяти деталь кольором (рекомендується синім).

3) На складальному кресленні контрольного пристосування обов'язково показується використовуваний засіб вимірювання в робочому положенні в момент вимірювання.

4) Чи повинні бути показані габаритні, установочні, приєднувальні і довідкові розміри. Обов'язково показують контрольні та координуючі розміри з допусками, що характеризують точність взаємного розташування тих елементів пристосування, які визначають точність вимірювання. Також показують розміри тих сполучень, від яких точність вимірювання не залежить. Допуски на ці розміри визначають залежно від призначення механізму, а також характеру і умов роботи

даного сполучення.

5) Аналогічно верстатного пристосування показують допуски на взаємну непаралельність, неперпендікулярність, неплосцинність настановних поверхонь і осей центруючих елементів пристосування. Приводять посадки, розміри і технічні вимоги, які беруть участь в розрахунках пристосування на точність.

Над основним написом складального креслення контрольного пристосування приводять опис його службового призначення, технічні характеристики і, при необхідності, технічні вимоги (рис. 11.3).



Рис. 11.3. Приклад виконання розділу «Службове призначення», «Технічні характеристики» і «Технічні вимоги» складального креслення контрольного пристосування

У розділі «Службове призначення» слід вказати, які параметри деталі контролюються за допомогою пристосування і їх значення з допусками.

У розділі «Технічні характеристики» наводиться сила закріплення деталі в

приспосовуванні (при використанні затискних механізмів), його точності характеристики (похибка вимірювання приспосовування в напрямку контрольованих параметрів), а також характеристики, обумовлені конструкцією контрольного приспосовування.

У розділі «Технічні вимоги» вказуються вимоги по налаштуванню, регулюванню і складанні приспосовування, параметри, які беруть участь в точностних розрахунках і інші вимоги (рис. 11.3).

Рекомендується наступний порядок креслення елементів контрольно-вимірювальних пристроїв: спочатку викреслюються в необхідній кількості базують елементи (опорні плити, опори, пальці, оправлення, центри, призми і т. п.), Потім зображують деталі затискних пристроїв (при їх наявності), далі йдуть вимірювальні пристрої та допоміжні елементи (передавальні механізми, вузли кріплення вимірювальних пристроїв, механізми для обертання контрольованих деталей, стійки, бабки і т. д.). останніми викреслюються контури корпусу приспосовування.

11.3 Запобігання найбільш типовим помилкам в конструкції і складальних кресленнях контрольно-вимірювальних приспосовувань

Після розробки складальних креслень верстатних і контрольних приспосовувань необхідно переконатися у відсутності помилок, ретельно перевіривши отримані креслення. Всі найбільш часті помилки можна умовно розділити на дві групи - помилки в конструкції і помилки у виконанні складальних креслень приспосовувань.

Серед помилок в конструкції верстатних приспосовувань можна виділити наступні найбільш поширені:

1) Схема базування заготовки в пояснювальній записці, маршруті і операційної карті не відповідає схемі установки, реалізованої в конструкції приспосовування.

2) В конструкції приспосовування відсутні елементи для його транспортування (ручки, вікна, виступи, рим-болти і т. п.).

3) Відсутні елементи для базування і закріплення пристосування на верстаті (шпонки, пальці, вушка, отвори і т. п.).

4) Конструкція пристосування не дозволяє забезпечити підведення робочого середовища (повітря, масло) до відповідних силових приводів (заважає корпус пристосування, стіл верстата, прихвати, заготівля і т. п.).

5) Конструкція пристосування не забезпечує безперешкодну і зручну установку заготовки в пристосування і її подальше зняття. Незручне розташування органів управління, затискачів, рукояток, кранів і т. п.

6) Необгрунтовано складна конструкція корпусу і елементів пристосування. Обмежено застосування стандартних виробів або їх занадто великий розкид по номіналах.

7) Конструкція пристосування і його деталей нетехнологічна і не забезпечує зручність виготовлення, складання і ремонту. Недостатньо жорстка і стійка конструкція.

8) Конструкція пристосування не відповідає заданому типу виробництва.

9) Чи не передбачена можливість ремонту або заміни деталей пристосування при їх зносі, особливо в умовах серійного виробництва (змінні опори, пальці, пластини, втулки і т. п.).

10) Габаритні і установочні розміри пристосування не відповідають розмірам столу верстата.

11) Положення заготовки в пристосуванні не відповідає розташуванню інструменту в процесі обробки.

12) Установка заготовки проводиться безпосередньо на корпус пристосування без використання настановних елементів.

13) Відсутні конструктивні елементи в корпусі пристосування для «виходу інструменту» при обробці «напроход» (свердління наскрізного отвору, довбання, фрезерування зубів і т. п.).

14) Відсутні напрямні елементи для інструменту (втулки, встановити. Копіри) при необхідності їх використання.

15) У пристосуванні не забезпечується визначеність базування, коли

установка здійснюється одночасно за кількома поверхонь.

16) Розташування затискних механізмів і їх кількість не забезпечує надійне закріплення заготовки.

До помилок у виконанні складальних креслень верстатних пристосувань можна віднести наступні помилки:

1) Не дотримано вимог СТП 1.02-2002 і ЕСКД.

2) Пристосування та заготівля на складальному кресленні показані не в робочому положенні. Відсутній або не виділена оброблювана заготовка.

3) Кількість проєкцій, видів і розрізів недостатньо для розуміння особливостей конструкції, складання і роботи пристосування.

4) Обраний масштаб не відповідає рекомендованому масштабу (1: 1) при можливості його використання.

5) При використанні силових приводів на кресленні відсутній гарантований запас ходу затискного елемента, штока, прихвата і т. п.

6) Чи не вказані гарантовані зазори, передбачені конструкцією пристосування.

7) Відсутні вимоги до форми і розташуванню настановних і направляючих елементів пристосування.

8) Відсутні розміри якої-небудь групи.

9) Необхідний тиск робочого середовища силового приводу не відповідає стандартному тиску.

10) Не вказано службове призначення, технічні характеристики і технічні вимоги до пристосування.

11) В основному написі не зазначена орієнтовна маса пристосування.

12) Відібрані посадки не відповідають умовам збірки і роботи пристосування або відсутні зовсім.

13) При зображенні різних з'єднань не показані шайби, пружинні шайби, штифти, гайки, шплінти, стопорні кільця і т. п.

14) Неправильно обраний головний вид креслення.

15) Відсутні назви видів креслення, значки «повернуто», і масштаб при

необхідності їх вказівки. Проставлені розміри не відповідають обраному масштабу.

16) Відсутні осьові лінії і лінії штрихування.

17) Номери позицій в специфікації не відповідають позиціям складального креслення.

Для контрольних пристосувань на додаток до перерахованих вище помилок можна додати наступні найбільш часто зустрічаються помилки, властиві конструкції КВП і їх складальних кресленнях:

1) Схема установки контрольованого об'єкта в пристосуванні не відповідає необхідній (обраної) схемою контролю.

2) Після вибору засіб вимірювання не дозволяє проконтролювати потрібне значення (не відповідає піна поділу, діапазон вимірювань, принцип роботи і т. п.)

3) Засіб вимірювання (вимірювальна головка, індикатор) зображено занадто умовно або відсутній зовсім.

4) Відсутні допоміжні елементи конструкції для закріплення індикаторів і регулювання їх положення.

5) Неможливо встановити деталь в пристосування, так як в конструкції пристосування не передбачена можливість відводу індикаторів і штативів в сторону від деталі.

6) Обраний тип підшипників в конструкції вузлів з врашаю-шимися деталями не відповідає умовам їх роботи. Підшипники встановлені неправильно або зображені занадто спрощено.

7) При контролі будь-якого параметра по відношенню до базової осі. ця вісь не ловиться в пристосуванні.

8) Чи не вказані посадки в сполученнях деталей пристосування. Посадки не відповідають умовам взаємодії деталей, в процесі роботи пристосування.

9) Як передавального пристрою необгрунтовано використовується важіль з різною довжиною плечей.

10) Кріплення передавального важеля не забезпечує точності вимірювання.

11) При установці контрольованих деталей в отвір настановної втулки вказана посадка з натягом або дуже маленьким зазором, що сильно ускладнює установку деталей, а для великогабаритних деталей робить її неможливою.

Багато хто з перерахованих помилок можуть і повинні бути усунені еше в процесі проектування пристосувань до виконання їх складальних креслень.

Успіх отримання працездатного пристосування багато в чому оп-ределяється правильністю виконання, розглянутих в даному посібнику, методик, які вимагають чіткого дотримання вимог до послідовності окремих етапів і їх змістом. Також невід'ємною умовою розробки ефективного пристосування, оптимального з точки зору витрат на його виготовлення та експлуатацію є застосування типових і апробованих рішень. У машинобудуванні накопичений величезний досвід з питань проектування технологічної оснастки, розроблено безліч компонок різних пристосувань, більшість з яких можна знайти у відповідній навчальній і довідковій літературі. Вивчення цієї літератури є обов'язковим.