

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ
РОБОТИ СТУДЕНТІВ З ДИСЦИПЛІНИ
**«ПРОЕКТУВАННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ
ПРИСТРОЇВ»**

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки
до самостійної та індивідуальної роботи студентів
з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних
пристроїв»**

Вінниця
ВНТУ
2013

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету (протокол № 11 від 23.06.2013 р.)

Рецензенти:

А. П. Поляков, доктор технічних наук, професор

О. П. Шиліна, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до самостійної та індивідуальної роботи студентів з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв» / Укладачі: О. В. Петров, С. І. Сухоруков, В. В. Савуляк. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 47 с.

Методичні вказівки містять теоретичний матеріал до самостійної та індивідуальної роботи, а також до виконання розрахунково-графічного завдання з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв» для студентів спеціальності «Технології машинобудування» та суміжних спеціальностей галузі знань «Машинобудування та матеріалобробка» денної та заочної форм навчання.

Методичні вказівки виконано згідно з програмою дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв», яка викладається у ВНТУ.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Мета і задачі самостійної та індивідуальної роботи.....	5
2 Вимоги до обсягу та оформлення роботи.....	6
3 Проектування контрольно-вимірювального пристосування (КВП).....	8
3.1 Підготовка початкових даних для проектування.....	8
3.2 Вибір або розробка принципової схеми контролю.....	9
3.3 Вибір елементів конструкції КВП.....	9
3.4 Вибір засобу вимірювання.....	14
3.5 Вибір допоміжних пристроїв.....	16
3.6 Розробка компонування КВП.....	18
3.7 Розрахунок на точність КВП.....	18
3.8 Принцип роботи спроектованого КВП.....	32
4 Розрахунок та проектування калібрів для контролю циліндричних поверхонь.....	33
4.1 Призначення та область застосування граничних калібрів.....	33
4.2 Розміри і допуски калібрів.....	34
4.3 Алгоритм розрахунку виконавчих розмірів калібрів....	35
4.4 Матеріали та маркування калібрів.....	38
Література.....	39
Додаток А.....	40
Додаток Б.....	41
Додаток В.....	42

ВСТУП

Сучасне виробництво характеризується постійно зростаючими вимогами до точності геометричних параметрів деталей, що виготовляються. Перевірка точності цих параметрів зумовлює застосування спеціальних та оригінальних засобів контролю. Контроль точності виконується як на проміжних етапах обробки (операційний контроль), так і на етапі остаточного приймання продукції (остаточний контроль). Багато деталей мають складну конструктивну форму і малі допуски. Тому для їх контролю часто застосовують контрольно-вимірювальні пристрої, які є спеціальними виробничими засобами вимірювання і контролю, що є конструктивним поєднанням базувальних, затискних і вимірювальних пристроїв, а також калібрів. Їх основне призначення полягає у вимірюванні похибки або контролі геометричних параметрів деталей і складальних одиниць при їх виготовленні на етапах проміжного і остаточного контролів.

За допомогою контрольно-вимірювальних пристроїв перевіряють:

- лінійні розміри: зовнішні і внутрішні діаметри, висоту, ширину, глибину, виступи, довжину різних елементів деталей, які неможливо або недоцільно вимірювати граничними калібрами чи універсальними вимірювальними засобами;

- точність форми поверхонь;
- точність розташування поверхонь;
- 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 декілька параметрів деталей;
- виконувати сортування деталей за точністю параметрів на групи в межах заданого допуску;
- налаштовувати різальний інструмент на заданий розмір і здійснювати контроль розмірів заготовок при обробці на верстатах з ЧПК.

Основними вимогами, що висуваються до конструкції контрольно-вимірювальних пристроїв, є: забезпечення оптимальної точності і продуктивності контрольних операцій, зручність в експлуатації, технологічність у виготовленні, зносостійкість та економічна доцільність.

1 МЕТА І ЗАДАЧІ САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

Самостійна робота студентів – це такий вид навчальної діяльності, що виконується студентами з використанням розумових і (або) фізичних зусиль як під час аудиторних занять, так і в позааудиторний час за завданням і під контролем викладача, але без особистої його участі, та спрямована на досягнення поставленої мети. Головним завданням самостійної роботи є підвищення якості знань, формування пізнавальної активності, самостійності, позитивної мотивації та інтелектуальних умінь майбутнього фахівця.

Одним із видів самостійної роботи є індивідуальна робота. Індивідуальна робота – це форма організації навчального процесу, яка забезпечує реалізацію творчих можливостей студента через індивідуально спрямований розвиток здібностей, науково-дослідну роботу й творчу діяльність. Виконання індивідуального завдання є видом позааудиторної індивідуальної самостійної роботи студента навчального, навчально-дослідницького чи проектно-конструкторського характеру, що дається у процесі вивчення програмного матеріалу навчального курсу і завершується складанням підсумкового екзамену чи заліку. Мета індивідуальної роботи полягає в самостійному вивченні частини програмного матеріалу, систематизації, узагальненні, закріпленні і практичному застосуванні знань з навчального курсу та у розвитку навичок з позааудиторної самостійної роботи.

Метою самостійної та індивідуальної роботи студента з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв» є формування у студента системи знань і практичних навичок із вибору, розрахунку та проектування контрольно-вимірювальних пристосувань і пристроїв для конкретних умов машинобудівного виробництва.

До задач самостійної та індивідуальної роботи відносять:

- ознайомлення з методикою проектування контрольно-вимірювальних пристосувань;
- поглиблення знань про методику розрахунку та проектування калібрів для контролю поверхонь;
- виконання розрахунково-графічного завдання (РГЗ), яке полягає в узагальненні знань про проектування контрольно-вимірювальних пристосувань і калібрів для контролю поверхонь.

РГЗ видає викладач, який є лектором з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв». Зразок завдання наведено у додатку А. Вхідними даними для виконання РГЗ є креслення (ескіз) деталі. Формулювання вхідних даних РГЗ та їх опис здійснює викладач на основі креслення деталі, з якого вибирається певний розмір чи поверхня, що підлягає контролю.

2 ВИМОГИ ДО ОБСЯГУ ТА ОФОРМЛЕННЯ РОБОТИ

Розрахунково-графічне завдання містить розрахунково-пояснювальну та графічну частини.

У розрахунково-пояснювальній частині обов'язково наявні нижченаведені розділи.

1 Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв (КВП).

1.1 Вибір або розробка принципової схеми контролю.

1.2 Вибір елементів конструкції КВП.

1.3 Вибір засобу вимірювання та допоміжних пристроїв.

1.4 Розробка компонування КВП.

1.5 Розрахунок на точність контрольного пристосування.

1.6 Опис принципу роботи спроектованого КВП.

2 Розрахунок та проектування калібрів для контролю циліндричних поверхонь

Розрахунково-пояснювальна частина РГЗ виконується на листах формату А4 з книжковим розташуванням листа. Оформлення тексту РГЗ виконується згідно з ДСТУ 3008-95 та ГОСТ 2.004-98, відповідно до яких:

- текст друкується на одній стороні листа;
- міжрядковий інтервал – одинарний;
- гарнітура шрифту – Times New Roman, 14 пт;
- колір тексту – авто (чорний);
- вирівнювання тексту – по ширині сторінки;
- відступ першого рядка – 15-17 мм;
- поля сторінки верхнє, нижнє, ліве – 20 мм, праве – 10 мм;
- нумерація сторінок наскрізна (крім титульного листа), арабськими цифрами, зверху з правої сторони сторінки.

Виконання РГЗ, як правило, супроводжується відповідними формулами та ілюстраціями. Допускається використання таблиць.

Формулу записують з нового рядка, симетрично до тексту. Між формулою і текстом пропускають один рядок. Умовні буквені позначення (символи) в формулі повинні відповідати установленим ГОСТ 1494-77. Їх пояснення наводять в тексті або зразу ж під формулою. Для цього після формули ставлять кому і записують пояснення до кожного символа з нового рядка в тій послідовності, в якій вони наведені у формулі, розділяючи крапкою з комою.

Ілюстрації, графіки, креслення, фрагменти та ін. слід виконувати за допомогою комп'ютерної графіки. Розміщують ілюстрації в тексті або в додатках. В тексті ілюстрацію розміщують симетрично до тексту після першого посилання на неї або на наступній сторінці, якщо на даній вона не вміщується без повороту.

На всі ілюстрації в тексті ПЗ мають бути посилання. Посилання виконують за формою: «...показано на рисунку 1» або в дужках за текстом (ри-

сунок 1), на частину ілюстрації: «... показані на рисунку 2, б». Посилання на раніше наведені ілюстрації дають зі скороченим словом «дивись» відповідно в дужках (див. рисунок 3). За ДСТУ 3008-95 допускається скорочення в посиланні – (див. рис. 1.1). Між ілюстрацією і текстом пропускають один рядок. Всі ілюстрації називають рисунками і позначають під ілюстрацією симетрично до неї за такою формою: «Рисунок 3.5 – Найменування рисунка». Крапку в кінці не ставлять, знак переносу не використовують.

Пояснювальні дані розміщують під ілюстрацією над її позначенням. У випадку, коли ілюстрація складається з частин, їх позначають малими буквами українського алфавіту з дужкою (а), (б) під відповідною частиною. В такому випадку після найменування ілюстрації ставлять двокрапку і дають найменування кожної частини за формою:

а) – найменування першої частини; б) – найменування другої частини

або за ходом найменування ілюстрації, беручи букви в дужки:

*Рисунок 3.2 – Структурна схема (а) і часові діаграми (б)
роботи фазометра*

Таблиці подаються в тексті одразу після першого згадування, підписуються з вирівнюванням по лівому краю, з абзацу, словами:

«Таблиця 2.2 – Метрологічні характеристики пристрою»

Після назви таблиці крапку не ставлять. Нумерація таблиць наскрізна.

Посилання на літературу слід вказувати в квадратних дужках, наприклад [1–3], де 1 – 3 порядкові номери джерел в переліку. Список використаних джерел можна подавати в порядку згадування або в алфавітному порядку.

У графічній частині виконується ескіз верстатного пристосування з нанесеними контурами деталі. Ескіз спроектованого пристосування може бути виконаний на форматах А4 чи А3.

В цілому структура РГЗ така:

- титульна сторінка – зразок наведений у додатку Б;
- зміст – формується за змістом завдання;
- основна частина – розрахунково-пояснювальна частина;
- список використаних джерел – наводиться з абзацу після слова «ЛІТЕРАТУРА»;
- ескіз контрольно-вимірювального пристосування;
- креслення калібр-пробки або калібр скоби.

Обсяг РГЗ становить 10-15 сторінок.

3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТОСУВАНЬ

3.1 Підготовка початкових даних для проектування

Для проектування спеціального контрольно-вимірювального пристосування (КВП) необхідно пройти етап збору, підготовки і аналізу початкових даних. На етапі підготовки початкових даних використовуються та аналізуються такі документи: креслення контрольованого об'єкта (деталі, вузла), операційний ескіз контрольної операції, карта контролю й ін. Крім того необхідно мати наявності довідники або альбоми контрольних пристосувань для вибору варіантів компонування і засобів вимірювання.

При аналізі початкових даних необхідно визначити:

- вид об'єкта контролю (заготовка, деталь, складальна одиниця);
- контрольовані параметри, їх номінальні значення і допуски;
- обґрунтовані поставлених 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 контрольованого пристосування;
- технологічність об'єкта контролю (конструктивні особливості: конфігурація поверхонь, пошкоджуваність або деформації під час контролю, маса, габарити і транспортабельність, особливі вимоги до об'єкта 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:

$$[\varepsilon_{\text{ВІМ}}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \cdot T_K, \quad (3.1)$$

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

T_K – допуск на контрольований параметр.

Також визначити допустиму похибку вимірювання можна на основі довідкових даних відповідно до ГОСТ 8.051-81, де наведені допустимі похибки вимірювань для різних розмірів і допусків на них.

3.2 Вибір або розробка принципової схеми контролю

Схема контролю для КВП має аналогічне призначення, що і принципова схема для верстатного пристосування. На ній повинен бути зображений повний склад елементів КВП і зв'язків між ними, що дозволяє одержати повне уявлення про принципи його роботи. Таким чином, схема контролю – це сукупність схеми установлення контрольованого об'єкта та пов'язаних з його вимірювальними базами засобів контролю. На схемі контролю повинні бути показані: установні елементи, затискні механізми, силові приводи, передавальні елементи (важелі, штирі), засоби вимірювання (індикатори), а також допоміжні, рухомі і нерухомі елементи.

Різні схеми контролю параметрів якості продукції широко представлені в технічній довідковій літературі, і задача визначення схеми контролю найчастіше зводиться до обґрунтованого вибору того або іншого варіанта схеми, який залежить від виду контрольованого параметра і конструкції контрольованого об'єкта. У таблиці В.1 додатка В наведені найпоширеніші схеми контролю різних параметрів, інші можна знайти у [1 – 3].

За відсутності в довідковій літературі схеми контролю під необхідний конкретний параметр або групу параметрів схема контролю розробляється шляхом доробки типових схем під конкретні вимоги. Наприклад, більшість схем контролю, які наводяться в літературі, розроблена для вимірювання якого-небудь одного параметра. Якщо вимагається проконтролювати декілька 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 отримують 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 контрольованого об'єкта, які вказані на його кресленні у вигляді позначених базових поверхонь або осей, щодо яких виконуються вимірювання. Наприклад, якщо базою є вісь отвору, то вибирається схема установлення на розтискну або конічну оправку, якщо площа – то на опори тощо.

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

3.3 Вибір елементів конструкції КВП

3.3.1 Установні елементи КВП

Установні (базувальні) елементи призначені для правильного установлення контрольованої деталі на КВП відносно заданих координат. Точність контролю деталі в першу чергу залежить від точності установлення, тобто від конструкції і точності виготовлення установних елементів. При устано-

вленні базові поверхні контрольованого об'єкта знаходяться у контакті з установними елементами, що зумовлює знос їх поверхонь, а, отже, й зниження точності вимірювання. Тому установні елементи виготовляють із зносостійких матеріалів, наприклад із сталей 20 або 20Х з подальшою цементацією і гартуванням, або з високовуглецевих і легованих сталей з гартуванням до твердості 58-62 HRC. Звичайно базовими поверхнями контрольованої деталі є площини, зовнішні і внутрішні циліндричні поверхні. Спосіб базування визначає схему контролю, а вона, в свою чергу, конструкцію установних елементів і їх розміщення на корпусі КВП.

При базуванні контрольованих деталей за плоскою базовою поверхнею установні елементи оформляються у вигляді опорного кільця, секторів, пластини або опорних штирів, які закріплюються на корпусі пристосування. Бази́вання за зовнішньою циліндричною поверхнею контрольованої деталі здійснюють з установленням в призму, жорстке кільце, втулку і в самоцентрувальні пристрої.

Спосіб установлення 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 (похибки незбігання баз) і похибки, зумовлені виготовленням призми, її розташуванням на пристосуванні і зносом контактувальних поверхонь. Для підвищення зносостійкості в контрольних пристосуваннях застосовуються призми з роликми, що обертаються (рис. 3.1, а), і поворотними елементами (рис. 3.1, б).

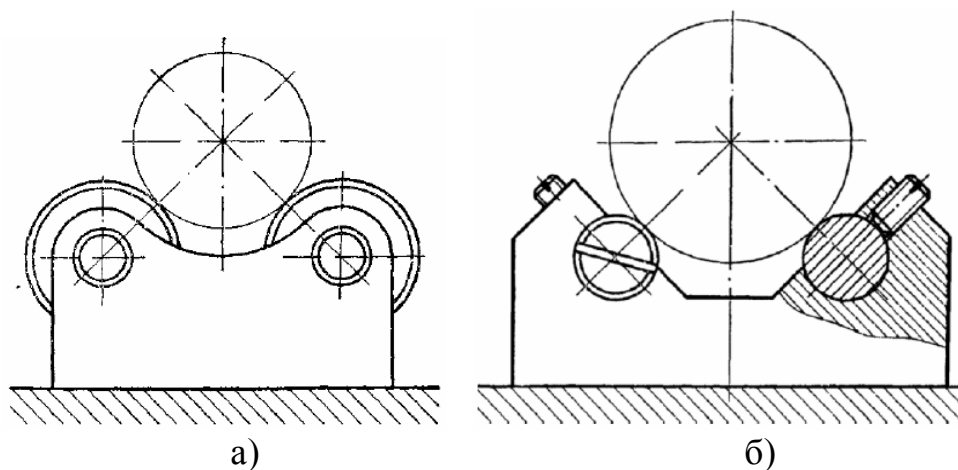


Рисунок 3.1 – Призми підвищеної зносостійкості

Спосіб установлення в жорстке кільце або втулку застосовується порівняно рідко, так, для зменшення похибки зазор повинен бути мінімальним, хоча помістити контрольовану деталь в отвір з малим зазором достатньо складно.

Спосіб установлення контрольованих деталей за зовнішньою циліндричною базою в самоцентрувальних пристроях (елементах) дозволяє дося-

гти високої точності базування. Установлення виконують в мембранні патрони або в патрони з гідропластом, в яких центрування і затискання деталей здійснюються за рахунок пружної деформації мембрани і тонкостінної втулки. При цьому може досягатись висока точність центрування деталей, близько 0,002 – 0,005 мм.

Широко поширене базування контрольованих деталей за базовим циліндричним отвором. Для цього використовують циліндричні пальці і оправки (жорсткі, розтискні, конічні). При установленні на жорсткий циліндричний палець або оправку завжди виникає радіальний зазор, що зменшує точність вимірювання. Для зменшення радіального зазора використовують ступінчасті оправки під різні розміри отвору (рис. 3.2) і різні конструкції розтискних оправок.

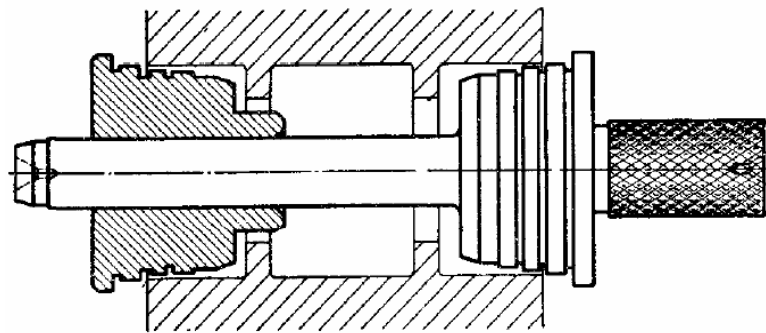


Рисунок 3.2 – Конструкція ступінчастої циліндричної оправки

У контрольних пристосуваннях широко застосовуються розтискні оправки і пальці на основі підпружинених кульок (рис. 3.3).

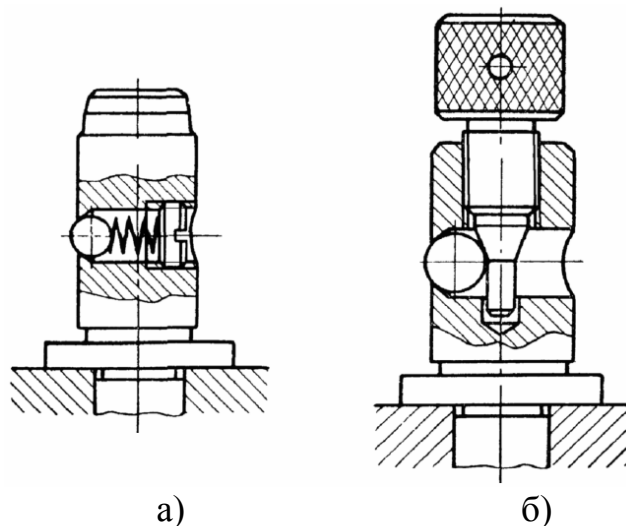


Рисунок 3.3 – Конструкції пальця з підпружиненою кулькою (а) та розтискної кулькової оправки (б)

Установлення на розтискні оправки дозволяє уникнути появи радіального зазора. Найвищу точність центрування ($0,002 - 0,005$ мм) забезпечують розтискні оправки з гідропластом.

Центрування на конічних оправках є широкопоширеним і зручним методом базування деталей невеликих розмірів. Для довгих деталей застосовуються спеціальні (рис. 3.4, а) або збірні конічні контрольні оправки (рис. 3.4, б).

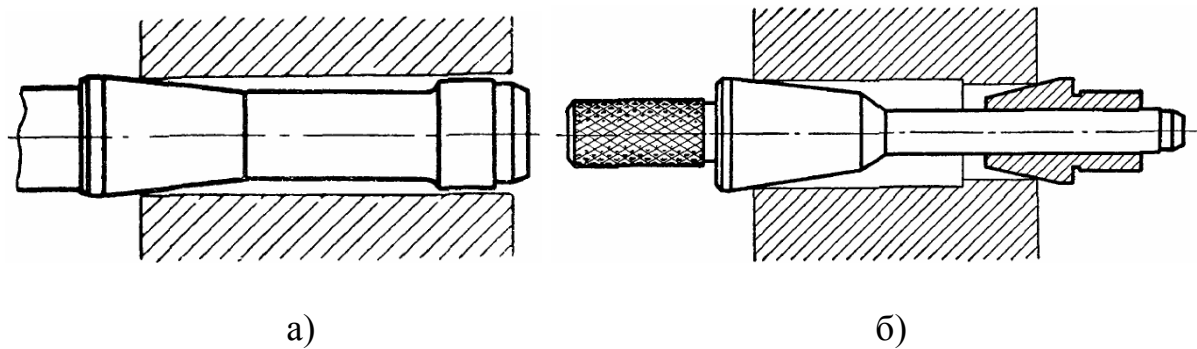


Рисунок 3.4 – Конструкція спеціальних конічних оправок

Биття конусної частини оправки відносно осі її центрових отворів задають в діапазоні $0,003 - 0,015$ мм.

Конструкцію і різновиди інших установних елементів можна знайти в довідковій літературі [2, 4–10], причому більшість установних елементів є стандартизованими.

3.3.2. Затискні елементи КВП

Для надійного установлення деталей, що перевіряються, на контрольних пристосуваннях служать затискні елементи і пристрої. Вони повинні закріплювати деталь, унеможливлуючи при цьому її зсуви та деформації, а також забезпечувати надійність установлення деталі, що перевіряється, відносно вимірювального пристрою.

Таким чином, умови роботи затискачів контрольних пристосувань принципово відрізняються від умов роботи затискачів у верстатних пристосуваннях, яким доводиться протидіяти значним за величиною силам різання. У ряді випадків – при стійкому базуванні деталі, що перевіряється, на контрольному пристосуванні, коли центр тяжіння 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 затисканням, що зменшує допоміжний час контрольної операції. Тому при проектуванні контрольного пристосування рекомендується користуватися переважно швидкодійними важелями, ексцентриковими і байонетними за-

тискачами (рис. 3.5), а при необхідності механізації пристосування – пневматичними затискачами.

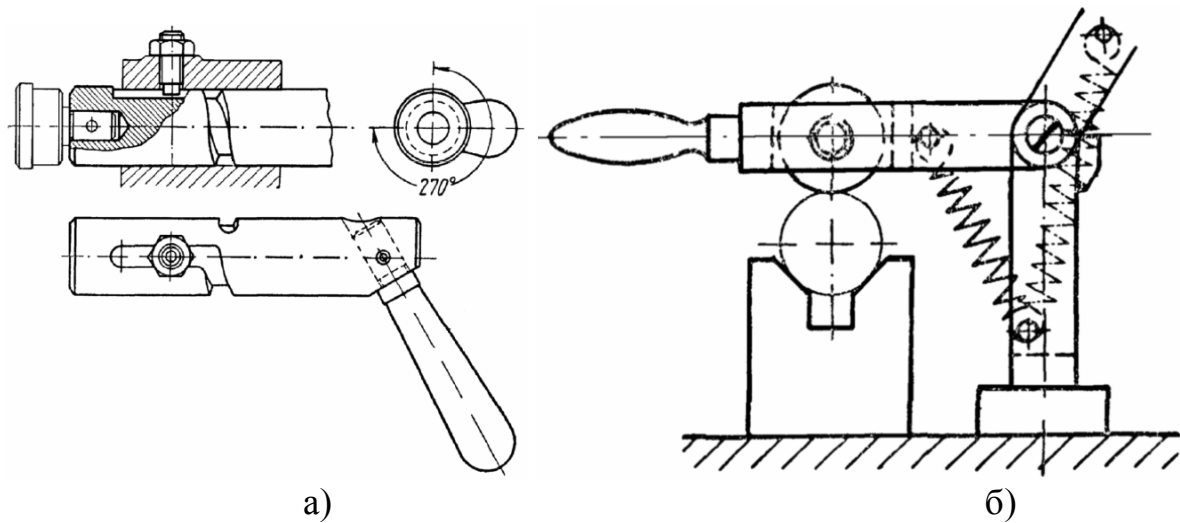


Рисунок 3.5 – Конструкції байонетного (а) та важільно-пружинного затискачів (б)

Застосування гвинтових затисків не рекомендується внаслідок їх низької продуктивності та малої чутливості.

Розрахунок необхідної сили закріплення деталі в КВП виконується, виходячи з вимоги забезпечення нерухомості деталі при дії на неї вимірювальних сил, сил тяжіння та інерції за методикою [8]. Якщо при закріпленні деталі вона центрується, то сила, що діє з боку затискного елемента, повинна бути достатньою для зсуву деталі.

3.3.3 Передавальні елементи КВП

Основне призначення передавальних пристроїв – передача вимірної величини на деяку відстань від вимірюваної поверхні; зміна напрямку передаваних величин; оберігання вимірювального наконечника приладу від безпосереднього контакту з контролюваною деталлю. Передавальні пристрої підрозділяються на дві основні групи: прямі і важільні.

Прямі передавальні пристрої рекомендується застосовувати в тих випадках, коли контактуюча з вимірювальним наконечником поверхня деталі переміщається відносно індикатора (наприклад, при перевірці биття), причому проміжний стержень, у разі зносу, може бути легко замінений новим. Також пряма передача дозволяє контролювати поверхні, недоступні безпосередньо для стержня індикатора.

Важільні передавальні пристрої застосовуються для кутової зміни напрямку передаваних вимірних величин, для передачі їх в напрямку, паралельному початковому, але що не знаходиться з ним на одній прямій, і для перетворення (збільшення або зменшення) передаваної величини. При ви-

користанні збільшуваних важелів рекомендується приймати передавальні відношення, що дорівнюють 1,5:1, 2:1, 3:1 і (рідше) 5:1.

3.4 Вибір засобу вимірювання

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. Проте застосування високоточних засобів вимірювання при порівняно великих допусках на обробку недоцільне, оскільки це збільшує вартість засобів вимірювання. Тому для кожного квалітета точності контрольованого параметра повинні бути вибрані оптимальні засоби контролю з певною допустимою похибкою вимірювання.

При виборі засобів вимірювання перевагу віддають найпростішим і дешевим засобам, до яких відносять різні стандартизовані калібри (скоби, пробки, шаблони) і універсальні вимірювальні інструменти (штангенциркулі, мікрометри, нутроміри, глибиноміри та ін.). Проте часто ці засоби не повністю задовольняють задані метрологічні вимоги або необхідні економічні показники. Особливо це виявляється в двох випадках: при необхідності здійснювати контроль з високою точністю і достовірністю, і при необхідності здійснювати контроль в труднодоступних місцях деталі, де прямі вимірювання неможливі, а непрямі приводять до збільшення похибки вимірювання і до зниження достовірності контролю. Крім того, у ряді випадків застосування універсальних засобів вимірювання стає неможливим, наприклад, при контролі биття, форми поверхонь або їх взаємного розташування, особливо для деталей складної конфігурації. Часто вони не можуть проконтролювати кутові чи лінійні розміри, що належать до групи інших, й ін. У всіх цих випадках рекомендують застосовувати КВП і відповідні засоби вимірювання. Застосування цих засобів 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 вигляду.

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 стержня, що знаходиться у контакті з об'єктом вимірювань, у великі переміщення – у вигляді відхилень стрілки відлікового пристрою відносно штрихів кругової шкали.

Індикатори важільно-зубчасті (ІВЗ) – це прилади, що є вимірюваль-

Індикатори ІВЗ поділяють на два типи – важільно-зубчастий боковий

При виборі засобів вимірювання враховують: ціну поділки, яка пови-

Якщо допустима похибка вимірювання пристосування достатньо вели-

3.5 Вибір допоміжних пристроїв

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 переміщаються щодо вимірюваного об'єкта. У багатьох контрольних пристосуваннях допоміжними елементами є стійки і штативи. Штативи служать тільки для кріплення вимірювальних головок і застосовуються при вимірюваннях на перевірочних плитах, в центрах і різних спеціальних пристосуваннях (рис. 3.7).

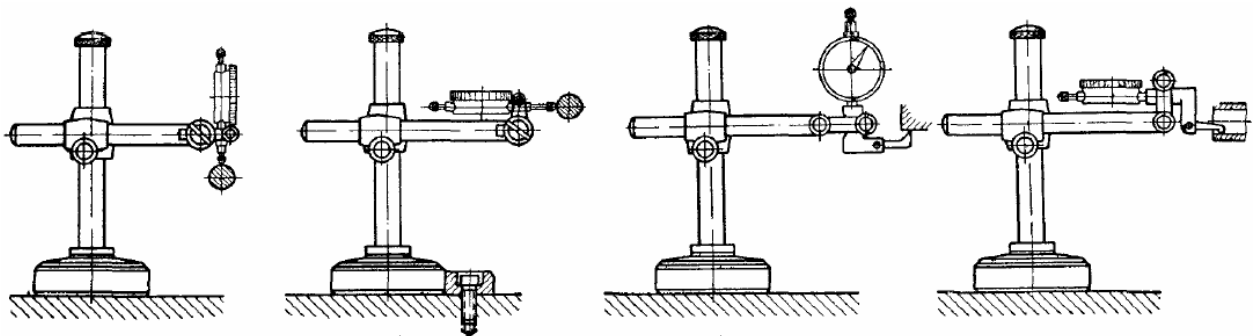


Рисунок 3.7 – Способи закріплення індикаторів на універсальному штативі

Стійки мають пристрій для затискання вимірювальної головки і столик для установалення контрольованої деталі (рис. 3.8).

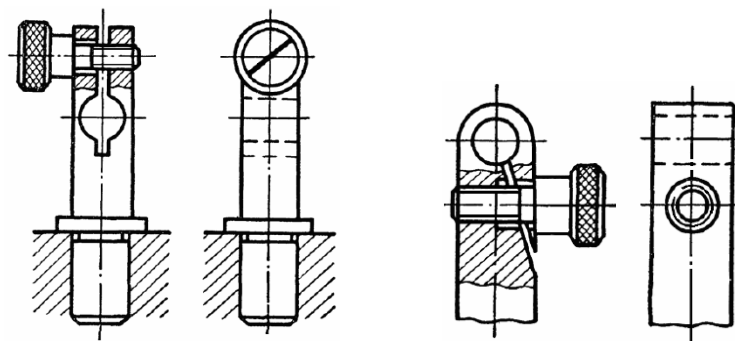


Рисунок 3.8 – Різновиди розрізних індикаторних стійок

Часто контрольні операції виконуються в центрах, які встановлюються в центрувальних бабках (рис. 3.9). В цьому випадку центрувальні бабки виконують роль допоміжних пристроїв.

Більшість контрольних пристосувань має різні рухомі елементи. Це можуть бути елементи, в яких здійснюється обертання контрольованого об'єкта (шпинделі, центри, поворотні столи та ін.) або виконується повздовжнє переміщення (каретки, напрямні). Рухомі деталі, залежно від необхідної точності і чутливості, можуть переміщатися з тертям ковзання або з тертям кочення. Переміщення деталей в умовах тертя ковзання забезпечує

вищу точність через відсутність зазорів у стиках, але деталі більш схильні до зносу і вимагають більших сил для переміщення, ніж деталі, що працюють в умовах тертя кочення. І ті і інші потребують мастила для зменшення зносу і підвищення плавності ходу.

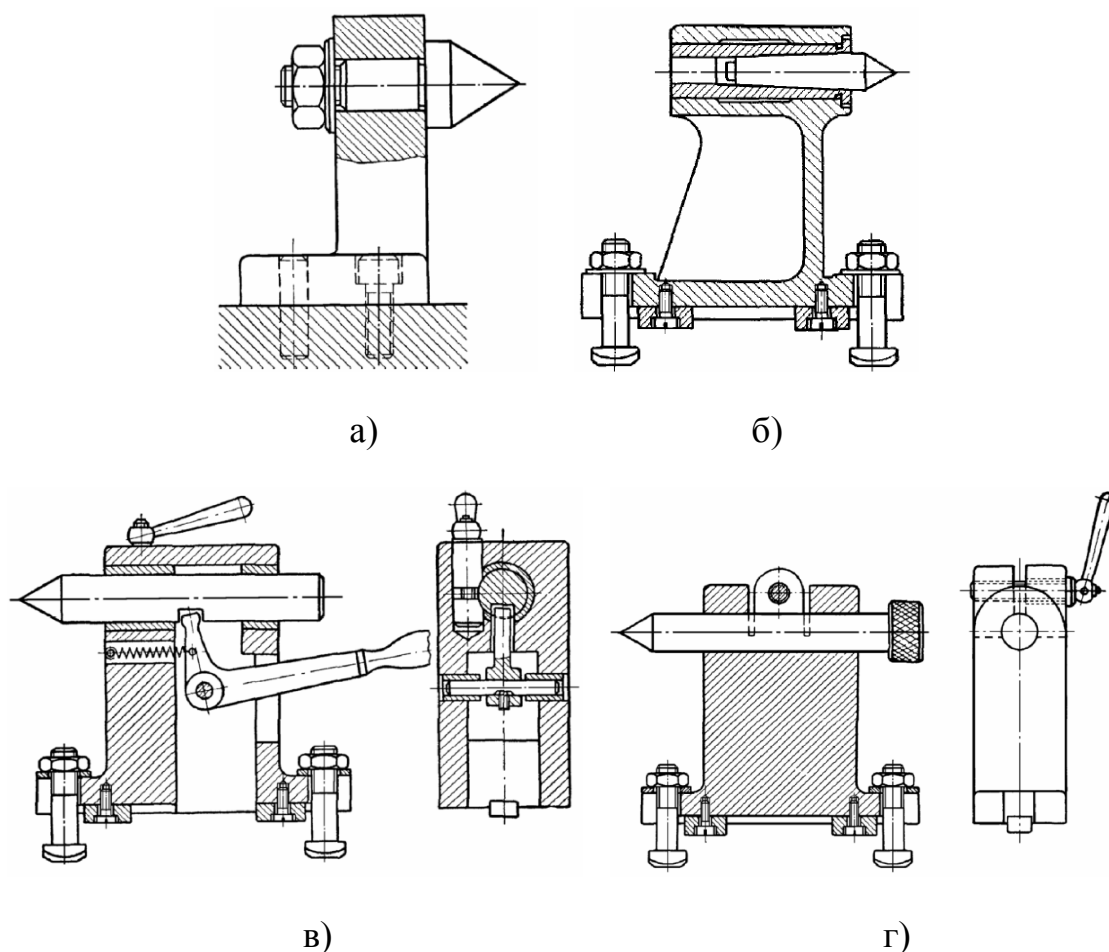


Рисунок 3.9 – Варіанти виконання центрувальних бабок для нерухомих жорстких центрів (а), (в) та рухомих центрів (б), (г)

У конструкціях КВП найбільш поширені циліндричні (рис. 3.10) і конічні (рис. 3.11) шпинделі, а також різні лінійні напрямні закритого, відкритого і напівзакритого типів.

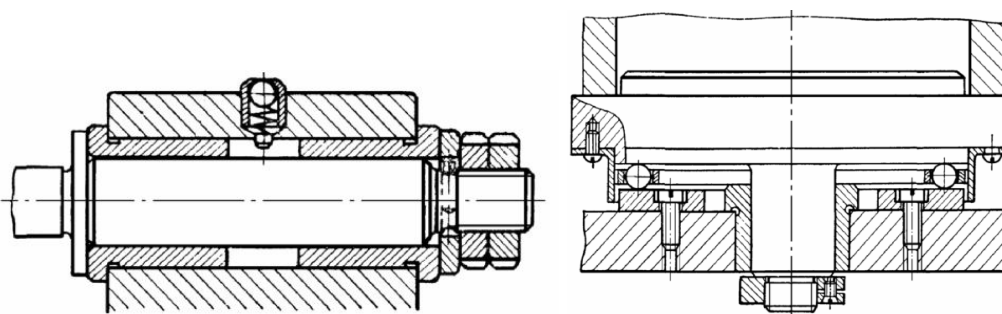


Рисунок 3.10 – Циліндричні шпинделі

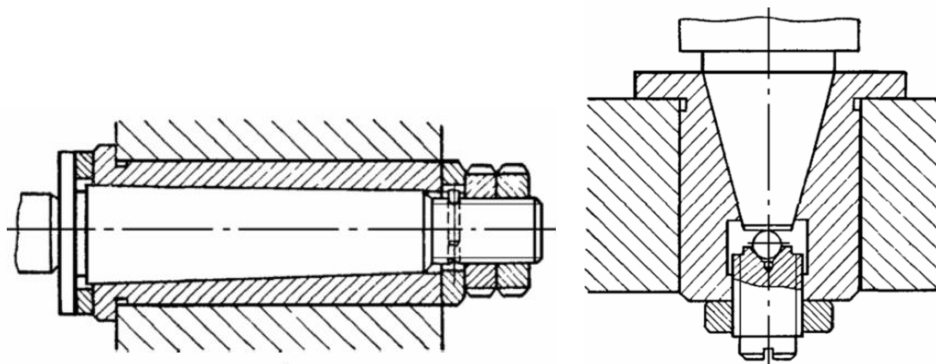


Рисунок 3.11 – Конічні шпинделі

3.6 Розробка компоновання КВП

Компоновання КВП виконується на основі наявної принципової схеми, відрізняється від неї більшою деталізацією і є спрощеним варіантом складального креслення КВП. Основна мета його розробки – підібрати елементи конструкції пристосування відповідно до принципової схеми і зв'язати їх в єдиний найдоцільніший механізм. Розробка компоновання зводиться до послідовного креслення елементів контрольного пристосування і вимірювальних пристроїв навколо контура контрольованої деталі. Спочатку креслять установні елементи, далі наносяться деталі затискних пристроїв, потім йдуть вимірювальні і допоміжні пристрої. Останнім виконується корпус, як правило у вигляді плити, на якій закріплюється решта деталей КВП, і яка має елементи для установлення на контрольному столі (ніжки) і елементи для перенесення пристосування (ручки). При кресленні загального вигляду КВП необхідно задати посадки в усіх з'єднаннях і різні технічні вимоги до конструкції.

3.7 Розрахунок на точність контрольного пристосування

3.7.1 Сумарна похибка вимірювання та її складові

При розрахунку КВП на точність визначають його сумарну похибку вимірювання $\varepsilon_{ВИМ}$, що складається з систематичних і випадкових похибок, за такою формулою:

$$\varepsilon_{ВИМ} = \varepsilon_{ВУ} + \varepsilon_{ВП} + \varepsilon_{ВМ} + \sqrt{\varepsilon_{НБ}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{СВ}^2 + \varepsilon_{ЗП}^2 + \varepsilon_{ЗВ}^2 + \varepsilon_{ІН}^2}, \quad (3.2)$$

де $\varepsilon_{ВУ}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення установних елементів і неточністю їх розташування на корпусі контрольно-вимірювального пристосування при його складанні;

$\varepsilon_{ВП}$ – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення передавальних елементів, важелів, штифтів та ін.;

ε_{BM} – систематична похибка, викликана неточністю виготовлення установних мір і еталонних деталей, що використовуються для настроювання засобів вимірювання на контрольований параметр (при їх використанні);

ε_{HB} – похибка, викликана незбіганням вимірювальної бази з технологічною базою (у пристосуваннях для міжопераційного контролю) або конструкторською базою (у пристосуваннях для остаточного контролю);

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

ε_{CB} – похибка, залежна від сили вимірювання, виникає в результаті зсуву вимірювальної бази деталі від заданого положення в процесі вимірювання, має випадковий характер (враховується тільки для високоточних вимірювань або при контролі нежорстких деталей);

$\varepsilon_{3П}$ – похибка, що виникає внаслідок зазорів між осями важелів передавальних пристроїв (при їх наявності);

$\varepsilon_{3В}$ – похибка використовуваного засобу вимірювання;

ε_{IH} – інші похибки, що викають під дією випадкових чинників при виконанні контролю. До них належать: похибка базування деталі, похибка через знос елементів пристосування та їх температурних деформацій, похибка, пов'язана з кваліфікацією контролера, похибка відхилення деталей або еталонів від правильної геометричної форми (при їх використанні) і ін. Частка цих похибок кожної окремо незначна, проте в сумі вони можуть вплинути на точність контролю. У навчальних умовах в розрахунках для даної категорії похибок виділяють частину допуску на контрольований параметр. Так для контрольних пристосувань можна прийняти $\varepsilon_{IH} = (0,03 - 0,05) \cdot T_K$.

Для того, щоб контрольно-вимірювальне пристосування було визнане придатним для контролю деякого параметра (розміру, форми, відхилення від перпендикулярності, паралельності і т. д.), необхідно, щоб виконувалася умова: $\varepsilon_{ВИМ} \leq [\varepsilon_{ВИМ}]$, де $[\varepsilon_{ВИМ}]$ – допустима похибка вимірювання.

При недотриманні даної умови слід змінити конструкцію пристосування з метою зменшення окремих складових сумарної похибки вимірювання. Можна підвищити вимоги до виготовлення деталей і до складання КВП, підвищити вимоги до виготовлення еталонів, вибрати інший засіб вимірювань або взагалі змінити вибрану схему контролю.

Якщо в пристосуванні виконується контроль декількох параметрів, то розрахунок з перевіркою придатності повинен виконуватися для кожного з них.

3.7.2 Похибка через неточність установних елементів і їх розташування на корпусі КВП при складанні

Похибки взаємного розташування поверхонь, контрольованих деталей складають 0,01 – 0,03 мм. Іноді навіть малі похибки виготовлення установних вузлів контрольних пристосувань мають суттєве значення, тому робочі поверхні установних вузлів виготовляють з допусками 0,001 – 0,005 мм, а

щодо розташування поверхонь витримують такі вимоги: непаралельність і неперпендикулярність не вищі 0,01 мм на довжині 100 мм, зсув від номінального положення не більше $\pm 0,003$ мм.

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

3.7.3 Розрахунок похибки передавальних пристроїв

У контрольно-вимірювальних пристосуваннях вимірювальні наконечники стержнів індикаторів і інших вимірювальних засобів часто не дотикаються до поверхонь контрольованих деталей, оскільки не завжди можна підвести стержень індикатора безпосередньо до деталі. У цих випадках між ними використовуються передавальні пристрої у вигляді прямої або важільної передачі. Передачі виконують роль буферів, оберігаючи механізми індикаторів від швидкого зносу і різких поштовхів при роботі.

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

- необхідністю забезпечення в передачах певного порогу чутливості;
- прагненням зменшити похибку передавальних ланок і граничну похибку передачі;
- підвищенням зносостійкості передачі.

Внаслідок неточності лінійних і кутових розмірів важелів можуть виникати похибки у проектованому передавальному відношенні передач важелів. 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 стержня індикатора і кутовим переміщенням важеля.

В загальному випадку похибка передавальних пристроїв контрольного пристосування складається з похибки $\varepsilon_{ВП}$, викликаній неточністю виготовлення передавальних елементів, і похибки $\varepsilon_{ЗП}$, що виникає внаслідок зазорів між осями важелів.

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

$$\varepsilon_{ВП} = \Delta_{ВД} + \Delta_{ВК} + \Delta_{РН} + \Delta_{ВТ} + \Delta_{ВП}, \quad (3.3)$$

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

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

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

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

$\Delta_{ВП}$ – похибка в прямих передачах (при їх наявності).

Похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів

Похибка $\Delta_{ВД}$ виникає через те, що довжини плечей важелів виконують з певними похибками, внаслідок чого переміщення кінців плечей важелів будуть різними, тобто один кінець плеча переміщається на величину a_2 (відповідно до величини контролюваного параметра), а інший – на a_1 (у позиції індикатора) (рис. 3.12).

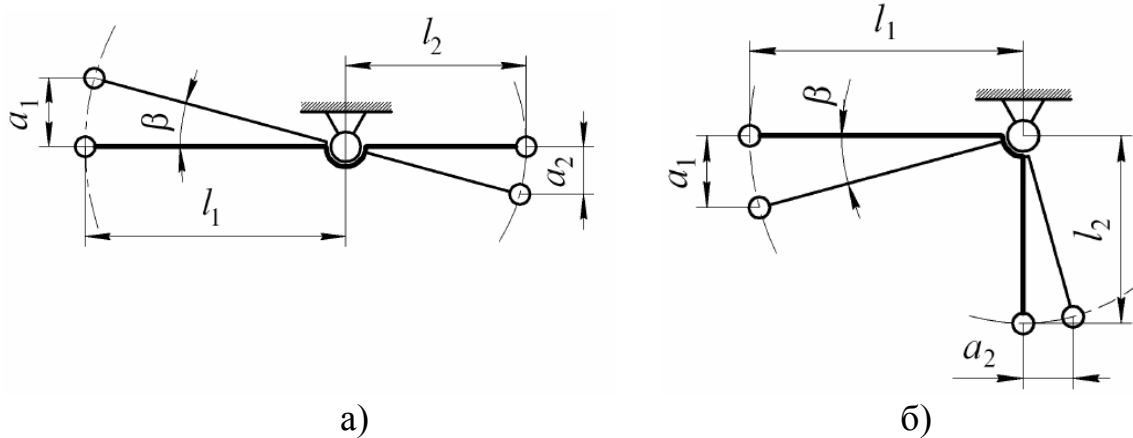


Рисунок 3.12 – Схема переміщення прямих (а) та кутових (б) важелів при неточному виготовленні довжини їх плечей

Тоді похибка $\Delta_{ВД}$, відповідно до рис. 3.12, визначатиметься:

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

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

$$\Delta_{ВД}^{\max} = \left(1 - \frac{l_2^{\min}}{l_1^{\max}}\right) \cdot a_1. \quad (3.4)$$

Похибка від неточності виготовлення кута плечей важелів

У ряді випадків має місце похибка кутового розташування плечей важелів $\Delta_{БК}$ на величину γ (рис. 3.13).

Похибка передачі $\Delta_{БК}$ в цьому випадку визначається таким чином:

$$\Delta_{БК} = a_1 - a_2 = l_1 \cdot \sin \beta - [l_2 \cdot \sin(\beta + \gamma) - l_2 \cdot \sin \gamma]. \quad (3.5)$$

У разі рівності довжин важелів ($l_1 = l_2 = l$) і з урахуванням малих значень кутів β ($0,2-1^\circ$) і γ ($1-2^\circ$) отримаємо таку розрахункову формулу для визначення похибки внаслідок неточності кутового розташування плечей важелів щодо один одного:

$$\Delta_{BK} = l \cdot \sin \gamma \cdot [1 - \cos \beta]. \quad (3.6)$$

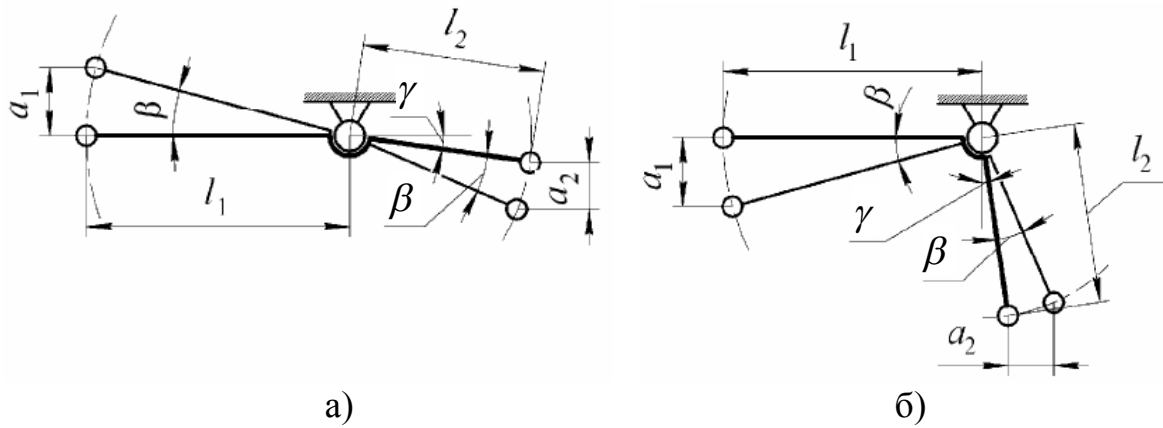


Рисунок 3.13 – Схема переміщення прямих (а) та кутових (б) важелів при неточному кутовому розташуванні плечей

Похибка від непропорційності переміщень важелів

Похибка непропорційності переміщення важелів Δ_{PH} виникає в передачах контрольних пристосувань у тому випадку, коли плече важеля передає рух вимірювальному стержню індикатора, який переміщується лінійно, тоді як плече важеля має кутове переміщення (рис. 3.14).

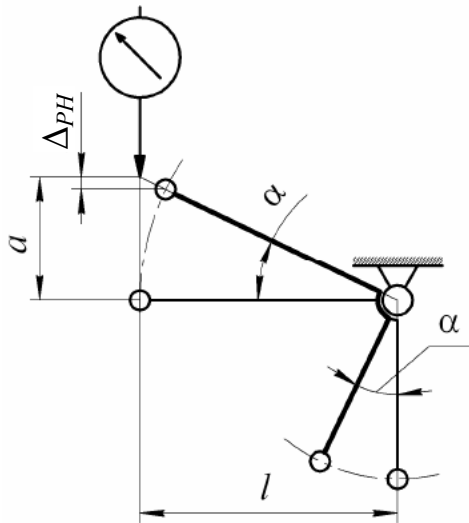


Рисунок 3.14 – Схема непропорційного переміщення плеча важеля та вимірювального стержня індикатора

Похибка передачі Δ_{PH} буде визначатися за формулою:

$$\Delta_{PH} = \frac{l \cdot \alpha^3}{3}. \quad (3.7)$$

Похибка від переміщення точки контакту важелів

Робочі кінці плечей важелів виконують, як правило, так, щоб забезпечувався точковий контакт з поверхнею вимірюваної деталі і кінцем стержня вимірювального приладу. З цією метою один, а іноді і обидва кінці плечей у важелів, що контактують зі сферичними поверхнями, виконують у

вигляді сфери з радіусом $r = 2\text{--}3$ мм чи плоскими. При таких схемах передач важелів неминуча похибка, оскільки при повороті важеля точка контакту переміщується (рис. 3.15). Кінці обох плечей важеля плоскі і мають контакт зі сферичними поверхнями з радіусом закруглення r .

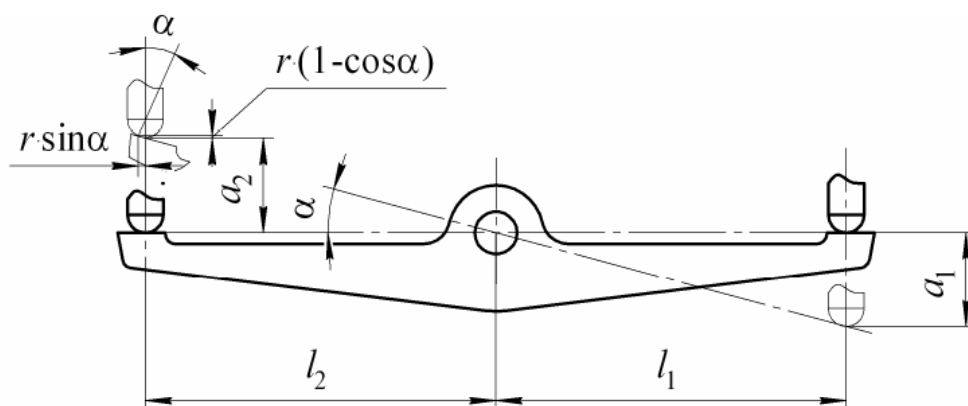


Рисунок 3.15 – Схема контакту плоских кінців важеля зі сферичними наконечниками

За цих умов в передавальному відношенні виникає похибка Δ_{BT} . Для важелів з рівними плечами її можна визначити таким чином:

$$\Delta_{BT} = \frac{a_2}{a_1} - 1 = \frac{l \cdot \operatorname{tg} \alpha + r \cdot \left(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1 \right)}{l \cdot \operatorname{tg} \alpha - r \cdot \left(\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} - 1 \right)} - 1. \quad (3.8)$$

Похибка в прямих передачах

Прямі передачі є проміжною ланкою між індикатором і поверхнею контрольованої деталі. Їх наявність вносить у вимірювання незначні похибки, що пояснюється рядом причин. Діаметри стержня і втулки в передачі виконуються з посадкою $H7/g6$ (при діаметрі 4 – 5 мм), їх притирають разом, внаслідок чого максимальний зазор у з'єднанні не перевищує 0,01 мм, і перекіс стержня буде мінімальним, а його вплив на результат вимірювання буде ще меншим. Більш суттєво, хоча і незначно за величиною, впливатиме зсув осі вимірювального стержня індикатора відносно осі стержня або штифта прямого передавального пристрою в горизонтальній площині, і поворот останнього у втулці на певний кут в межах зазора. Тоді похибку $\Delta_{BП}$ можна визначити за формулою:

$$\Delta_{BП} = e \cdot \frac{s}{h}, \quad (3.9)$$

де e – величина зсуву осі стержня індикатора ($e = 0,2\text{--}0,3$ мм);
 s – зазор між втулкою і стержнем в передачі ($s = 0,02\text{--}0,03$ мм);
 h – довжина напрямної частини втулки під рухомий стержень.

Розрахунками встановлено, що величина похибки $\Delta_{ВП}$, як правило, 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 має важільні передачі, які можуть повертатися навколо осей. Для забезпечення надійного контакту з контрольованою деталлю важелі передач підпираються пружинами. Жорсткість пружин має бути правильно підібрана і відрегульована, з урахуванням дій вимірювальних засобів контрольного пристосування.

Осі важільних передач можуть бути циліндричними, конічними або реалізованими у вигляді пластинчастих пружин. У з'єднанні важеля з віссю завжди є зазор, який призводить до похибки $\varepsilon_{ЗП}$, яка є величиною випадковою і залежною від величини зазору в з'єднанні важеля з віссю, а також сили, що створюється пружиною.

Величину похибки $\varepsilon_{ЗП}$ можна визначити на основі довідкових даних та таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Граничні значення похибки $\varepsilon_{ЗП}$

Тип передачі	Похибка $\varepsilon_{ЗП}$, мм
З важелем на циліндричній осі	0,006–0,010
Пряма передача у поєднанні з важільною	0,004–0,006
З важелем в центрах	0,006–0,008
З важелем на пластинчастих пружинах	0,003–0,005
Складна передача з важелем на осях	0,010–0,030

За відсутності в конструкції контрольно-вимірювального пристосування передавальних пристроїв складові $\varepsilon_{ВП}$ і $\varepsilon_{ЗП}$ з розрахункової формули (3.1) вилучаються.

3.7.4 Похибка, зумовлена неточністю виготовлення установних мір та еталонних деталей

Виникнення похибки $\varepsilon_{ВМ}$ обумовлене тим, що установні міри, еталони або зразки вносять похибку в результати вимірювання, коли визначають розмір деталі відносним методом.

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

Для розмірів до 500 мм похибка від притирання складає до 0,5 мкм. Для деяких вимірювань такі похибки є значними. Для малих розмірів похибка притирання у декілька разів більша похибки атестації. У зв'язку з

цим кінцеві міри першого і другого розрядів слід застосовувати тільки у вигляді окремих мір, наприклад, для атестації відносним методом грубіших розрядів, а також для настроювання приладів, але без складання їх в блок.

Якщо замість установних мір використовуються еталонні деталі, то похибка ε_{BM} може бути визначена як похибка виготовлення еталона відповідно до таблиць економічної точності методів обробки (для фінішних операцій) у напрямі параметра засобу вимірювання, яким виконують настроювання. Наприклад, для валів (оправок) відхилення діаметральних розмірів складають 0,004–0,015 мм, радіальне биття – 0,005–0,01 мм, для плоских еталонів відхилення розмірів складають 0,01–0,02 мм, відхилення від паралельності площин – 0,004–0,008 мм по довжині еталона. Для плоскопаралельних плит похибка виготовлення розмірів становить 0,0001–0,0005 мм.

3.7.5 Похибка засобу вимірювання

Похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{ЗВ}$ виникає при будь-якому методі вимірювання і є його основною характеристикою. Вона є випадковою величиною, найбільше можливе значення якої вказується в технічних характеристиках вибраного засобу вимірювання залежно від його класу точності і діапазону вимірювань.

3.7.6 Розрахунок похибки незбігання баз

Похибка незбігання баз $\varepsilon_{НБ}$ в КВП виникає при незбіганні вимірювальної бази з технологічною базою або конструкторською, залежно від місця контрольної операції для КВП в технологічному маршруті. Тобто, при установленні контрольованих об'єктів в пристосування положення їх вимірювальних баз буде різним для кожного з об'єктів контрольованої партії.

Математично похибка $\varepsilon_{НБ}$ для КВП визначається аналогічно верстатним пристосуванням як різниця між найбільшою і якнайменшою величинами проєкцій положення вимірювальної бази у напрямі виконуваного розміру. Її величина не є абстрактною, а належить до конкретного контрольованого параметра при наявній схемі контролю, що слід обов'язково вказувати в розрахунках.

Розглянемо приклад визначення похибки $\varepsilon_{НБ}$, що виникає через незбігання баз при базуванні контрольованої деталі на циліндричній оправці із зазором у двох співвісних отворах контрольованої деталі (рис. 3.16).

Дана схема контролю широко застосовується для вимірювання паралельності та перпендикулярності торців деталі до осей цих отворів, величини зсуву осі одного отвору відносно осі іншого. Суттєвим недоліком даної схеми є зазор між отворами і оправкою, без якого неможливо встановити оправку в точні співвісні отвори. Зазор буде тим більше, чим ширший допуск на діаметри отворів, які служать вимірювальними базами, тоді як конструкторською базою є загальна вісь отворів. Внаслідок цього виникає

похибка незбігання баз, яка залежить від кута повороту оправки в отворах. Цей кут можна визначити таким чином:

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

де e – відхилення від співвісності отворів деталі;

L – відстань між торцями отворів;

s_1 та s_2 – максимальні зазори в з'єднанні оправки з відповідними отворами деталі.

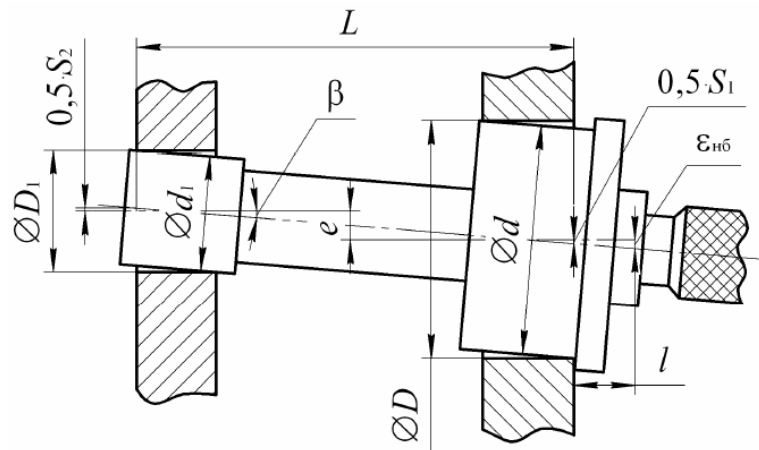


Рисунок 3.16 – Розрахункова схема визначення похибки $\varepsilon_{НБ}$ при контролі співвісних отворів оправкою

Якщо оправка використовується для перевірки міжосьової відстані і її вимірювання виконується за допомогою індикатора на відстані l від торця деталі, то похибка незбігання баз визначатиметься як:

$$\varepsilon_{НБ} = l \cdot \operatorname{tg} \beta + \frac{s_1}{2}. \quad (3.10)$$

Для зменшення даної похибки можна оправці в першому отворі надати конічну форму, тоді:

$$\beta = \frac{e + \frac{1}{2} \cdot s_2}{L}.$$

В результаті формула (3.10) набуде вигляду:

$$\varepsilon_{НБ} = l \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (3.11)$$

Якщо оправка буде кінцевою і у першому і другому отворах, то похибка залежатиме від їх міжосьової відстані, тоді:

$$\beta = \frac{e}{L},$$

і похибка ε_{HB} в цьому випадку також буде визначатися за формулою (3.11).

Аналогічні розрахункові формули виведені для більшості типових схем базування деталей (у центрах, на пальцях, на призмах, на різних оправках, у втулках тощо) та наведені у довідковій літературі [1, 3, 6–8].

Похибка ε_{HB} може бути не врахована в розрахункових формулах у тому випадку, коли незбігання баз не впливає на точність контролю в заданому напрямі, або взагалі може бути відсутньою (у випадку незбігання виміральної бази з технологічною або конструкторською).

3.7.7 Похибка, зумовлена силою вимірювання

Похибка ε_{CB} є випадковою і виникає в результаті зсуву виміральної бази деталі від заданого положення в процесі вимірювання при дії виміральної сили. Такий зсув може відбуватися через деформацію стикових поверхонь установних елементів і контрольованої деталі.

Похибки від сили вимірювання бувають трьох видів:

- похибки, що виникають в результаті пружних деформацій в зоні контакту вимірального наконечника пристосування з контрольованою деталлю;
- похибки, зумовлені пружними деформаціями деталі, вилучаючи зону контакту;
- похибки, що виникають в результаті пружних деформацій установного вузла і деталей пристосування.

При вимірюваннях перші два види похибок визначаються величиною діючої у момент вимірювання сили, а третій вид похибок визначається різницею цієї сили і сили, що діяла при установленні показувального приладу пристосування в нуль.

Контактна деформація в місці контакту вимірального наконечника з поверхнею деталі залежить від матеріалу наконечника і деталі, їх форми і виміральної сили. Для наконечника з твердого сплаву з радіусом 2,0 мм при значенні виміральної сили 5–10 Н деформація для загартованої 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 можливе їх прогинання під дією виміральної сили. Якщо є ймовірність, що величина прогинання може дорівнювати допустимій похибці вимірювання, необхідно виконати розрахунок прогинання елемента деталі за формулами опору матеріалів.

Під деформацією установних елементів пристосування від виміральної сили розуміють деформацію стійок або штативів, де встановлений

показувальний прилад. При навантаженні в 2 Н ця деформація не перевищує 0,0002–0,0005 мм. Таким чином, при розрахунках похибка ε_{CB} може приймати значення 0,001–0,002 мм.

3.7.8 Похибка закріплення

У окремих конструкціях контрольних пристосувань, коли вимагається забезпечити незмінність положення деталі, що перевіряється, застосовують ручні, пневматичні, гідравлічні та інші затискні пристрої. Щоб не порушувати постійності установлення деталей відносно вимірювальних засобів, затискні пристрої в контрольних пристосуваннях мають розвивати невеликі за величиною сили.

Похибка ε_z має випадковий характер і визначається коливаннями прикладеної сили, зміною місця її прикладання та конструкцією затискного пристрою. У таблиці 3.2 наведені граничні значення похибки ε_z залежно від типу затискного пристрою.

Таблиця 3.2 – Граничні значення похибки закріплення для КВП

Тип затискного пристрою	Похибка ε_z , мм
З байонетним затискачем	0,004–0,006
З двома нерухомими та одним рухомим кулачком	0,015–0,090
З цангою	0,007–0,020
Закріплення на оправці та призмі	0,005–0,010
З притискним затискачем та нерухомою опорою	0,006–0,010
З двома плоскими взаємно перпендикулярними поверхнями	0,008–0,015

3.7.9 Приклад розрахунку КВП на точність

Нехай дано розрахувати на точність контрольне пристосування, схема і компонування якого подано на рис. 3.17.

Пристосування застосовується для контролю радіального биття двох внутрішніх циліндричних поверхонь деталі, яке за технічними вимогами креслення деталі не повинно перевищувати 0,05 мм.

На плиті 1 пристосування (рис. 3.17) встановлені два циліндричні штифти 2, призначені для базування контрольованої деталі D . До контрольованої поверхні деталі підводиться важіль 3, переміщення якого через палець 4 передається на індикатор 5. Індикатор закріплений на стійці 6, яка встановлена на плиті 1. Палець 4 переміщається в стакані 9, в якому знаходиться пружина 8, що створює вимірювальну силу. Важіль 3 повертається на циліндричній осі 11, запресований в отвори кронштейнів 10. Кронштейни кріпляться до плити 1 за допомогою гвинтів 12. У плиті 1 знизу встановлені дві ніжки 7, що реалізують нахил плити в робочому положенні. За рахунок цього нахилу деталей під власною вагою базується на штифтах 2.

При контролі деталь повертається вручну навколо своєї осі, і за показами індикатора судять про величину радіального биття однієї внутрішньої поверхні відносно іншої.

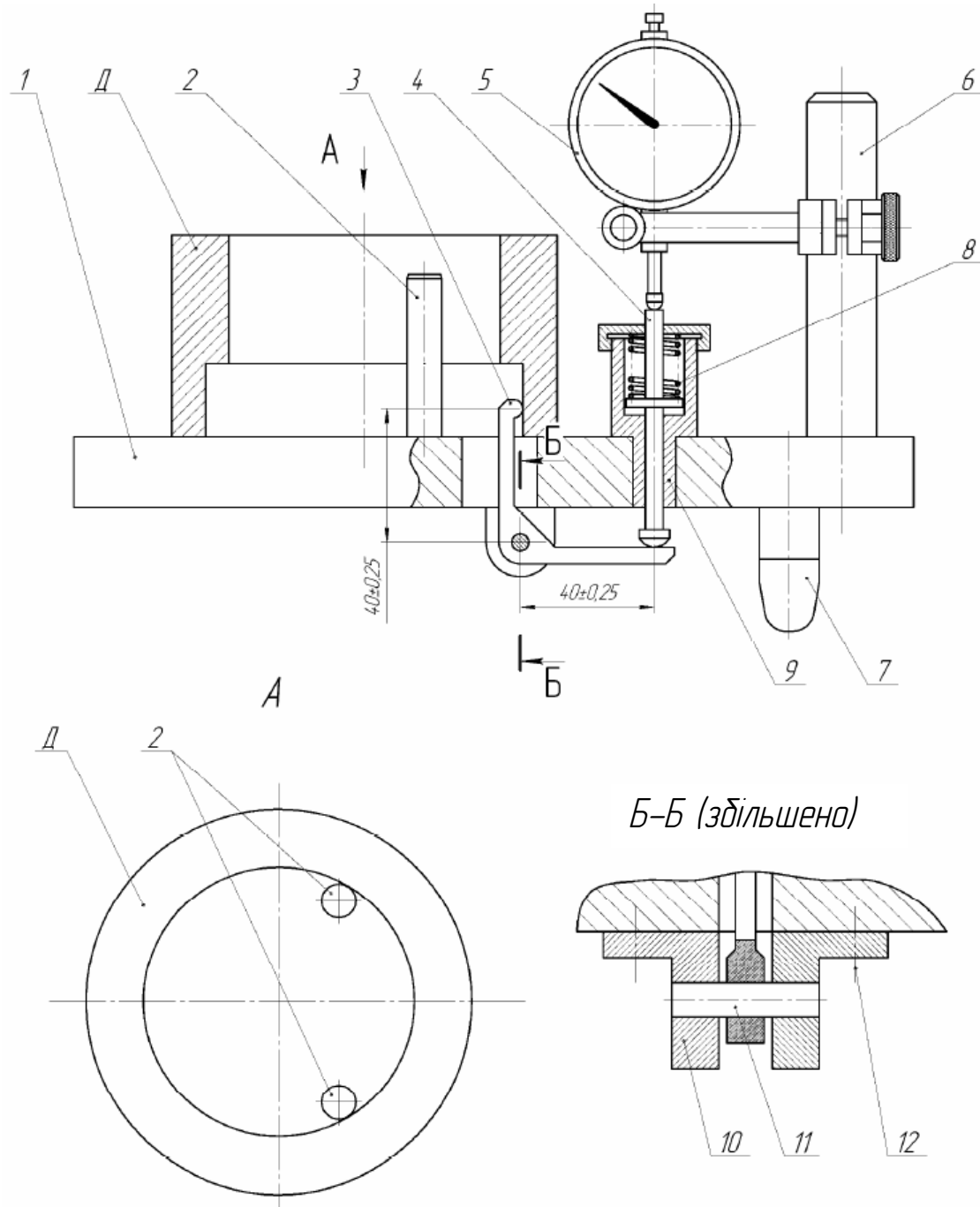


Рисунок 3.17 – Пристосування для контролю радіального биття внутрішніх циліндричних поверхонь деталі

Спочатку визначимо допустиму похибку вимірювання $[\varepsilon_{ВИМ}]$ для даного пристосування за вказаним контрольованим параметром – радіальне биття з допуском 0,05 мм, тоді приймаємо $[\varepsilon_{ВИМ}] = 0,012$ мм.

Далі визначаємо фактичну похибку вимірювання для даного контрольного пристосування $\varepsilon_{ВИМ}$, яка повинна бути менша за допустиму похибку.

Розрахунок виконуватимемо за основі формули (3.2)

$$\varepsilon_{ВИМ} = \varepsilon_{ВУ} + \varepsilon_{ВП} + \varepsilon_{ВМ} + \sqrt{\varepsilon_{НБ}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{СВ}^2 + \varepsilon_{3П}^2 + \varepsilon_{3В}^2 + \varepsilon_{IH}^2}.$$

Визначимо складові сумарної похибки вимірювання, які можна вилучити з розрахункової формули у зв'язку з особливостями конструкції пристосування і схеми вимірювання.

Похибка виготовлення установних елементів пристосування (в даному випадку штифтів) не впливає на процес вимірювання, тому складова $\varepsilon_{ВУ}$ з розрахункової формули вилучається.

Пристосування служить для контролю биття однієї поверхні відносно іншої, тобто конструкторською базою є отвір в деталі меншого діаметра, що і реалізовано в конструкції пристосування за допомогою установних елементів у вигляді штифтів. Тобто, має місце поєднання вимірювальної та конструкторської баз, тому складову $\varepsilon_{НБ}$ також можна вилучити з розрахункової формули.

Так само очевидно, що при контролі не відбудеться зсуву вимірювальної бази деталі від заданого положення під дією вимірювальних сил, оскільки контролер завжди підтискає внутрішню базову поверхню до установних елементів. Тому складова $\varepsilon_{СВ}$ теж вилучається.

У конструкції пристосування відсутні затискні елементи і не використовуються міри чи еталони, отже, вилучаємо похибки ε_3 і $\varepsilon_{ВМ}$.

Остаточно отримаємо таку розрахункову формулу:

$$\varepsilon_{ВИМ} = \varepsilon_{ВП} + \sqrt{\varepsilon_{3П}^2 + \varepsilon_{3В}^2 + \varepsilon_{IH}^2},$$

складові якої і необхідно розрахувати.

Визначимо похибку виготовлення передавальних пристроїв $\varepsilon_{ВП}$, до яких належать важіль 3 і палець 4, за формулою (3.3).

$$\varepsilon_{ВП} = \Delta_{ВД} + \Delta_{ВК} + \Delta_{ВН} + \Delta_{ВТ} + \Delta_{ВП},$$

Похибка від неточності виготовлення довжин плечей важелів $\varepsilon_{ВД}$ визначається за формулою (3.4):

$$\Delta_{ВД} = \left(1 - \frac{39,75}{40,25}\right) \cdot 0,05 = 0,0006 \text{ мм.}$$

Похибка $\varepsilon_{ВК}$ для важеля з рівними плечами і малими переміщеннями знаходиться за формулою (3.6):

$$\Delta_{BK} = 40 \cdot \sin 1^\circ \cdot (1 - \cos 2^\circ) = 0,0004 \text{ мм.}$$

Похибка від непропорційного переміщення важелів визначається за формулою (3.7). Для даного випадку: $l = 40 \text{ мм}$, $\alpha = 3^\circ = 0,052 \text{ рад}$.

$$\Delta_{BH} = \frac{40 \cdot 0,052^3}{3} = 0,0018 \text{ мм.}$$

Похибку від переміщення точки контакту важелів визначаємо за формулою (3.8). Для даного випадку: $l = 40 \text{ мм}$, $\alpha = 3^\circ = 0,052 \text{ рад}$, $r = 2 \text{ мм}$.

$$\Delta_{BT} = \frac{40 \cdot 0,052 + 2 \cdot (\sqrt{1 + 0,052^2} - 1)}{40 \cdot 0,052 - 2 \cdot (\sqrt{1 + 0,052^2} - 1)} - 1 = 0,0026 \text{ мм.}$$

Знайдемо похибку прямої передачі пальця 4, який переміщається в напрямній втулці висотою 30 мм. Зазор між втулкою і пальцем 0,02–0,03 мм, зсув осі індикатора відносно осі пальця не перевищує 0,2–0,3 мм. Похибку прямої передачі визначаємо згідно з формулою (3.9):

$$\Delta_{BP} = e \cdot \frac{s}{h} = 0,2 \cdot \frac{0,03}{30} = 0,0002 \text{ мм.}$$

Таким чином, сумарна похибка передавального пристрою дорівнює:

$$\varepsilon_{BII} = 0,0006 + 0,0004 + 0,0018 + 0,0026 + 0,0002 = 0,0056 \text{ мм.}$$

У пристосуванні важіль 3 повертається на циліндричній осі 11 (рис. 3.3). З табл. 3.1 похибка від зазорів між віссю і важелем становить $\varepsilon_{3II} = 0,006 \text{ мм}$.

Засобом вимірювання в контрольному пристосуванні є індикатор годинникового типу 2ИГ з ціною поділки 0,002 мм і діапазоном вимірювання $\pm 0,1 \text{ мм}$. Похибка засобу вимірювання становить $\varepsilon_{3B} = 0,0024 \text{ мм}$.

Інші похибки, зумовлені дією випадкових чинників, визначимо як частину допуску на контрольований параметр відповідно до п. 3.7.1 $\varepsilon_{3II} = 0,03 \cdot 0,05 = 0,0015 \text{ мм}$.

Визначаємо сумарну похибка вимірювання спеціального пристосування у напрямі контрольованого параметра – радіальне биття отвору – за одержаною раніше формулою:

$$\varepsilon_{BIM} = 0,0056 + \sqrt{0,006^2 + 0,0024^2 + 0,0015^2} = 0,012 \text{ мм.}$$

Перевіряємо умову придатності даного пристосування, порівнюючи отримане значення фактичної похибки вимірювання з найбільшим допус-

тимим значенням. Фактичне значення повинно бути меншим або дорівнювати допустимому значенню $\varepsilon_{ВИМ} \leq [\varepsilon_{ВИМ}]$:

$$0,012 \text{ мм} \leq 0,012 \text{ мм}.$$

Умова виконується. Отже, дане контрольно-вимірвальне пристосування повністю задовольняє вимоги точності вимірвального оснащення і може використовуватися для виконання контрольної операції. Проте отримане значення знаходиться на межі допустимого діапазону. Для зменшення похибки вимірювання можна рекомендувати використання схеми контролю без передавального пристрою, який найбільше впливає на сумарну похибку.

3.8 Принцип роботи спроектованого КВП

Після того, як виконані всі етапи з проектування і розрахунку контрольно-вимірвального пристосування, підготовлена необхідна конструкторська документація потрібно навести технічні характеристики одержаної конструкції та описати принцип роботи пристосування.

У описі принципу роботи контрольно-вимірвального пристосування необхідно відобразити таку інформацію:

- класифікація пристосування;
- для яких об'єктів використовується пристосування;
- які параметри контролюються за допомогою пристосування;
- як здійснити базування і закріплення контрольованого об'єкта в пристосуванні для виконання контролю;
- як працює затискний механізм пристосування, його конструкція та дія на контрольований об'єкт;
- які засоби вимірювання застосовані в пристосуванні, який метод вимірювання використовується (абсолютний або відносний), як виконати налаштування засобів вимірювання на контрольований параметр;
- як виконується вимірювання та розуміються покази, як визначити відповідність контрольованого параметра встановленим вимогам, як визнати об'єкт на придатність;
- як зняти об'єкт після виконання контролю;
- як працюють допоміжні елементи конструкції пристосування (рухомі й нерухомі);
- як здійснити налаштування, 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 тощо. Текст опису конструкції та принципу роботи пристосування слід скласти таким чином, що б в ньому були описані конкретні деталі і вузли присто-

сування у вигляді посилань на відповідні позиції складального креслення та специфікації на пристосування. Якщо в пояснювальній записці є рисунок, що ілюструє конструкцію пристосування, то допустимо посилатися на позиції, вказані на цьому рисунку.

4 РОЗРАХУНОК ТА ПРОЕКТУВАННЯ КАЛІБРІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ

4.1 Призначення та область застосування граничних калібрів

В процесі виготовлення або після виготовлення деталей їхні розміри піддаються контролю з метою встановлення відповідності цих розмірів розмірам, заданим при їх розробці.

В серійному виробництві для контролю використовують калібри, застосування яких знижує трудомісткість, а, відповідно, й вартість вимірювань. В ремонтному виробництві використовують калібри для дефектування спрацьованих деталей.

Терміни та означення, що стосуються калібрів, наведені в ДСТУ 2234-93. Калібрами називають засоби контролю, які відтворюють геометричні параметри виробів і призначені для встановлення придатності деталі, яка контролюється.

Залежно від способу контролю придатності деталей калібри поділяються на нормальні і граничні.

Нормальний калібр – це калібр, який відтворює заданий лінійний чи кутовий розмір. Ним користуються тоді, коли потрібно перевірити відповідність дійсного розміру виготовленої деталі її номінальному розміру. В даний час для контролю лінійних розмірів нормальні калібри практично не застосовуються, а контроль деталей здійснюється граничними калібрами.

Граничний калібр – калібр, який відтворює прохідну та непрохідну межі геометричних параметрів елементів виробу. При контролі розмірів граничними калібрами дійсні розміри деталей безпосередньо не визначаються, а лише встановлюється факт знаходження їх в заданих межах (в межах зносу). Граничними калібрами контролюють граничні (максимальний і мінімальний) розміри деталей. Граничні калібри використовуються для контролю розмірів гладких циліндричних, конічних, різьбових і шліцьових деталей, висоти виступів і глибини западин, довжин, ширини канавок, уступів, глухих отворів тощо, якщо на контрольовані розміри встановлені допуски не точніше шостого квалітету (IT6).

За конструктивними ознаками калібри поділяються на пробки (калібри для контролю внутрішніх розмірів) і скоби (калібри для контролю зовнішніх розмірів).

За числом одночасно контрольованих елементів деталей калібри поділяються на елементні і комплексні. Комплексними калібрами контролюють одночасно декілька елементів або розмірів деталі, а елементними – тільки один.

Залежно від граничного розміру деталі, що контролюється калібром, калібри поділяються на прохідні – ПР (калібри для контролю найменших граничних значень внутрішніх розмірів і найбільших граничних значень зовнішніх розмірів) і непрохідні – НЕ (калібри для контролю найбільших граничних значень внутрішніх розмірів і найменших граничних значень зовнішніх розмірів).

За призначенням калібри поділяються на робочі (Р), приймальні (П) і контрольні (К).

Робочі калібри позначаються: Р-ПР – прохідні і Р-НЕ – необхідні, призначені для контролю оброблених деталей робітниками і заводськими контролерами на робочих місцях.

Приймальні калібри позначаються: П-ПР – прохідні і П-НЕ – непрохідні, призначені для контролю готових виробів замовниками і контролерами відділу технічного контролю заводу. Приймальних калібрів спеціально не виготовляють, їх відбирають з числа до певного рівня спрацьованих робочих калібрів.

Контрольні калібри (контркалибри) призначені для перевірки робочих і приймальних калібрів під час їх виготовлення та використання. Контркалибрами перевіряють тільки калібри-скоби, оскільки калібри-пробки доцільніше перевіряти високоточними універсальними вимірювальними засобами (мікрокаторами, оптиметрами тощо).

Встановлені такі умовні позначення контрольних калібрів:

К-ПР – контркалибр, призначений для контролю найменшого граничного розміру прохідної сторони робочої скоби (Р-ПР). Він є прохідним.

К-И (К-З) – контркалибр, призначений для контролю величини спрацювання прохідних сторін робочих калібрів – скоб (Р-ПР) – з метою вилучення їх з експлуатації при спрацюванні більше від допустимого, а також для настроювання регульовальних калібрів-скоб. Він є непрохідним.

К-НЕ – контркалибр, призначений для контролю непрохідних сторін робочих (З-НЕ) і приймальних (П-НЕ) калібрів.

К-П – контркалибр, призначений для контролю прохідних сторін приймальних калібрів (П-ПР).

Контрольні калібри виготовляються у вигляді гладких калібрів-пробок.

4.2 Розміри і допуски калібрів

Номінальними розмірами прохідних і непрохідних частин калібрів є відповідні граничні розміри контрольованих деталей, а саме:

- номінальний розмір прохідної пробки дорівнює найменшому діаметру контрольованого отвору, тобто $PR = D_{min}$;
- номінальний розмір непрохідної пробки дорівнює найбільшому діаметру контрольованого отвору, тобто $HE = D_{max}$;
- номінальний розмір непрохідної скоби дорівнює найбільшому діаметру контрольованого вала, тобто $PR = d_{max}$;
- номінальний розмір непрохідної скоби дорівнює найменшому діаметру контрольованого вала, тобто $HE = d_{min}$;

Система допусків на гладкі калібри для контролю отворів і валів розмірами до 500 мм встановлено ГОСТ 24853-81.

На виготовлення калібрів передбачені такі допуски: H – на прохідні і непрохідні розміри робочих калібрів-пробок; H_S – те саме, але зі сферичними вимірювальними поверхнями; H_I – на прохідні і непрохідні розміри калібрів-скоб; H_P – на контрольні калібри, призначені для контролю калібрів-скоб.

Виконавчими називаються розміри прохідних і непрохідних сторін калібрів пробок і скоб, проставлені на їх робочих кресленнях таким чином, щоб допуски на їх виготовлення були спрямовані в «тіло» калібра. Таким чином, виконавчими розмірами прохідної і непрохідної сторін калібра-пробки будуть найбільші граничні розміри цих сторін з від'ємними нижніми відхиленнями ($-ei$); верхні відхилення $es = 0$.

Виконавчими розмірами прохідної і непрохідної сторін калібра-скоби будуть найменші граничні розміри цих сторін з додатними верхніми відхиленнями ($+ES$); нижніми відхиленнями $EI = 0$.

Схеми розташування полів допусків калібрів та формули для визначення їх виконавчих розмірів вибирають за ГОСТ 21401-75.

4.3 Алгоритм розрахунку виконавчих розмірів калібрів

Для контролю заданого з'єднання граничними калібрами, необхідно розрахувати виконавчі розміри калібра-скоби та калібра-пробки і виконати їх робочі креслення.

4.3.1 Вибирають схему розташування полів допусків калібрів. Розташування полів допусків і відхилень відносно меж полів допусків виробів повинно відповідати схемам за ГОСТ 21401-75.

4.3.3 Визначаємо граничні розміри отвору (D_{max} , D_{min}) і вала (d_{max} , d_{min}) для заданого з'єднання, мм.

4.3.3 Вибираємо значення допусків та відхилень за ГОСТ 21401-75.

Прийняті позначення:

IT – допуски виробів;

H , (H_S) – допуски на виготовлення калібрів для отворів (H_S – для калібрів зі сферичними вимірювальними поверхнями), мкм;

H_I – допуски на виготовлення калібрів для валів, мкм;

H_P – допуски на виготовлення контрольних калібрів для скоби, мкм;

Z, Z_1 – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібра: для отворів – Z і вала – Z_1 відносно граничного розміру виробу, мкм;

Y, Y_1 – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібра (для отворів – Y і валів – Y_1) за межу поля допуску виробів, мкм;

α, α_1 – величини для компенсації похибки контролю калібрами (α – отворів і α_1 – валів) з розмірами більшими 100 мм, мкм.

Відхилення (додатне для скоби та від’ємне для пробки), за яким виготовляють новий калібр, проставляють «в метал». Це забезпечує велику ймовірність виготовлення придатних калібрів.

4.3.4 У відповідності з вибраною схемою полів допусків калібрів розраховують номінальні розміри:

калібрів-пробок для отворів:

$$ПР = D_{\min} + Z, HE = D_{\max};$$

калібрів-скоб для валів:

$$ПР = d_{\max} - Z_1, HE = d_{\min};$$

контрольних калібрів для калібрів-скоб:

$$К-ПР = d_{\max} - Z_1, К-З = d_{\max} + Y_1, К-HE = d_{\min};$$

4.3.5 Визначають граничні розміри:

калібрів-пробок для отворів:

$$ПР_{\max} = D_{\min} + Z + (H / 2);$$

$$ПР_{\min} = D_{\min} + Z - (H / 2);$$

$$HE_{\max} = D_{\max} + (H / 2);$$

$$HE_{\min} = D_{\max} - (H / 2);$$

калібрів-скоб для валів:

$$ПР_{\max} = d_{\max} - Z_1 + (H_1 / 2);$$

$$ПР_{\min} = d_{\max} - Z_1 - (H_1 / 2);$$

$$HE_{\max} = d_{\min} + (H_1 / 2);$$

$$HE_{\min} = d_{\min} - (H_1 / 2);$$

контрольних калібрів для калібрів скоб:

$$K - Z_{\max} = d_{\max} + Y_1 + (H_p / 2);$$

$$K - Z_{\min} = d_{\max} + Y_1 - (H_p / 2);$$

$$K - HE_{\max} = d_{\min} + (H_p / 2);$$

$$K - HE_{\min} = d_{\min} - (H_p / 2);$$

$$K - PP_{\max} = d_{\max} - Z_1 + (H_p / 2);$$

$$K - PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - (H_p / 2).$$

4.3.6 Визначають виконавчі розміри калібрів, формули для яких визначені в ГОСТ 21401-75. Найбільші граничні розміри калібрів-пробок для отворів визначають за формулами:

$$PP = PP_{\max} = D_{\min} + Z + (H / 2), \quad (4.1)$$

$$HE = HE_{\max} = D_{\max} + (H / 2), \quad (4.2)$$

де граничне відхилення становить $(-H)$.

Найбільші граничні розміри калібрів-скоб для валів визначають за формулами:

$$PP = PP_{\min} = d_{\max} - Z_1 - (H_1 / 2), \quad (4.3)$$

$$HE = HE_{\min} = d_{\min} - (H_1 / 2), \quad (4.4)$$

де граничне відхилення становить $(+H_1)$.

Найбільші граничні розміри контрольних калібрів для калібрів-скоб визначають за формулами:

$$K-PP = K-PP_{\max} = d_{\max} - Z_1 + (H_p / 2), \quad (4.5)$$

$$K-HE = K - HE_{\max} = d_{\min} + (H_p / 2), \quad (4.6)$$

$$K-Z = K - Z_{\max} = d_{\max} + Y_1 + (H_p / 2), \quad (4.7)$$

де граничне відхилення становить $(-H_p)$.

За результатами розрахунків виконавчих розмірів, виконаних за формулами (4.1–4.4), виконуються робочі креслення калібрів-пробок та калібрів-скоб.

Допустима шорсткість поверхонь калібрів не повинна перевищувати 10% допуску на розмір калібру і не бути більшим $R_a = 0,16$ мкм.

4.4 Матеріали та маркування калібрів

Вимірювальні елементи калібрів виготовляють із сталей X, ХГ, У10А, У12А, ШХ15. Крім того, можуть використовуватися цементовані вуглецеві сталі Сталь 15 та Сталь 20. При цьому глибина цементованого шару повинна бути 0,8...1,2 мм. Твердість робочих поверхонь повинна знаходитись в межах 58...64 HRC₃.

Для підвищення зносостійкості вимірювальних поверхонь їх хромують або виготовляють із твердих сплавів, а саме: ВК6 та ВК6М. Хромування підвищує зносостійкість в 3...8 разів, а твердий сплав – в 40 разів.

На калібри наносять таке маркування: номінальний розмір виробу, для контролю якого використовується калібр; умовне позначення поля допуску; граничні відхилення розміру в міліметрах (на гладких робочих калібрах); позначення типу калібра, наприклад ПР, К-И та ін., товарний знак заводу-виробника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Контрольно-вимірювальні пристрої технологічних машин : навч. посібник / за ред. проф. З. А. Стецька. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. – 321 с.
2. Альбом по проектированию приспособлений : учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей вузов / [Б. М. Базров, А. И. Сорокин, В. А. Губарь и др.] – М. : Машиностроение, 1991. – 121 с.
3. Микитянский В. В. Точность приспособлений в машиностроении / Микитянский В. В. – М. : Машиностроение, 1984. – 128 с.
4. Станочные приспособления : справочник в 2 т. / редкол. : Вардашкин Б. Н. (председатель) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 1 / [под ред. Вардашкина Б. Н., Шатилова А. А.]. – 1984. – 592 с.
5. Станочные приспособления : справочник в 2 т. / редкол. : Вардашкин Б. Н. (председатель) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1984. – Т. 2 / [под ред. Вардашкина Б. Н., Данилевского В. В.]. – 1984. – 656 с.
6. Белоусов А. П. Проектирование станочных приспособлений : учебное пособие для учащихся техникумов / Белоусов А. П. – М. : Высшая школа, 1980. – 240 с.
7. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков : справочник / Горошкин А. К. – М. : Машиностроение, 1979. – 303 с.
8. Горохов В. А. Проектирование и расчет приспособлений : учебное пособие для студентов вузов машиностроительных спец. / Горохов В. А. – Мн. : Выш. школа, 1986. – 238 с.
9. Терликова Т. Ф. Основы конструирования приспособлений : учебное пособие для машиностроительных вузов / Терликова Т. Ф., Мельников А. С., Баталов В. И. – М. : Машиностроение, 1980. – 119 с.
10. Черпаков Б. И. Технологическая оснастка : ученик для учреждений средн. проф. образования / Черпаков Б. И. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 288 с.

ДОДАТОК А
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Інститут машинобудування та транспорту
Кафедра технології та автоматизації машинобудування

РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНЕ ЗАВДАННЯ
з дисципліни «Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв»

студенту _____ групи _____

Зміст завдання

Для заданої вимоги точності поверхні (розміру) деталі розробити ескіз контрольно-вимірювального пристосування (КВП) та контрольного калібра.

Вхідні дані

1 Креслення (ескіз) деталі: _____

2 Вхідні дані для проектування КВП: _____

3 Вхідні дані для розрахунку та проектування контрольного калібра:
для діаметра _____ розрахувати калібр- _____

Розрахунково-пояснювальна частина

1 Проектування контрольно-вимірювального пристосування (КВП).

1.1 Вибір або розробка принципової схеми контролю.

1.2 Вибір елементів конструкції КВП.

1.3 Вибір засобу вимірювання та допоміжних пристроїв.

1.4 Розробка компонування КВП.

1.5 Розрахунок на точність контрольного пристосування.

1.6 Опис принципу роботи спроектованого КВП.

2 Розрахунок та проектування калібрів для контролю циліндричних поверхонь.

Графічна частина

1 Ескіз контрольно-вимірювального пристосування (формат А4-А3).

2 Робоче креслення контрольного калібра (формат А4).

Завдання видано «__» _____ 20__ р.

Термін подання виконаного завдання «__» _____ 20__ р.

Завдання видав _____
(посада, прізвище та ініціали) (підпис)

Завдання отримав _____
(підпис)

ДОДАТОК Б

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Інститут машинобудування та транспорту

Кафедра ТАМ

Розрахунково-графічне завдання
з дисципліни:
«Проектування контрольно-вимірювальних пристроїв»

Виконав: ст. гр. ІМ-10 з/ф
Іванов І. І.

(підпис)

«__» _____ 20 __ р.

Перевірив: к.т.н., доц.
Петров О. В.

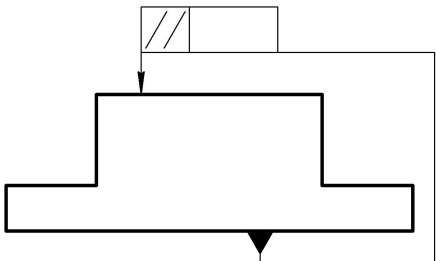
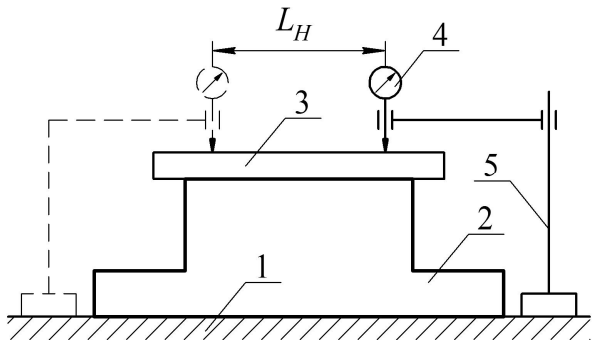
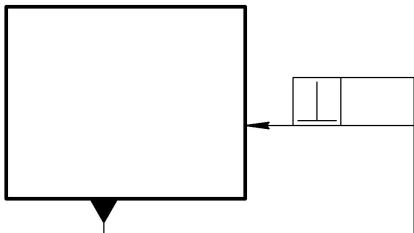
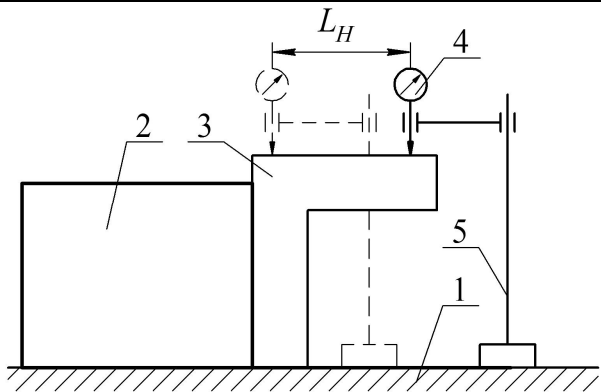
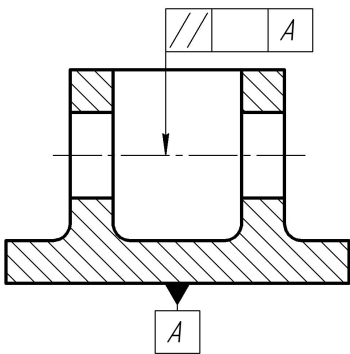
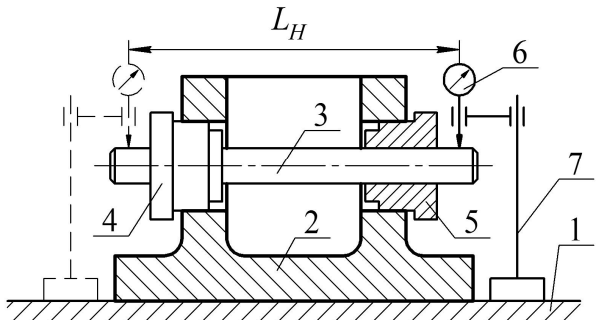
(підпис)

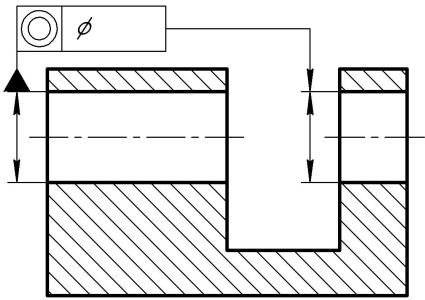
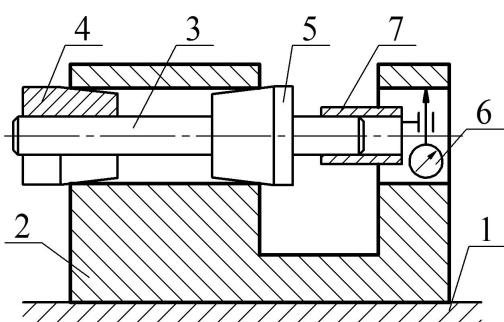
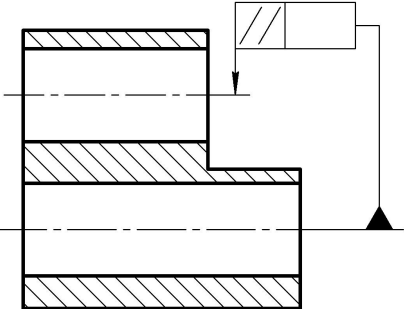
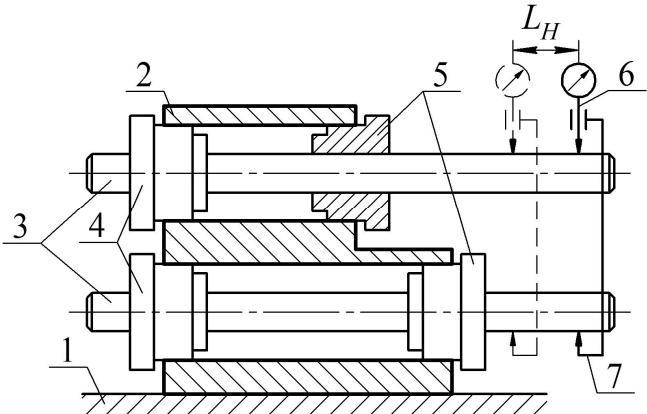
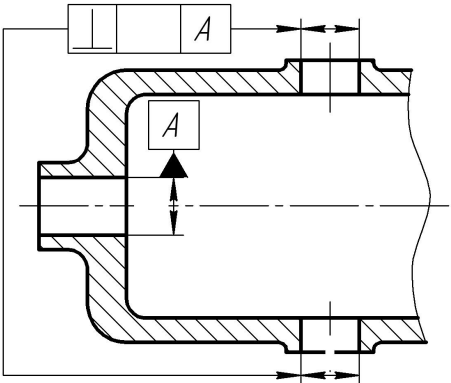
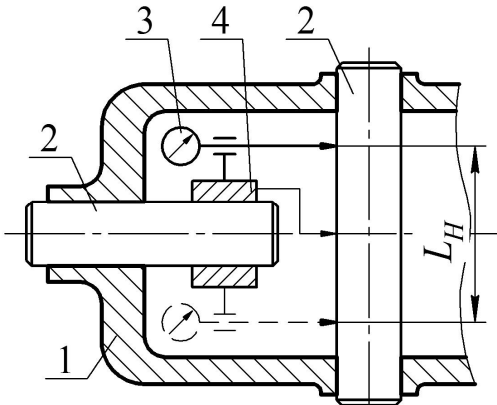
«__» _____ 20 __ р.

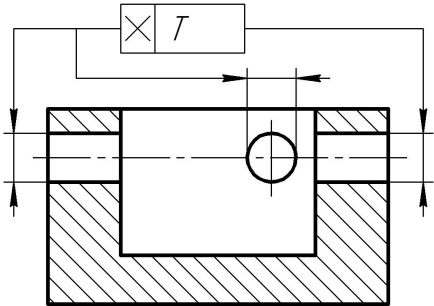
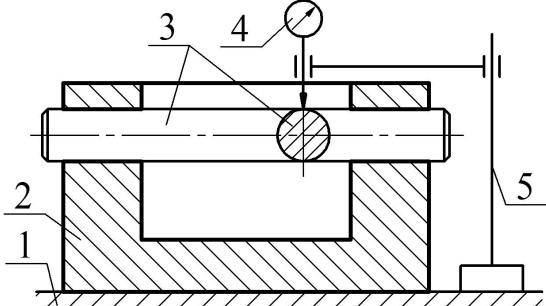
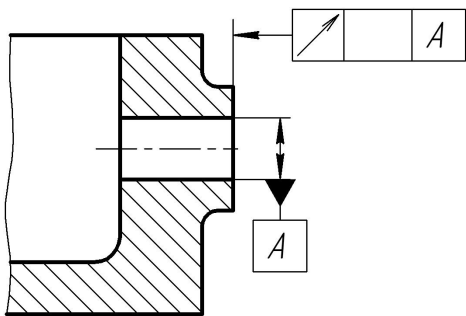
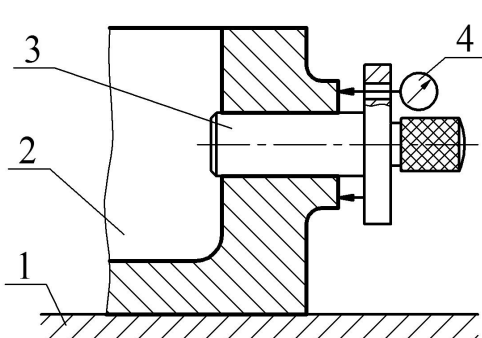
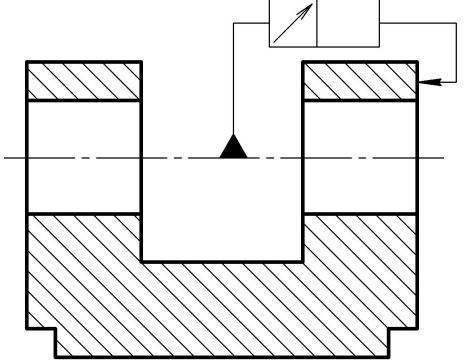
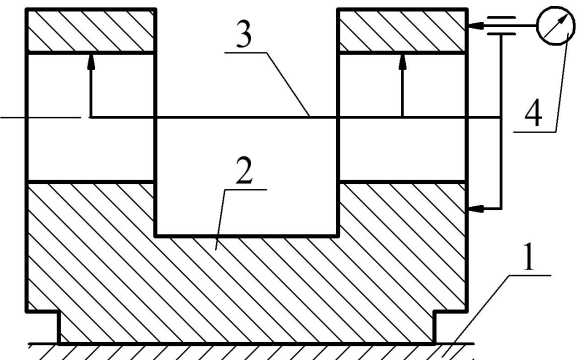
Вінниця ВНТУ 20__

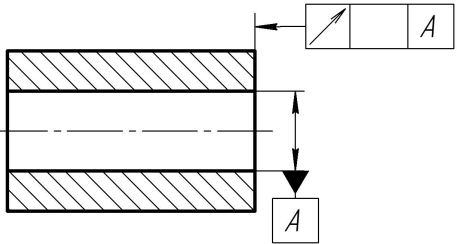
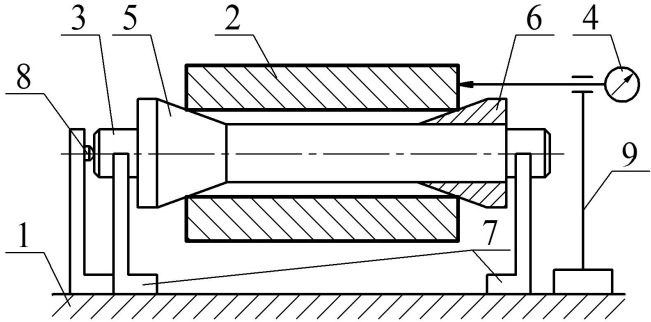
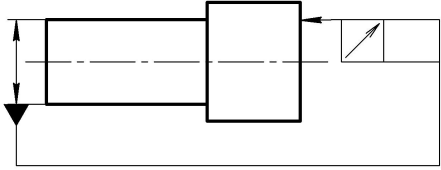
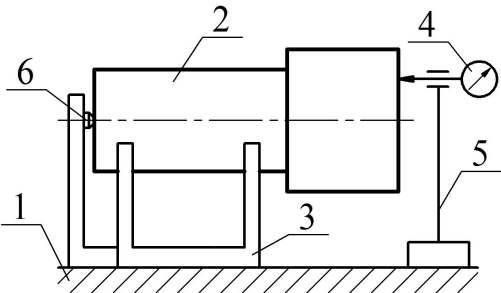
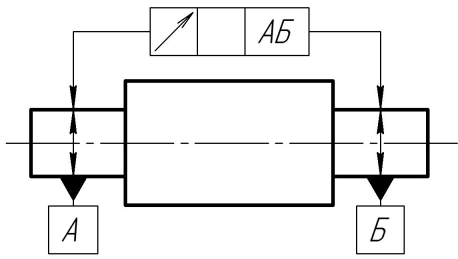
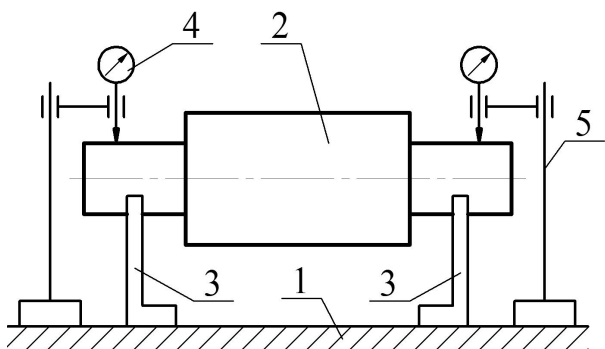
ДОДАТОК В

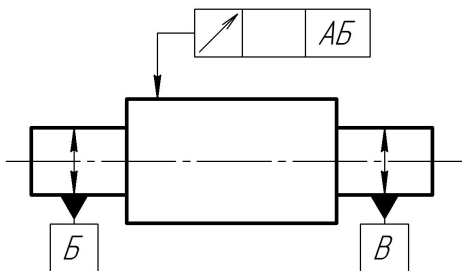
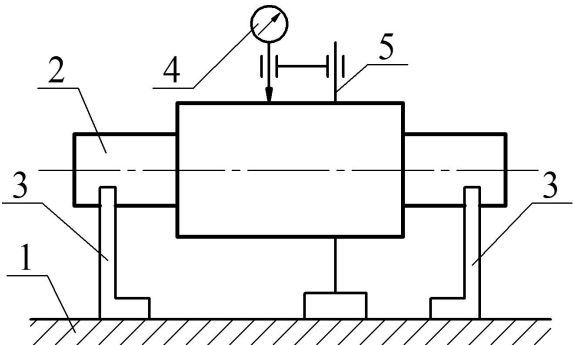
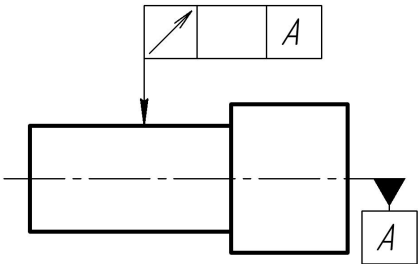
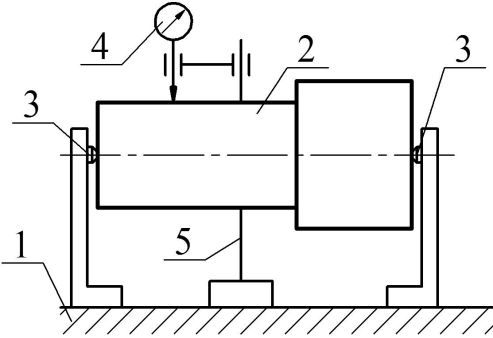
Таблиця В.1 – Приклади виконання схем контролю

Умовне позначення на кресленні	Схема вимірювання
1 Відхилення від паралельності поверхні відносно базової площини	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – плоскопаралельна пластина, 4 – вимірювальний пристрій, 5 – стійка (штатив), L_H – довжина вимірювання	
2 Відхилення від перпендикулярності поверхні відносно базової площини	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – кутник, 4 – вимірювальний пристрій, 5 – стійка (штатив), L_H – довжина вимірювання	
3 Відхилення від паралельності загальної осі отворів відносно базової поверхні	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – контрольна оправка, 4 і 5 – рухомий та нерухомий ступінчасті диски, 6 – вимірювальний пристрій, 7 – стійка (штатив), L_H – довжина вимірювання	

4 Відхилення від співвісності отвору відносно базової осі	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – контрольна оправка, 4 і 5 – рухомий та нерухомий ступінчасті диски, 6 – вимірювальний пристрій, 7 – втулка	
5 Відхилення від паралельності осей отворів	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – контрольна оправка, 4 і 5 – рухомий та нерухомий ступінчасті диски, 6 – вимірювальний пристрій, 7 – індикаторна (важільна) скоба, L_H – довжина вимірювання	
6 Відхилення від перпендикулярності осей отворів	
	
1 – деталь, 2 – контрольна оправка, 3 – вимірювальний пристрій, 4 – втулка, L_H – довжина вимірювання	

7 Відхилення від перетину осей отворів	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – контрольна оправка, 4 – вимірювальний пристрій, 7 – стійка (штатив)	
8 Торцеве биття площини відносно осі отвору корпусної деталі	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – контрольна оправка, 4 – вимірювальний пристрій	
9 Торцеве биття площини відносно спільної осі отворів корпусної деталі	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – контрольна оправка, 4 – вимірювальний пристрій, 5 – спеціальне оснащення з внутрішніми призмами	

10 Торцеве биття площини відносно осі отвору втулки	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – контрольна оправка, 4 – вимірювальний пристрій, 5 і 6 – рухомий та нерухомий конічні диски, 7 – призми, 8 – упор, 9 – стійка (штатив)	
11 Торцеве биття площини відносно осі шийки вала	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – призми, 4 – вимірювальний пристрій, 5 – стійка (штатив), 6 – упор	
12 Биття шийок вала відносно їх спільної осі	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – призми, 4 – вимірювальний пристрій, 5 – стійка (штатив)	

13 Биття поверхонь вала відносно спільної осі шийок	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – призми, 4 – вимірювальний пристрій, 5 – стійка (штатив)	
14 Биття поверхні вала відносно осі центрувальних отворів	
	
1 – перевірна плита, 2 – деталь, 3 – центри, 4 – вимірювальний пристрій, 5 – стійка (штатив)	

Інструктивно-методичне видання

**Методичні вказівки
до самостійної та індивідуальної роботи
студентів з дисципліни «Проектування
контрольно-вимірювальних пристроїв»**

Редактор В. Дружиніна

Укладачі: Петров Олександр Васильович
Сухоруков Сергій Іванович
Савуляк Віктор Валерійович

Оригінал-макет підготовлено О. Петровим

Підписано до друку 2013 р.
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 2,9.
Наклад 75 прим. Зам. № 2013- .

Вінницький національний технічний університет,
навчально-методичний відділ ВНТУ.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, к. 2201.
Тел. (0432) 59-87-36.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.

Віддруковано у Вінницькому національному технічному університеті в
комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі.
21021, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95,
ВНТУ, ГНК, к. 114.
Тел. (0432) 59-87-38.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.