

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя

Кафедра інжинірингу
машинобудівних
технологій

КОНТРОЛЬНІ ПРИСТРОЇ ТА РОЗРАХУНОК ЇХ ТОЧНОСТІ

Методичні вказівки до практичних занять
та самостійної роботи студентів
з курсу «Технологічна оснастка»
для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка»
усіх форм навчання

Тернопіль
2021

УДК 621.9

Методичні вказівки «Контрольні пристрої та розрахунок їх точності» до практичних та самостійних занять з курсу «Технологічна оснастка» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / Укладачі: М.Г. Дичковський, М.Д. Сіправська. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2021. – 45 с.

Укладачі:

Дичковський М.Г., к.т.н., доц;
Сіправська М.Д., асист.

Рецензент:

Кобельник В.Р., к.т.н., доц.,
завідувач кафедри «Конструювання
верстатів, інструментів та машин»
Тернопільського національного
технічного університету ім. І.Пулюя;

Клендій М.Б., к.т.н, доц.,
доцент кафедри загальноінженерної
підготовки Відокремленого підрозділу
Національного університету біоресурсів
і природокористування України
«Бережанський агротехнічний
інститут».

Методичні вказівки розглянуті та схвалені на засіданні кафедри інжинірингу машинобудівних технологій.

Протокол № 7 від 19 березня 2021 р.

Методичні вказівки рекомендовано до друку методичною комісією ФМТ.

Протокол № 6 від 31 березня 2021 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Контрольно-вимірювальні пристрої для дисків.....	5
2. Контрольно-вимірювальні пристрої для валів.....	10
3. Контрольно-вимірювальні пристрої для корпусних деталей.....	22
4 Спеціальні контрольно-вимірювальні пристрої.....	30
5. Розрахунок точності контрольних пристроїв.....	33
6. Визначення похибки контрольних пристроїв.....	37
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	45

ВСТУП

Контрольні пристрої (КП) складають окрему групу технологічної оснастки. Даними пристроями вважають спеціальні вимірювальні засоби для контролю геометричних параметрів виробів у виробничих умовах із необхідною точністю та продуктивністю. Від стандартного мірного інструмента – штангенциркуля, мікрометра, калібрів та ін. – їх відрізняє спеціальна конструкція. Від лабораторних приладів вони відрізняються тим, що працюють у виробничих умовах, тобто у цехах підприємств. Контрольні пристрої використовують для контролю геометричних параметрів – точності розмірів, відносного повороту, форми поверхонь заготовок, деталей, складальних одиниць та машин. Пристрої для перевірки деталей застосовують на проміжних етапах оброблення (міжопераційний контроль) і для прикінцевого їх приймання. На вибір принципової схеми контрольного пристрою впливає задана продуктивність контролю.

Нижче наведено приклади конструкцій контрольних пристроїв для контролю різних класів деталей машин.

Мета роботи полягає у вивченні конструкцій контрольних пристроїв різноманітного призначення та набуття практичних навиків розрахунку їх точності.

1. КОНТРОЛЬНО - ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ДИСКІВ

Точність взаємного розташування великих плоских поверхонь дисків нормується технічними умовами. Робочі торцеві периферійні поверхні дисків шліфуються. Нерідко їх виконують із центральним отвором за 6...9 квалітетами точності. Багато конструкцій дисків мають виточки, рівчаки та бортики різної точності.

При виготовленні дисків зазвичай відхилення від паралельності робочих торцевих поверхонь допускається в межах 0,05...0,1 мм. Якщо диски виконують з точним отвором, то за технічними умовами биття робочих поверхонь відносно осі отвору допускається в межах 0,08...0,15 мм. На остаточному контролі проводиться суцільна перевірка дисків.

Контрольний пристрій для перевірки торцевого та радіального биття.

Биття торцевих та периферійних робочих поверхонь дисків перевіряють на контрольному пристосуванні (рис. 1 а, 1 б та 1 в) з обертовою оправкою. Перевіряючий диск встановлюють на основу 1, на якій він центрується оправкою 14 (рис. 1 а). Закріплення диска здійснюється гвинтом 3 через шайби 2 і 4, які мають сферичні поверхні і з'єднанні для забезпечення самовстановлення. Оправка 14 закріплена гайкою 15 і розташована у втулці 16, яка встановлена у корпус 17 та закріплена гайкою 13. Нижня конічна частина оправки 14 притерта без люфту у втулці 16 через прокладку 8 і забезпечує обертання оправки у втулці без зазору, що є важливим для точності вимірювання при значних діаметрах дисків. Биття верхнього торця перевіряють індикаторною вимірювальною головкою (ІГ) 6, яка гвинтом 5 через втулку 7 закріплена на стояку підставки 12. ІГ 6 встановлена на рухомій лиштві 18, що закріплена на стояку підставки 12. Для зняття перевіреного диска, лиштву з ІГ 6 відводять вгору шарнірним важелем 19. Положення лиштви з ІГ 6 регулюється упорним гвинтом 10 та гайкою 11.

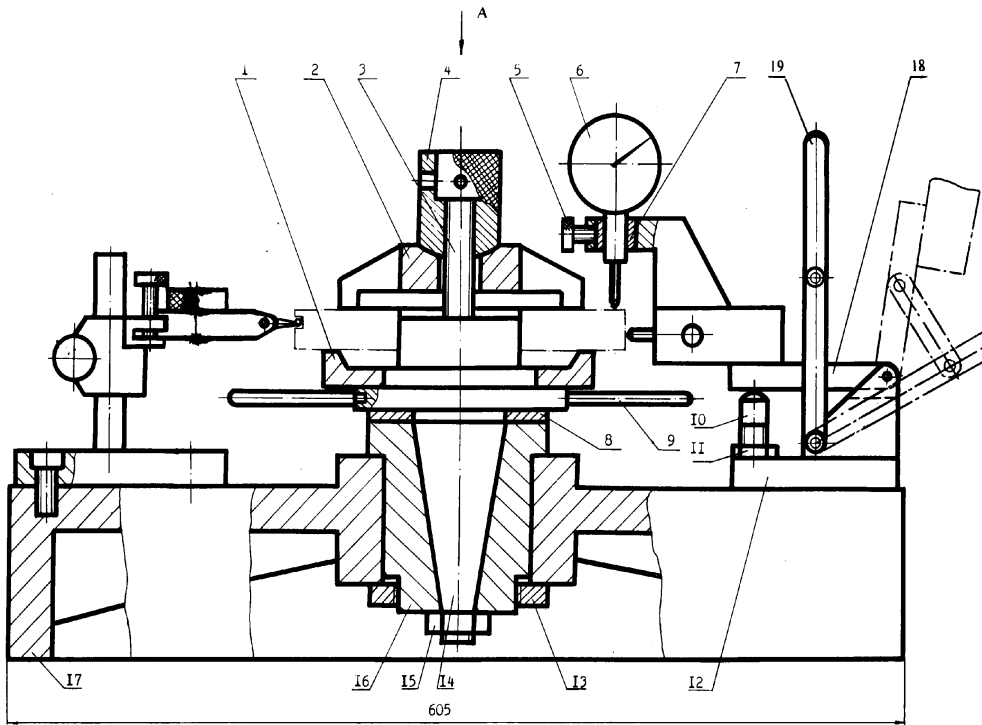


Рисунок 1 а – Контрольний пристрій для перевірки торцевого та радіального биття

На рис. 1 б, показано контрольний пристрій в плані (вид А) з якого видно що перевірка радіального биття здійснюється П 3, яка закріплена гвинтом 5 через втулку 4.

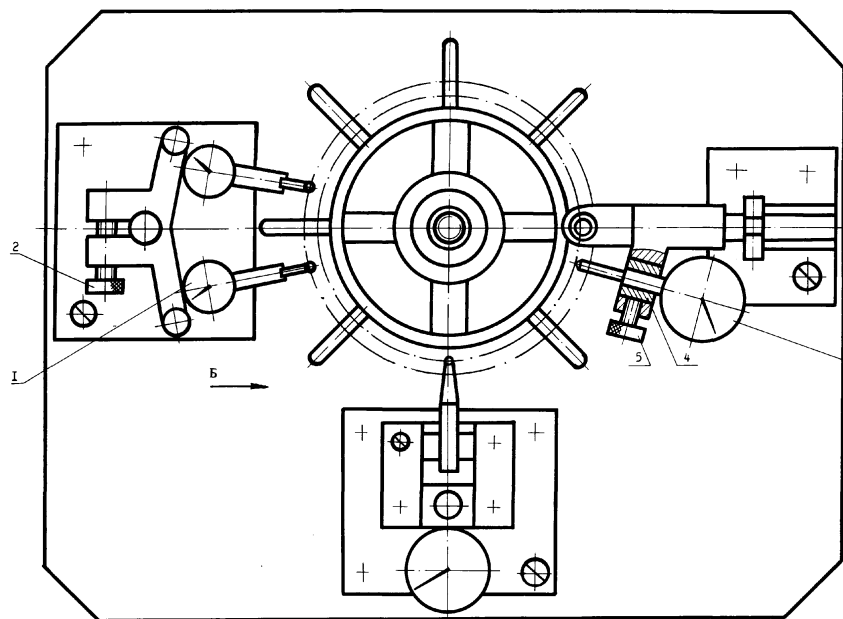


Рисунок 1 б – Контрольний пристрій для перевірки торцевого та радіального биття

Головка також відводиться убік по закінченні вимірювання чи заміні контрольованого диска. Биття нижнього торця перевіряють ІГ, що зображено на вигляді Б (рис. 1 в). На стояку 7 у кронштейні 5 встановлена ІГ. Вимірювальний стрижень головки дотикається з важільною передачею 3, яка встановлена на осі 4, і оберігає ІГ від ударів та передчасного зношення. На стояку 8, який закріплений на підставці 9, встановлений кронштейн 2, який утримує ще дві ІГ за допомогою гвинтів 1. Ці ІГ 1 (рис. 1 б) перевіряють биття робочих поверхонь рівчака, який розташований на зовнішній циліндричній поверхні контрольованого диска.

Налаштування ІГ 1 на розмір та необхідний натяг вимірювального щупа проводиться шляхом переміщення кронштейна по стояку з подальшим затиском гвинтом 2.

Для визначення биття робочих поверхонь диска оправку 14 (рис. 1 а) повертають на один - два оберти за допомогою штурвалу 9. За різницею показів ІГ визначають биття робочих поверхонь диска відносно осі отвору.

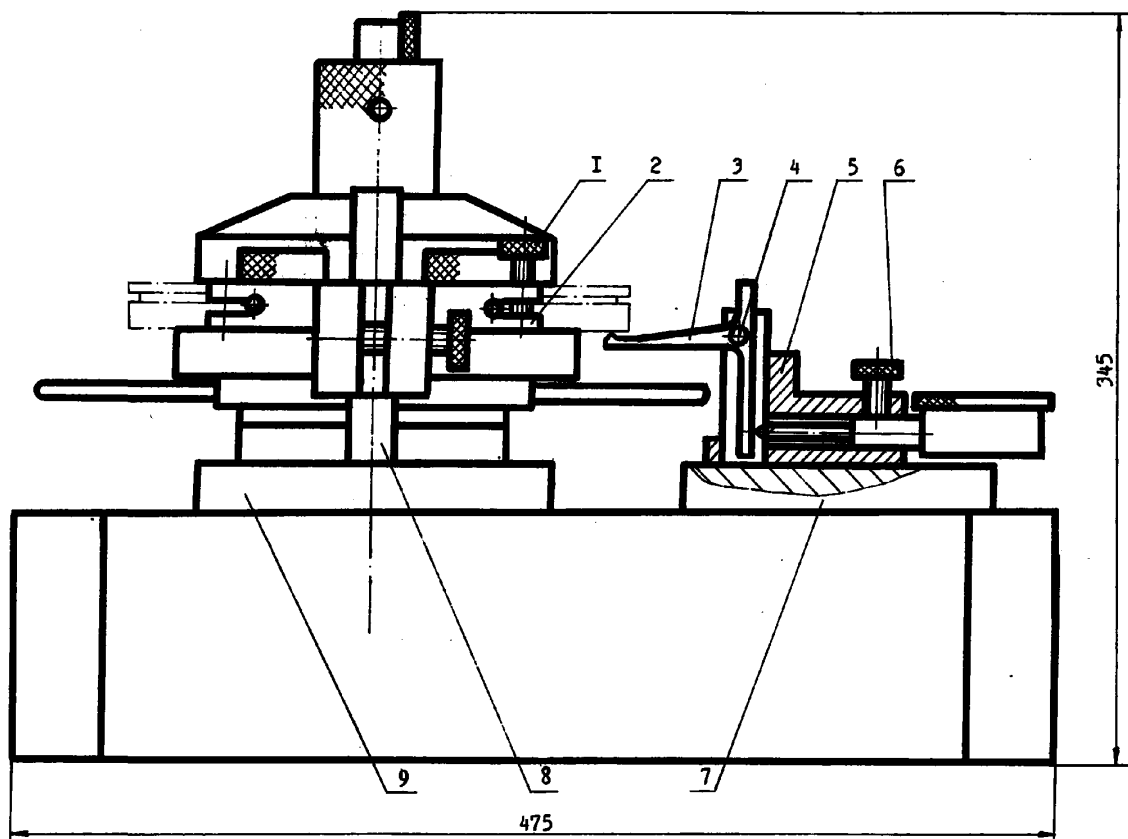


Рисунок 1 в –Контрольний пристрій для перевірки торцевого та радіального биття

Знімний контрольний пристрій для перевірки биття торця.

Якщо диски виконуються із точним отвором і за технічними умовами биття робочого торця відносно осі отвору допускається, наприклад, у межах 0,08 - 0,15 мм, то на остаточному контролі проводиться суцільна перевірка дисків за допомогою пристрою зображеного на рис. 2.

В отвір контрольованого диска за допомогою рукоятки 4 встановлюють оправку 1. У ручці 4 оправки також закріплено коромисло 2. На одному кінці плеча коромисла 2 запресований точковий упор 3, на іншому - ПГ 5, яка затискається за допомогою гвинта 6 та гайки 7.

Для визначення величини биття робочої торцевої поверхні диска коромисло 2 повертають на один - два оберти. По різниці показань ПГ 5 визначають биття торця диска відносно осі отвору.

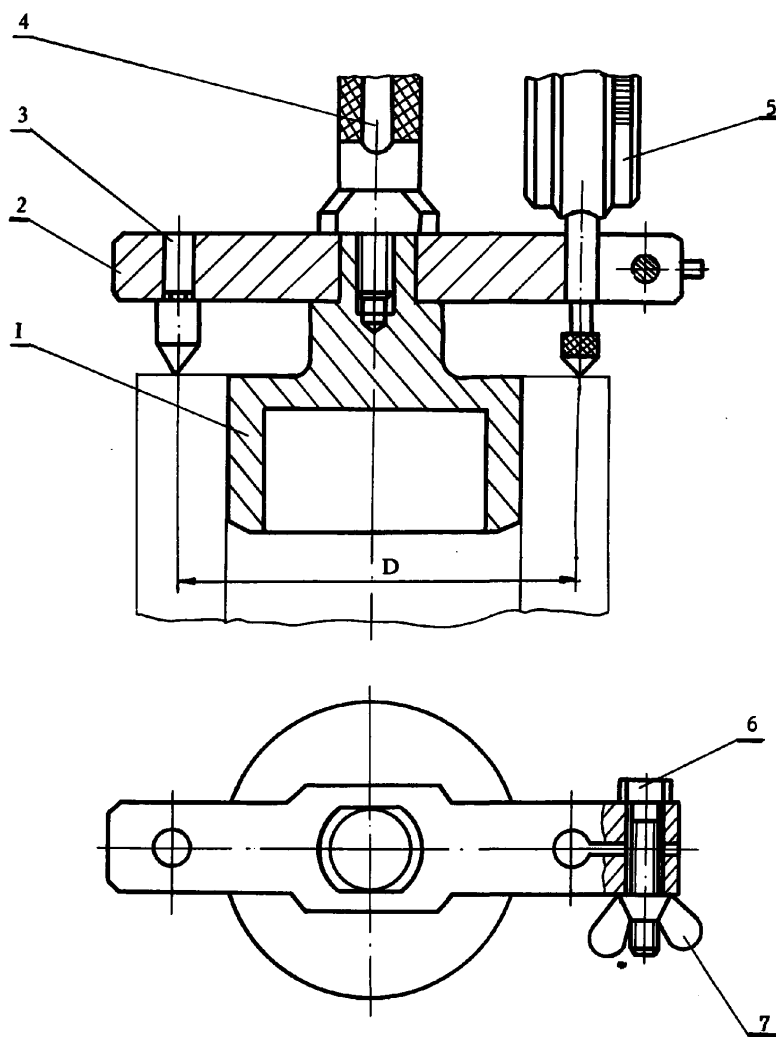


Рисунок 2 – Знімний контрольний пристрій для перевірки биття торця диска

Контрольний пристрій для перевірки відхилення від співвісності отвору і буртика.

Диск, який перевіряють, має точний отвір з одного торця і буртик - з іншого. Відхилення від співвісності осі отвору і буртика допускається не більше 0,05 мм і перевіряють на контрольному пристрої (рис. 3 а та 3 б). Диск буртиком базують на жорсткому штирі 2, який змонтований на підставці 1. Диск до штирів 2 притискається роликом 5, який встановлений на рухомому корпусі 4, і складається з осі та підшипника й безпосередньо контактує із буртиком диска. При обертанні гвинта 6 корпус 4 переміщується у напрямних 3 і притискається буртиком диска до штирів 2.

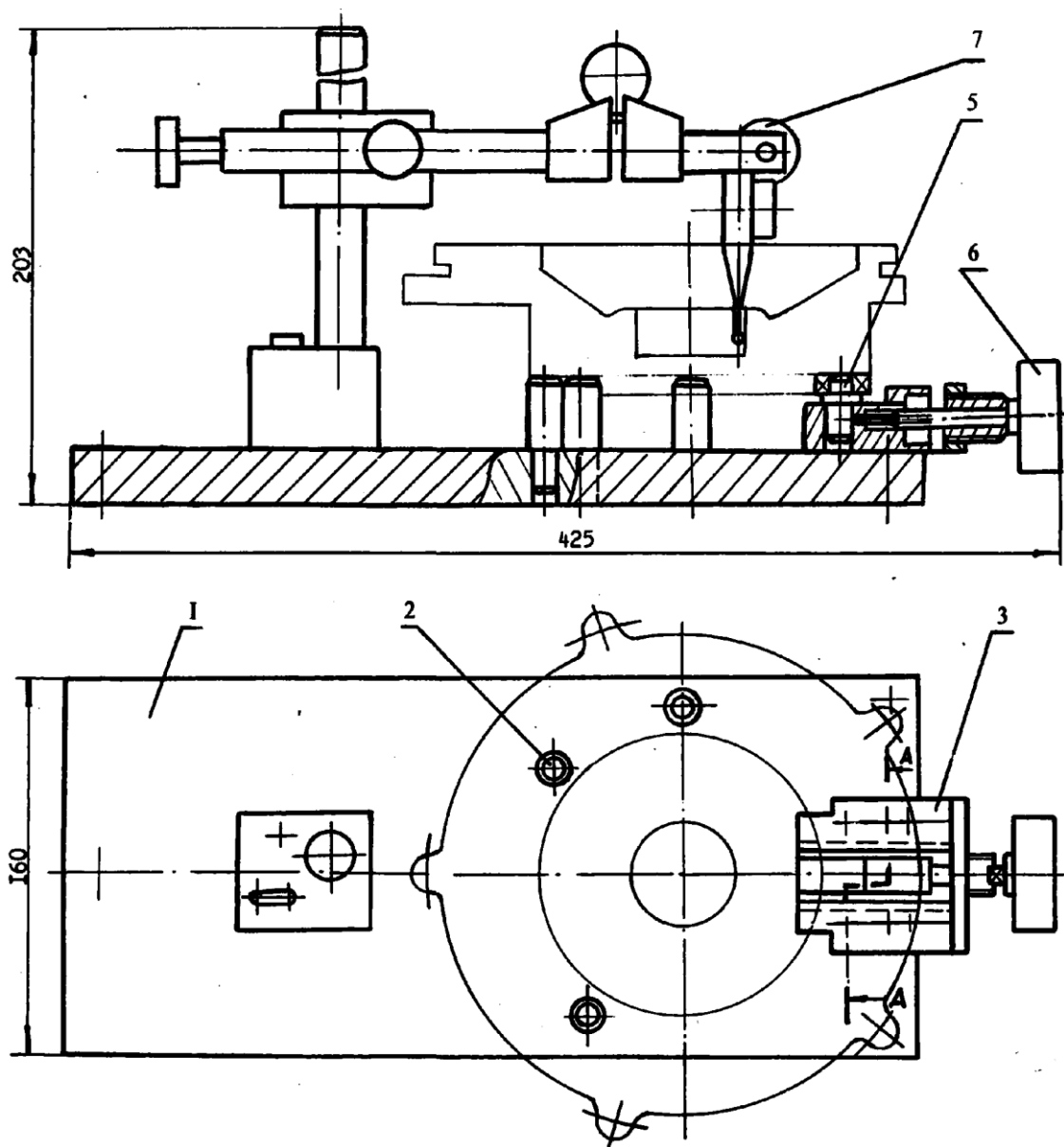


Рисунок 3 а – Пристрій для перевірки відхилення від співвісності

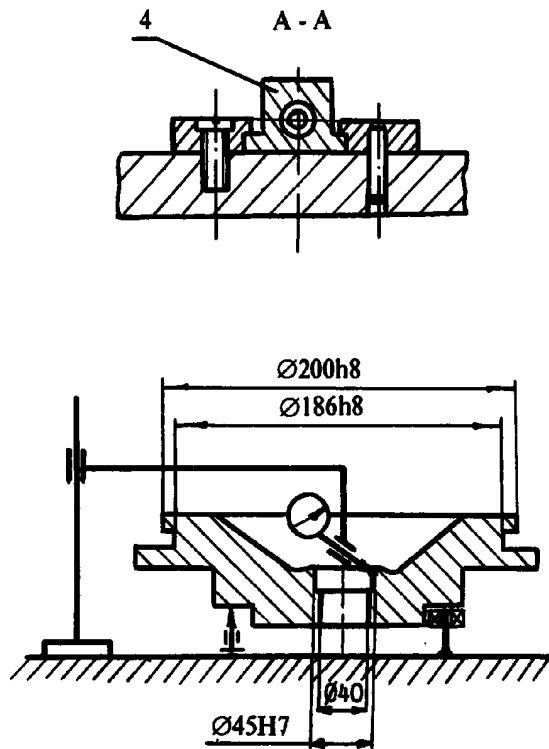


Рисунок 3 б – Пристрій для перевірки відхилення від співвісності

Радіальне биття центрального отвору відносно буртика визначається по різниці показань ІГ 7 при одному - двох обертах диска. Після перевірки ролик 5 відводиться назад. ІГ 7 встановлена на штативі з магнітним підставкою типу ШМ-11Н по ГОСТ 10197-70, це дозволяє виміряти не тільки вище вказане відхилення, а й радіальне биття зовнішніх поверхонь, наприклад, $\varnothing 200 h8$, $\varnothing 186 h8$ відносно буртика.

2. КОНТРОЛЬНО - ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ ВАЛІВ

Вали утворюються поверхнями обертання та плоскими торцевими поверхнями. Більшість валів обробляють по високих квалітетах точності із шорсткістю поверхні у межах 1,25 - 0,16 мкм. Вимірювальними базами з перевірки ступінчастих валів зазвичай є вісь обертання і торець або поверхні опорних шийок, які будучи його основними базами визначають положення всіх інших поверхонь при роботі вала у машині.

На завершальних операціях оброблення валів у більшості випадків застосовують чорнове, напівчистове, чистове, тонке шліфування, полірування, суперфініш та інші оздоблювальні операції. Необхідна точність геометричних розмірів, правильність форми поверхонь і їх положення можуть бути забезпечені лише при точному обробленні базових поверхонь у валів. Похибки поверхонь баз можуть спричинити похибки у правильності форми, в геометричних розмірах, їх положення та шорсткості поверхні оброблених ступенів валів.

На остаточному прийманні валів перевіряють:

а) правильність геометричної форми у декількох перетинах, перпендикулярних до осі вала, тобто відхилення від круглості.

Відхилення від круглості це овальність і огранка (ГОСТ 24642-81), величина яких повинна бути у межах половини допуску на діаметр, а в ряді випадків і значно точнішою.

Відхилення профілю поздовжнього перерізу вала характеризує відхилення від прямолінійності та паралельності твірних. Вид відхилень профілю поздовжнього перерізу є конусоподібність, бочкоподібність та сідлоподібність, які повинні бути у межах допусків 6 - 8 квалітетів точності. Відхилення твірної циліндричної поверхні від прямолінійності перевіряють ІГ, наконечник якої переміщують по твірній поверхні паралельно до осі вала. За різницею найбільшого і найменшого показів головки судять про відхилення від паралельності;

б) діаметральні розміри. Діаметри ступенів валів обробляють з допусками 7 - 9 квалітетів точності і дещо вище - з допуском 5 і 6 квалітетів. Їх перевіряють стандартними скобами з відліковим пристроєм СР (ГОСТ 11098-75), а також мікрометрами (з ціною поділки 0,01 мм), мініметрами (з ціною поділки 0,002 мм) та ін.

в) правильність положення поверхонь щодо осі обертання валу. Відхилення від співвісності контрольованої поверхні з віссю обертання вала перевіряють ІГ, обертаючи вал навколо осі. Таку перевірку необхідно проводити в двох крайніх перетинах контрольованої поверхні. Радіальне биття середніх ступенів щодо крайніх може бути в межах 0,02 - 0,05 мм. Радіальне биття виточок або осьових отворів щодо крайніх ступенів вала у межах 0,02 - 0,04 мм.

Відхилення від симетричності розташування шпонкових канавок щодо осі вала в межах 0,03 - 0,05 мм. Відхилення осі порожнистих валів в межах 0,05 - 0,1 мм.

У ряді конструкцій валів за технічними умовами необхідно перевіряти торцеве биття окремих ступенів.

Контрольний пристрій для перевірки відхилення від симетричності шпонкових канавок.

На рис.4 зображено пристрій для контролю зміщення шпонкового паза щодо осі вала. Він складається з вимірювальної каретки 1 і двох щупів 2. Розміри кінців обох щупів виконані відповідно з допуском на ширину шпонкового паза, розділеним на чотири групи, що забезпечує без зазору посадку щупа у паз.

При контролі каретка встановлюється на верхню поверхню щупа, щільно вставленого у паз вала 3. Стрілку ІГ ставлять на нуль по найвищій точці вала, після чого каретку переставляють на протилежну сторону щупа і знову знаходять найвищу точку вала. Половина різниці показань ІГ відповідає дійсному зміщенню паза.

Прилад простий у виготовленні і дозволяє швидко провести вимірювання без зняття оброблюваної деталі з верстата.

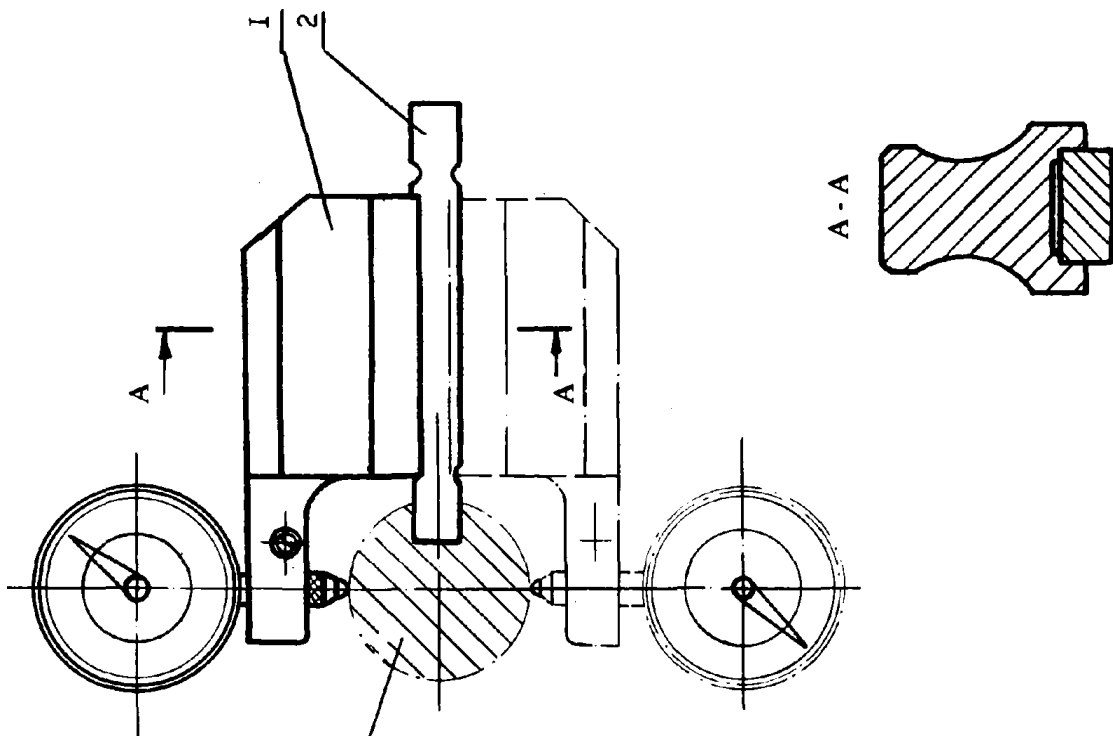


Рисунок 4 – Контрольний пристрій для перевірки відхилення від симетричності шпонкових канавок

Пристрій для контролю довжини ступенів.

На рис. 5 зображено знімний пристрій для контролю довжини ступенів круглих деталей.

Пристрій налаштовують на контрольований розмір (після попереднього виставлення його по вимірюваній деталі) на контрольній плиті по кінцевих мірах або по еталону розміру відносно базового торця призми. При вимірі пристрій встановлюють базовим торцем на оброблений торець деталі або на торець, від якого заданий лінійний розмір тоді ІГ показує відхилення останнього.

Інтервал контрольованої довжини ступенів та діаметрів деталей можна розширити, збільшивши розміри призми і подовживши штангу.

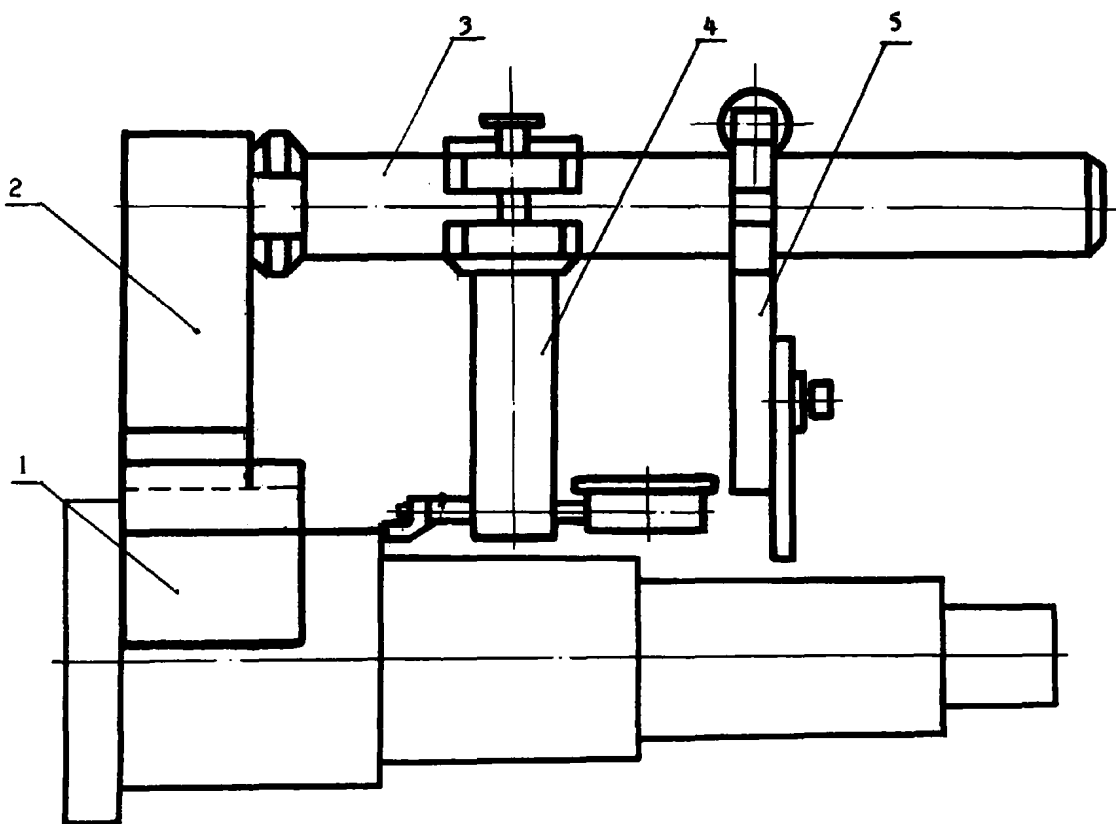


Рисунок 5 – Пристрій для контролю довжини ступеней

Багатовимірний пристрій для контролю лінійного розташування шийок валів.

На остаточному прийманні перевірку лінійного розташування і торцевого биття шийок ступінчатих валів перевіряють на контрольному пристрої (рис.6 а та 6 б).

На корпусі 1 змонтовані: стояк 15 та кронштейни 3, 9, 12, 17 і 18. На горизонтальній лиштві 8, закріпленої за допомогою шайби 27 і гайки 26 на стояку 15, встановлений рухомий центр 10, який базує і підтримує контрольований вал. Останній вставляється в отвір кронштейна 9 і базовим торцем (БТ) спирається на нього. Центр 10 відтискається вниз пружиною 33. Для установки і зняття вала центр 10 піднімають вгору і повертають відносно вертикальної осі за допомогою маховичка 7, який нерухомо з'єднаний із центром штифтом 28. При опусканні вниз положення центра фіксується штифтом 31, який входить у проріз лиштви 8.

На плиті 1 закріплений з допомогою штифтів 29 та гвинтів 21 кронштейн 3. На його передньому кінці у прорізи встановлений важіль 4, який дотикається до торця вала. Другий кінець важеля 4 доторкається із вимірювальним стрижнем 2 ІГ 35. Останній закріплений гвинтом 24 у втулці 5, встановленої в отворі кронштейна 3. На основі 1 також закріплюються за допомогою штифтів 30 та гвинтів 22 кронштейни 18, 12 і 17. На передньому кінці у прорізи лиштви 6, яка встановлена на кронштейні 18 з допомогою штифтів 32 і гвинтів 23, змонтований Г - подібний важіль ІІ, що дотикається з верхнім торцем середньої шийки вала. Другий кінець важеля 11 контактує із вимірювальним стрижнем 20 ІГ 34. Вимірювальне зусилля створюється пружиною 20. Обмежувачем ходу важеля є гвинт 25. ІГ 34 закріплена гвинтом 24 у втулці 5, яка встановлена в отворі лиштви 6.

Биття нижнього торця середньої шийки вала контролюється з допомогою ІГ 36, яка закріплена аналогічно ІГ 35. Биття торця нижньої конічної шийки вала перевіряється ІГ 37, яка закріплена на кронштейні 17 аналогічно кріпленню ІГ 34. Валу надають один - два оберти і відраховують максимальні показання ІГ 34 - 37, які визначають биття торців і відхилення лінійного розташування шийок вала.

Пристрій для комплексної перевірки ступінчатих валів забезпечує високу продуктивність процесу контролю. Він може бути доповнений вимірювачами для перевірки розташування шпонкового рівчака, кутового розташування ексцентричних шийок і т. д.

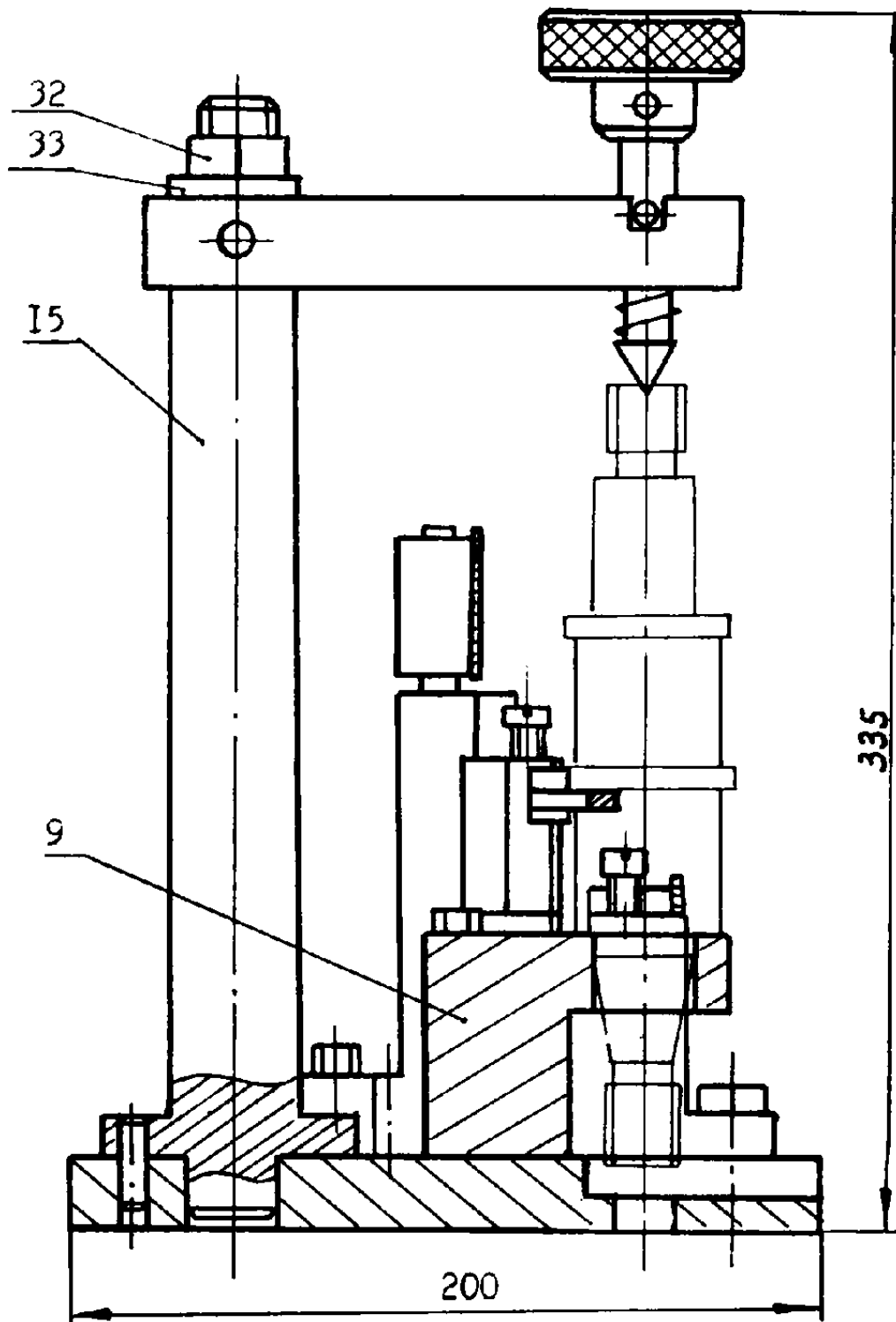


Рисунок 6 а – Багатомірний пристрій для контролю лінійного розташування шийок валів

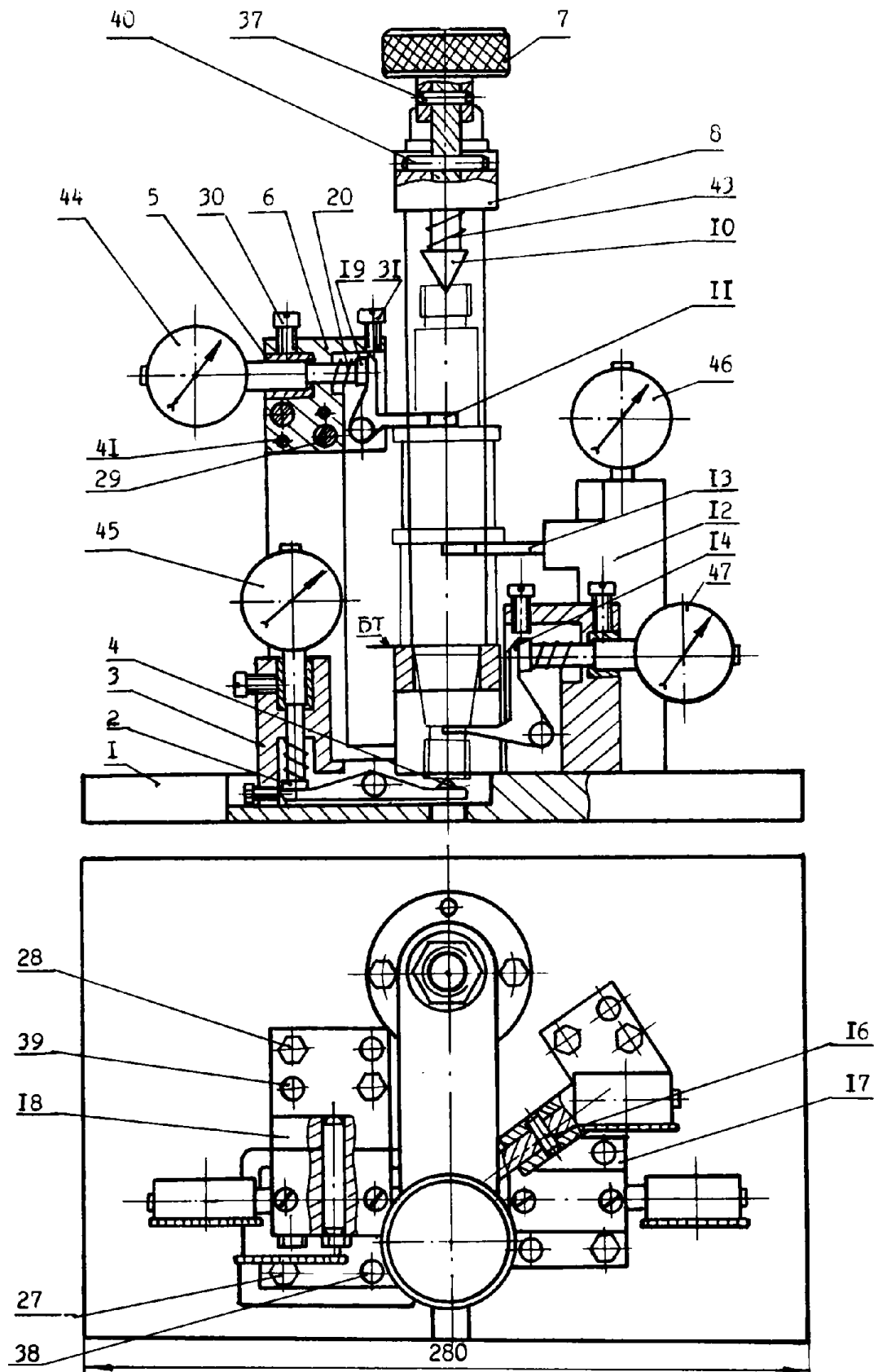


Рисунок 6 б – Багатомірний пристрій для контролю лінійного розташування шийок валів

Пристрій для контролю радіального і торцевого биття.

Ступінчаті вали у більшості випадків передають значні крутні моменти. Щоб вони працювали безвідмовно тривалий час, велике значення має висока точність виконання основних робочих поверхонь валів по діаметральним розмірах та їх розташування.

Процес контролю передбачає переважно суцільну перевірку лінійного розташування та радіального биття шийок ступінчатих валів, яку можна проводити на багатовимірному контрольному пристрої (рис. 7). На корпусі 4 з допомогою гвинтів 16 та шайб 19 закріплені передня 1 і задня 9 бабки з оправкою 10 і нерухомим центром 11, на якому встановлюють вал. Осьове положення вала фіксується нерухомим центром 11. До останнього вал притискається пружиною 14, яка розташована у центральному осьовому отворі пінолі 6 і діє на перехідник 8. Піноль 6 змонтована у передній бабці 1 з можливістю обертання навколо поздовжньої осі завдяки втулкам 5. На лівому кінці пінолі встановлений маховичок 15 з рукояткою 3, який закріплений шайбою 17 і штифтом 18. Перехіднику 8 обертовий рух при вимірюванні передається через вісь 19, яка запресована у пінолі 6 і розташована в овальному отворі перехідника 8. Крім того, на іншому кінці перехідника вставлена оправка 10 із конічною робочою поверхнею для точного без зазору базування вала, так як останній має циліндричний осьовий отвір діаметром d .

Конусність оправки залежить від допуску T та діаметра d отвору вала і визначається із залежності

$$K = 2T/d.$$

Рекомендується приймати стандартне значення K . У чотирьох стояках 25, закріплених у корпусі 4 штифтами 26 і гвинтами 27, встановлено два вали 2, по яких переміщаються кронштейни 7 та фіксуються гвинтами 28. На кронштейнах 7 встановлені за допомогою гвинтів 20 і гайок 21 скалки 13, на яких гвинтами 22, шайбами 23 та гайками 24 закріплені ІГ 30.

Три ІГ 30 з одного боку валу і три ІГ 30 з іншого служать для перевірки радіального і торцевого биття ступенів контрольованого валу, якому дають один - два оберти і фіксують максимальні покази ІГ 30, що визначають величину биття.

Пристрій для комплексної перевірки валів забезпечує високу продуктивність процесу контролю.

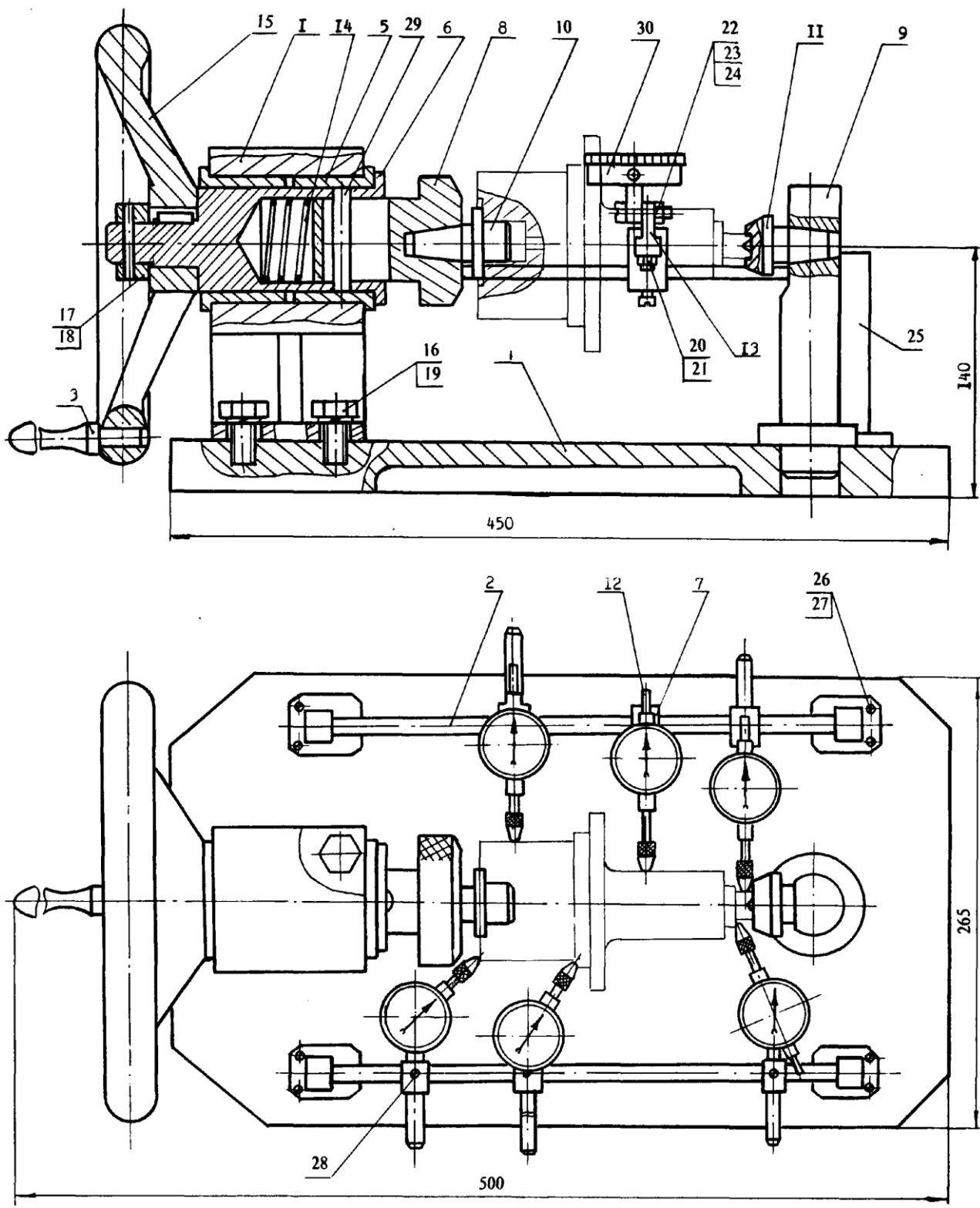


Рисунок 7 – Пристрій для контролю радіального та торцевого биття

Пристрій для контролю торцевого биття.

При жорстких вимогах до торцевого биття ступінчаті вали контролюють у пристрої (рис. 8). На корпусі 4 з допомогою штифтів 22 та гвинтів 23 на підставці 21 закріплений стояк 20, що має паз у вигляді призми, у яку вкладається контрольований ступінчатий валик. Зверху на стояку з допомогою штифтів 15 та гвинтів 14 встановлений кронштейн 18, до якого гвинтами 17 прикріплені напрямні нерухомі лиштви 16. Останні контактують і дають напрямок нерухомій лишті 19, яка при висуненні із кронштейна 18 з допомогою гвинта 1 утримує валик від випадання і притискає його до призми. Осьове положення валика фіксується упором (на рис. не показаний) або спеціальним уступом на рухомій лишті. На корпусі 4 з допомогою штифтів 5 та гвинтів 3 нерухомо змонтований стояк 2. У прорізі стояка встановлений важільний механізм, до якого входять: важіль 6, встановлений на осі 7 і контактує із контрольованим торцем валика, обмежувач ходу важеля - упор 13 та пружина 12, яка створює вимірювальне зусилля, яке регулюється гвинтом 11.

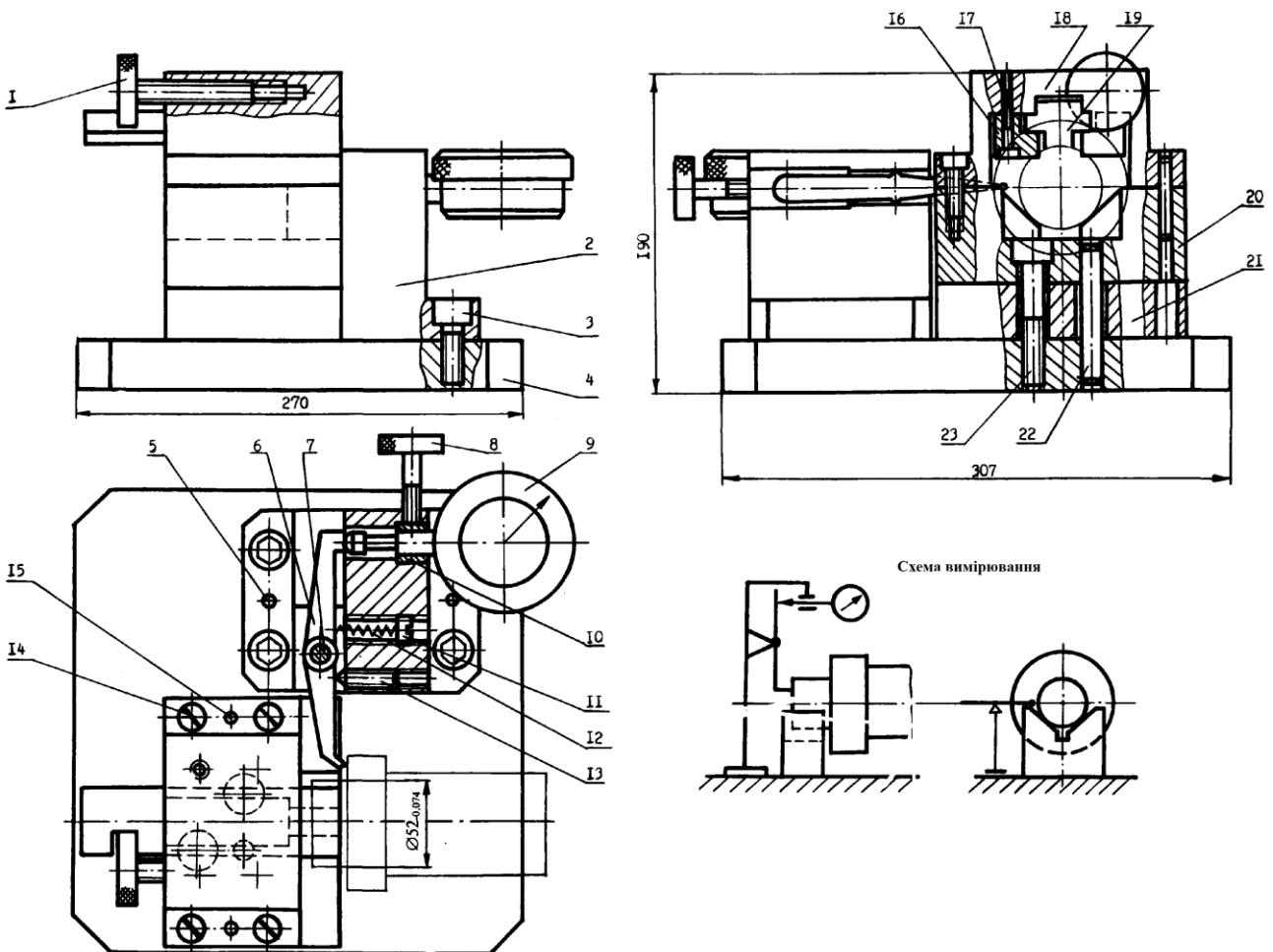


Рисунок 8 – Пристрій для контролю торцевого биття

Пристрій для контролю радіального биття.

У випадку жорстких вимог (наприклад, не більше 0,04 мм) до радіального биття крайніх ступенів (Б і В) валика щодо середньої базової (Г), можна скористатися пристроєм зображеним на рис.9 а та рис. 9 б.

Для проведення контролю валик базують середньою шийкою Г у призмі 12, в якій робочими поверхнями служать твердосплавні пластини, що значно підвищує зносостійкість призм, а отже, і точність базування валиків. Призма 12, а також передній кронштейн 22 з упором 2, дві стійки 11 з ІГ 19, стійка 15 і задній кронштейн 10 закріплені на плиті 18 штифтами та гвинтами 20 і 21. Валик до призми притискається пружиною 14, яка охоплює ролик 13 і контрольовану деталь. Ролик змонтований на стояку 15 і закріплений гайкою 17 може обертатися на осі 16. При обертанні маховичка 8 приводиться в обертання контрольований валик. Крім того, вісь 4 пружиною 5 постійно притискає валик до упора 2.

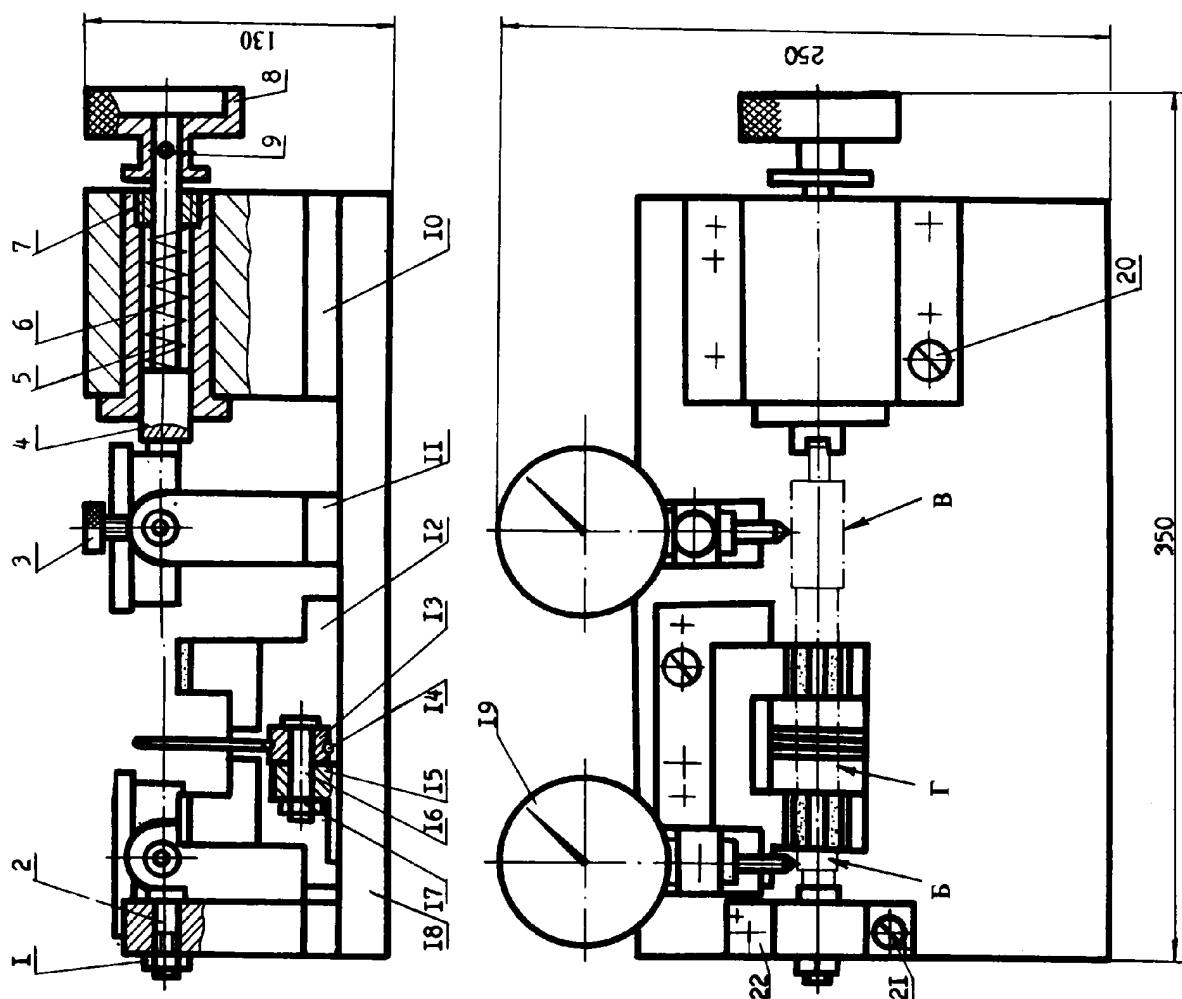


Рисунок 9 а – Пристрій для контролю радіального биття

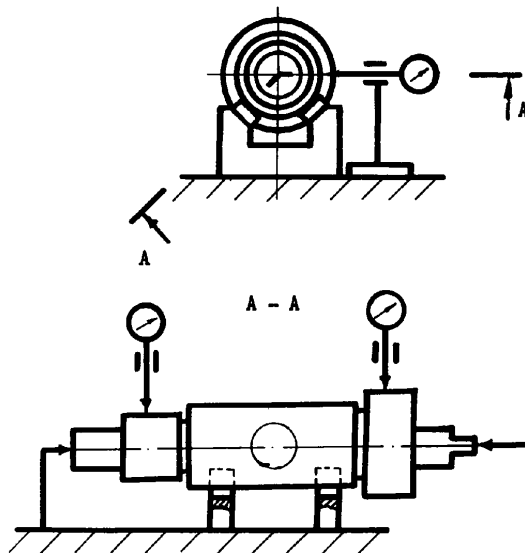


Рисунок 9 б – Пристрій для контролю радіального биття
(схема вимірювання)

За одну установку на пристосуванні можна виміряти вал у двох перерізах одночасно двома ІГ 19, які закріплені на стояках 11 за допомогою гвинтів 3. Радіальне биття крайніх ступенів валика щодо середньої - базової визначається по різниці показань ІГ 19 при одному - двох обертах валика.

Пристрій для перевірки радіального биття отворів у гільзах.

Гільзи застосовуються у багатьох механізмах і машинах. Вони мають діаметр отвору від 75 мм до 150 мм із співвідношенням довжини до діаметра 1,5 - 3. Отвори в гільзах обробляють з допуском по 7 - 8 і рідше по 6 квалітетами точності. Запресовування гільз у корпус проводить по пояскам, які обробляють з допуском по 6 - 7 квалітетами точності. Радіальне биття отвору відносно поясків не більше 0,03 - 0,08 мм. Це технічна вимога забезпечує правильне положення гільзи у корпусі.

Контрольний пристрій для перевірки радіального биття отвору у гільзах відносно поясків зображено на рис. 10. У пристрої гільза своїми поясками базується на ролики 1, які обертаються на осях 4 і змонтовані у корпусі 5 на плиті 6. Для усунення осьового переміщення гільзи при її обертанні, вона притискається до упора 7.

Радіальне биття отвору відносно пояска визначається по різниці показань ІГ 2 при одному - двох оборотах гільзи. ІГ закріплена на штативі 3 з магнітною підставою, яка встановлюється на плиті на спеціальному майданчику 8. Після перевірки биття у одного торця

гільзи штатив переставляють на інший майданчик 9 і перевіряють радіальне биття отвору щодо пояса біля іншого торця.

Деяка громіздкість гільз може спричинити збій первинної настройки ПГ 2. Це треба враховувати при визначенні періодичності первинної настройки ПГ.

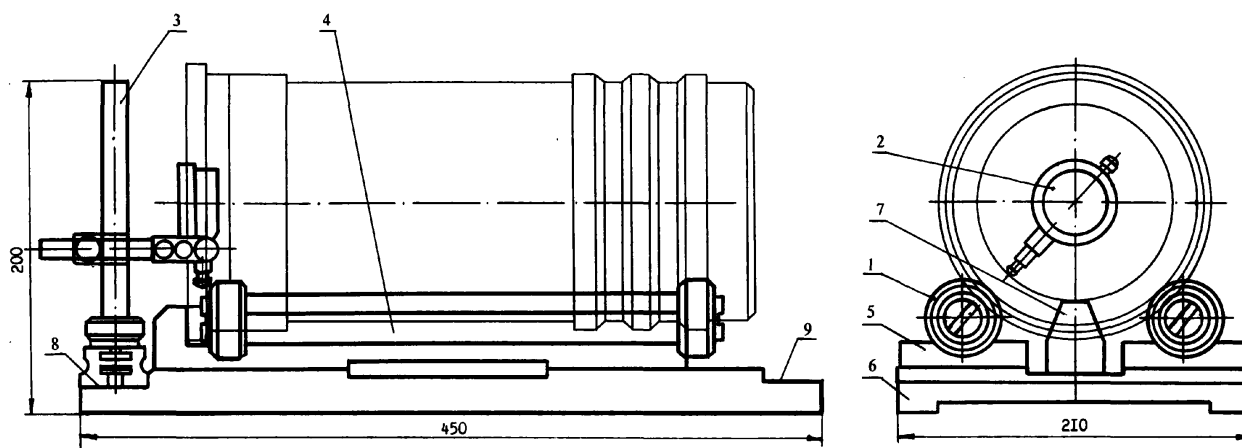


Рисунок 10 – Пристрій для перевірки радіального биття отворів у гільзах

3. КОНТРОЛЬНО - ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ ДЛЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

Залежно від конструктивного виконання та складності, до корпусних деталей ставляться технічні вимоги, які характеризують різні параметри геометричної точності:

а) точність геометричної форми плоских базових поверхонь яка регламентується як прямолінійність поверхні у заданому напрямку на певній довжині і як площинність поверхні у межах її габаритів. Для поверхонь розміром до 500 мм відхилення від площинності та паралельності зазвичай знаходяться у межах 0,01 - 0,07 мм, а для корпусів підвищеної точності – 0,002 - 0,005 мм (ГОСТ 24642 - 81);

б) точність відносного повороту плоских базових поверхонь. Граничні відхилення від паралельності або перпендикулярності однієї плоскої поверхні відносно іншої становить $0,015/200 - 0,1/200$, а для деталей підвищеної точності – $0,003/200 - 0,01/200$;

в) точність відстані між паралельними площинами. Для більшості деталей вона знаходиться у межах 0,02 - 0,5 мм, а у корпусних деталях підвищеної точності – 0,005 - 0,01 мм;

г) точність діаметральних розмірів та геометричної форми отворів. Діаметральні розміри головних отворів, що виконують в основному роль баз під підшипники, відповідають 6 - 11 квалітетами. Відхилення геометричної форми отворів від круглості в поперечному перерізі та конусоподібність або зігнутість в поздовжньому – виконують в межах $1/5 - 1/2$ допуску на діаметр отвору;

д) точність відносного кутового положення осей отворів. Відхилення від паралельності і перпендикулярності осей головних отворів щодо плоских поверхонь складають $0,01/200 - 0,15/200$, граничні кутові відхилення осі одного отвору щодо осі іншого – $0,005/200 - 0,1/200$;

е) точність відстані від осей головних отворів до базової площини для більшості деталей становить $0,02 - 0,5$ мм. Точність відстаней між осями головних отворів – $0,01 - 0,15$ мм;

ж) параметр шорсткості плоских базових поверхонь $Ra=2,5...0,63$ мкм, параметр шорсткості поверхонь головних отворів $Ra=1,25 ... 0,16$ мкм, а для відповідальних деталей – до $Ra=0,08$ мкм.

Контроль корпусних деталей виконують, як при виконанні найбільш відповідальних операцій технологічного процесу, так і після оброблення.

В умовах одиничного та дрібносерійного виробництва контроль виконують за допомогою універсальних вимірювальних засобів. Точність розмірів, відносних поворотів та геометричної форми плоских поверхонь контролюють за допомогою лінійок, косинців, рівнів, кінцевих мір, вимірювальних головок (ІГ) і різних шаблонів.

Для контролю точності розмірів, відносного положення і геометричної форми отворів додатково застосовують мікрометричні та індикаторні прилади – штихмаси, пасиметри, мікрометри, штангенінструменти – штангенциркулі, штангенглибиноміри, контрольні оправки та граничні калібри – пробки.

У крупносерійному та масовому виробництвах контроль геометричної точності корпусних деталей виконують на спеціальних приладах, які забезпечують автоматичне вимірювання одночасно декількох параметрів точності деталі. Вимірювальна система таких приладів заснована зазвичай на застосуванні пневматичних, індуктивних або електроконтактних давачів.

При виборі вимірювальних засобів необхідно враховувати вимоги до точності контрольованої деталі та допустимі граничні похибки вимірювального приладу.

Гранична похибка вимірювальних засобів, як правило, не повинна перевищувати 0,1 - 0,2 допуску на контрольований параметр і лише в окремих випадках при малому допуску – в межах 0,3 допуску.

Пристрій для контролю відхилення від перпендикулярності осей отворів блоку циліндрів ДВЗ.

За технічними умовами відхилення від перпендикулярності осей циліндрів (деталь – блок циліндрів двигуна внутрішнього згоряння) до осі отворів під підшипники колінчастого вала допускається не більше 0,01 - 0,02 мм на довжині 100 мм. Таку перевірку можна здійснити двома методами:

а) виміром відхилення від перпендикулярності осей циліндрів до осі отворів для підшипників;

б) виміром відхилень від перпендикулярності осей отворів для підшипників до осі кожного циліндра.

На рис. 11 представлено контрольний пристрій для другого методу вимірювань. Корпус 9 пристрою закріплюють на стояку 3 із двома рознесеними призмами та встановлюють на оправку 1. Останню вводять у дві конусні втулки 2 та 4, які встановлюють в крайні отвори для підшипників. Пристрій на оправці може вільно повертатися. Поворот обмежується штифтом 11, що забезпечує певне його положення у блоці.

Пристрій в осьовому напрямку переміщається на оправці до зіткнення упору 6 із стінкою циліндра. У цій площині розташований рухомий вимірювальний стрижень 5, пов'язаний через важіль і стрижень 10 з вимірювальним стрижнем ІГ 8. Вимірювальний стрижень 5 розташований на відстані А від упора 6. На цій довжині визначають відхилення від перпендикулярності твірної циліндра до осі отвору під підшипники.

Для вимірювання відхилення від перпендикулярності при зіткненні упору 6 і вимірювального стрижня 5 з твірною ВС циліндра відзначають покази ІГ 8. Так як стрілка ІГ 8 по установу не налаштовується, фіксують її положення на будь-якому діленні.

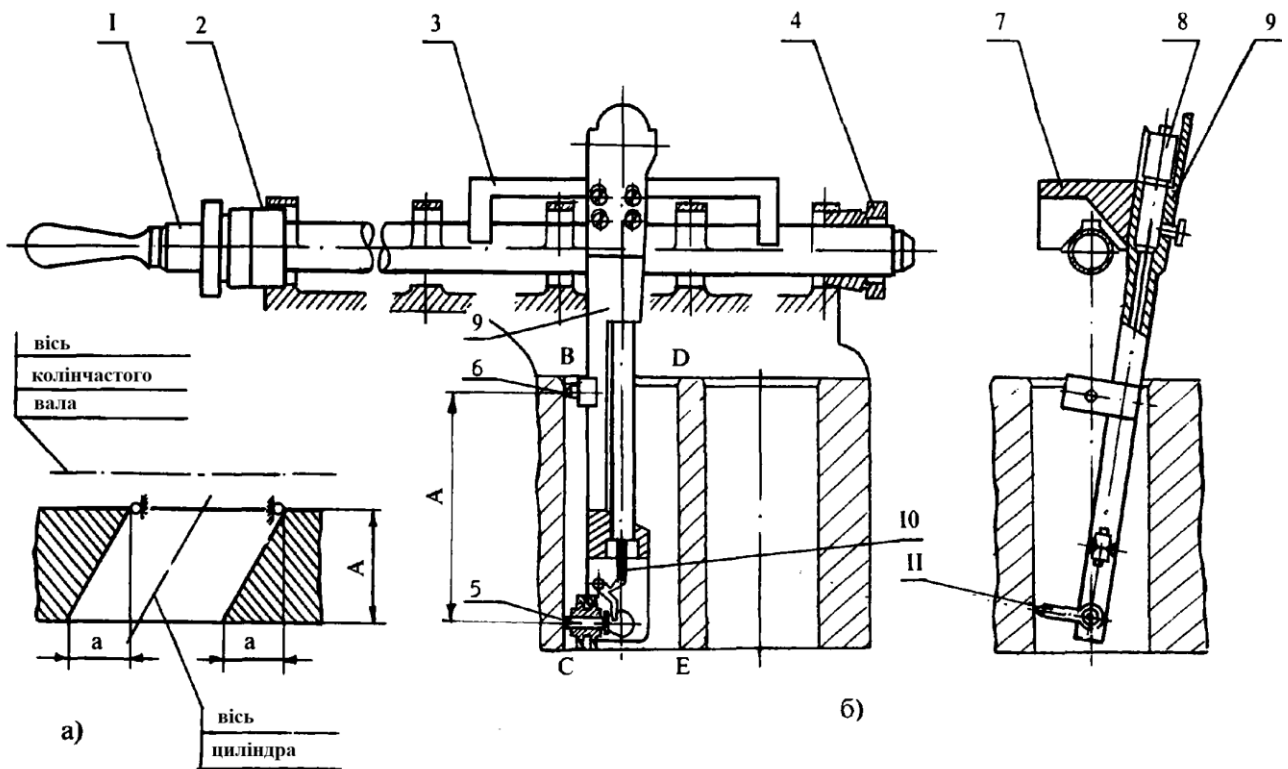


Рисунок 11 – Пристрій для контролю відхилення перпендикулярності осей отворів блоку циліндрів ДВЗ

Потім пристрій повернувши на кут 180° вдруге встановлюють у циліндр до зіткнення упора і вимірювального стрижня з протилежною твірною ЕЕ циліндра та знову відзначають покази ІГ 8. Якщо твірні циліндра мають відхилення від перпендикулярності (наприклад, на величину "а") до осі отвору для підшипників під колінчатий вал, то вимірювальний стрижень переміститься на цю ж величину. При першому встановленні пристрою і переміщенні стрижня 5 до зіткнення з твірною циліндра фіксують перші покази "а" ІГ 8, потім при другому встановленні пристрою і зіткненні вимірювального стрижня з протилежною твірною циліндра фіксують другі покази "а" ІГ 8. Після цього визначають різницю показань ІГ 8, яка буде дорівнювати подвоєній величині відхилення від перпендикулярності осі циліндра Δ_{\perp} до осі отворів для підшипників, тобто

$$\Delta_{\perp} = a - (-a) = 2a.$$

При оцінюванні дійсного відхилення від перпендикулярності осі циліндрів до осі отворів для підшипників під колінчастий вал необхідно покази ІГ 8 поділити навпіл.

При цьому методі вимірювання похибки форми циліндрів не мають впливу на результати показників пристрою. На результати показників пристрою також не впливає конусність циліндра.

Пристрій для контролю відхилення від паралельності осі отвору до площини.

Для контролю відхилення від паралельності осі отворів підшипники черв'яка до площини роз'єму корпусу черв'ячного редуктора можна використовувати контрольний пристрій (рис. 12 а та рис.12 б). Він складається (рис. 12 а) із основи 1, на якій за допомогою гвинтів 4 та штифтів 5 змонтовані два стояки 2 із планками 3. На планках розташовані та закріплені гвинтами 6 кронштейни 7, у яких встановлені ІГ 8. В отвір контрольованого корпусу вставляється оправка 9. Орієнтація корпусу у пристосуванні здійснюється за допомогою упорів 10, 11, 12, які виконані знімними з метою переналагодження для контролю інших корпусів. Налаштовані по еталонній деталі або мірним плиткам ІГ покажуть відхилення від паралельності осі отвору відносно торцевої площині корпусу на довжині L.

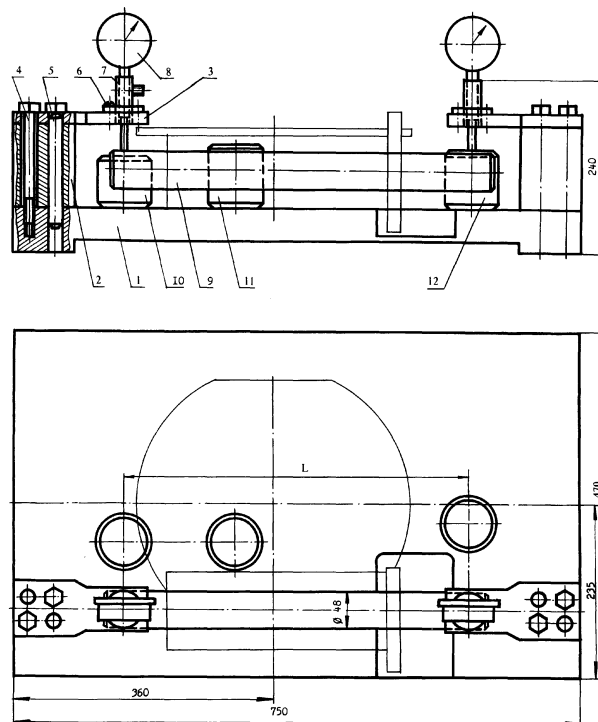


Рисунок 12 а – Пристрій для контролю відхилення від паралельності осі отворів до площини

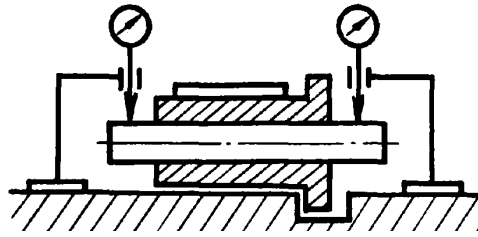


Рисунок 12 б – Пристрій для контролю відхилення від паралельності осі отворів до площини (схема вимірювання)

Контрольний пристрій для вимірювання відстані між отворами з осями, які перетинаються.

Контроль точних отворів з осями, які перетинаються, в корпусних деталях складних конструкцій (блоки циліндрів, корпуса черв'ячних редукторів, тощо), має певні труднощі.

Відстань L між осями отворів, які перетинаються, перевіряють контрольним пристроєм (рис. 13), який встановлюють в отвір Б корпуса. Вимірювальний стрижень ІГ 1, змонтований в оправці 2 і контактує із торцем стрижня 3, що переміщується важелем 4, а друге плече важеля контактує з оправкою 5, яка встановлена в отвір В корпуса.

Для вимірювання відстані L стрілку ІГ попередньо встановлюють на нуль калібром 6. На нижньому торці оправки 2 пристрою знаходиться площадка, розташована вздовж плеча важеля 4. На цю площадку встановлюють калібр. Площадку розташовують таким чином, щоб настройка стрілки ІГ на нуль по калібру відповідала б номінальному віддалі L .

Оправку 2 в отвір встановлюють за двома виступами "а" і "б", виконаними як одне ціле із нею, а довжину виступів зроблено по довжині отвору Б. Виступи оправки щільно притискаються до твірних отворів Б двома кульками 7, які відтискаються пружинками 8. При такій конструкції усувається вплив зазору між оправкою та отвором Б корпуса на вимірювання відстані L .

При встановленні необхідно, щоб вісь Г-Г оправки розташовувалася паралельно осі оправки 5, встановленої в отворах В корпуса. Для цього оправку 2 пристрою необхідно правильно встановити на торці Т корпусу.

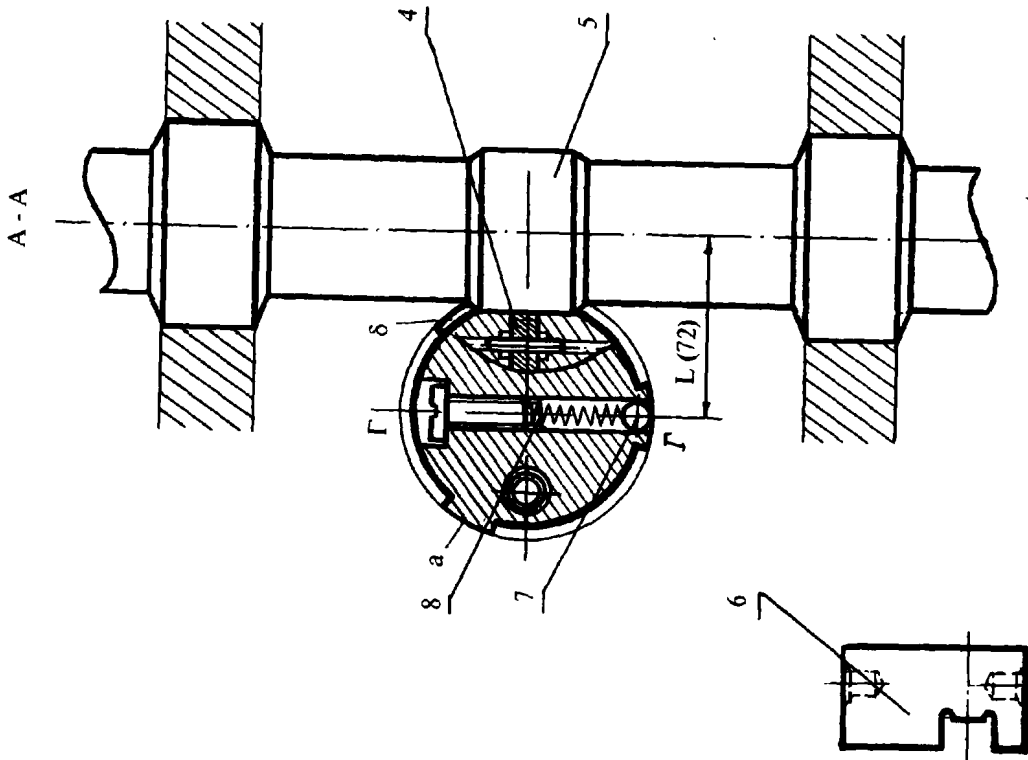
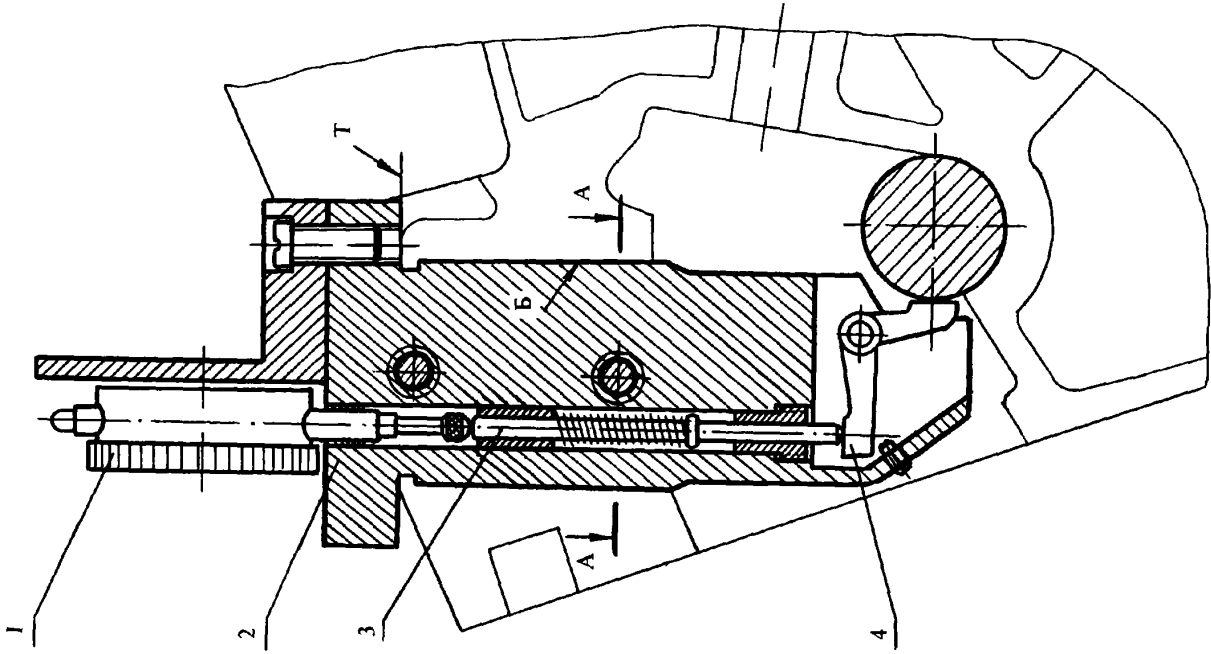


Рисунок 13 – Контрольний пристрій для виміру відстані між отворами з осями, які перетинаються

Пристрій для контролю відхилення від перпендикулярності площин.

На рис. 14 зображено пристрій для контролю відхилення від перпендикулярності торця до площини підставки. Пристрій складається із коромисла 3, постійних опор 4, підставки 5 з опорами 6 та стояка 1 із вимірною голівкою ІГ 2.

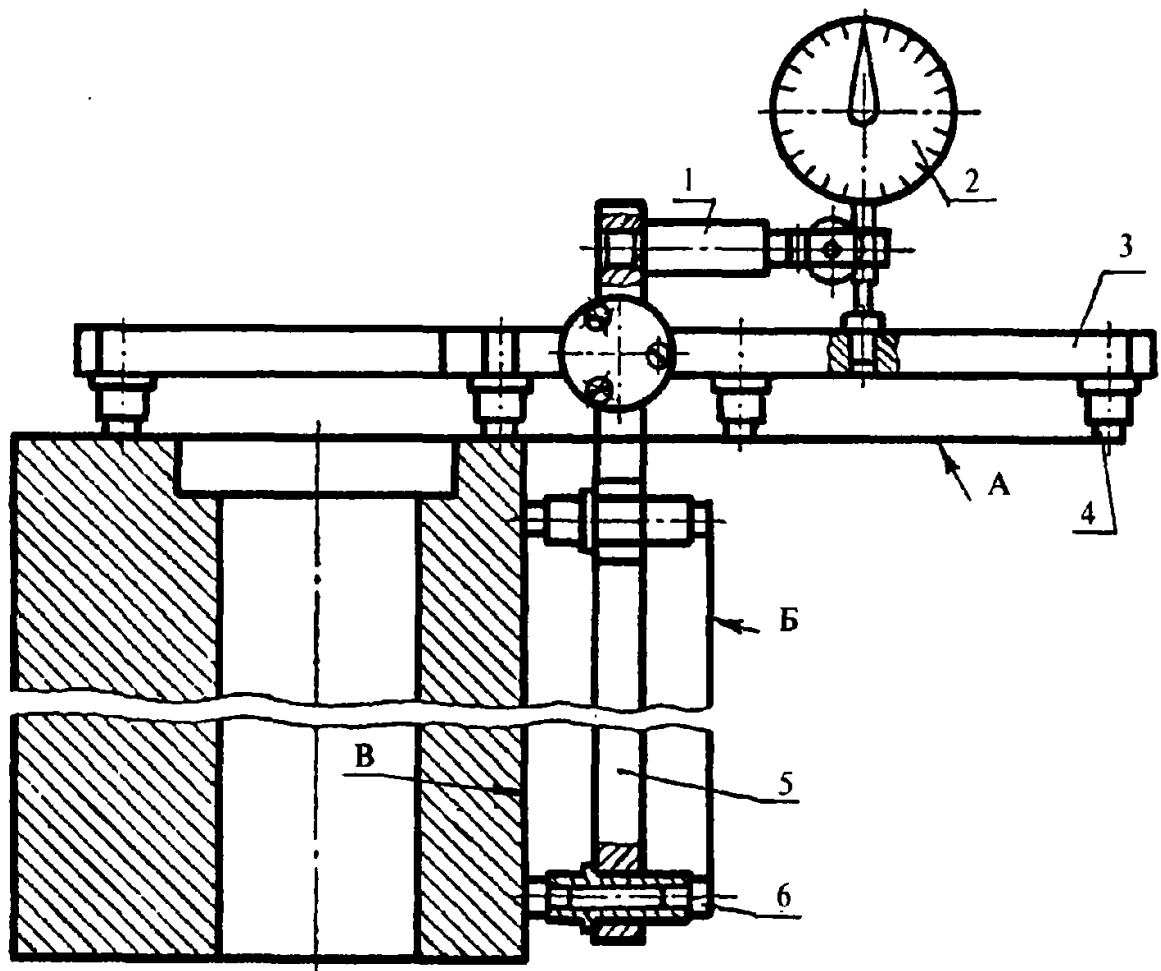


Рисунок 14 – Пристрій для контролю відхилення від перпендикулярності площин

Для визначення величини відхилення від перпендикулярності пристрій встановлюють на площину деталі, яку перевіряють, поверхнею В до зіткнення торця деталі із поверхнею А. Шкалу ІГ встановлюють на нуль, після чого пристрій перевстановлюють на площину контрольованої деталі поверхнею Б.

Відхилення від перпендикулярності торця відносно поверхні дорівнює половині величини різниці показів ІГ 2.

4 СПЕЦІАЛЬНІ КОНТРОЛЬНО - ВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ

Пристрій для контролю відхилень від співвісності при двосторонньому розточуванні отворів.

На рис. 15 зображено пристрій для контролю відхилень від співвісності при двосторонньому розточуванні отворів у корпусних деталях, наприклад, на агрегатному розточувальному верстаті. Стояк 1 із деталлю повертають навколо вертикальної осі OO у призмі 2.

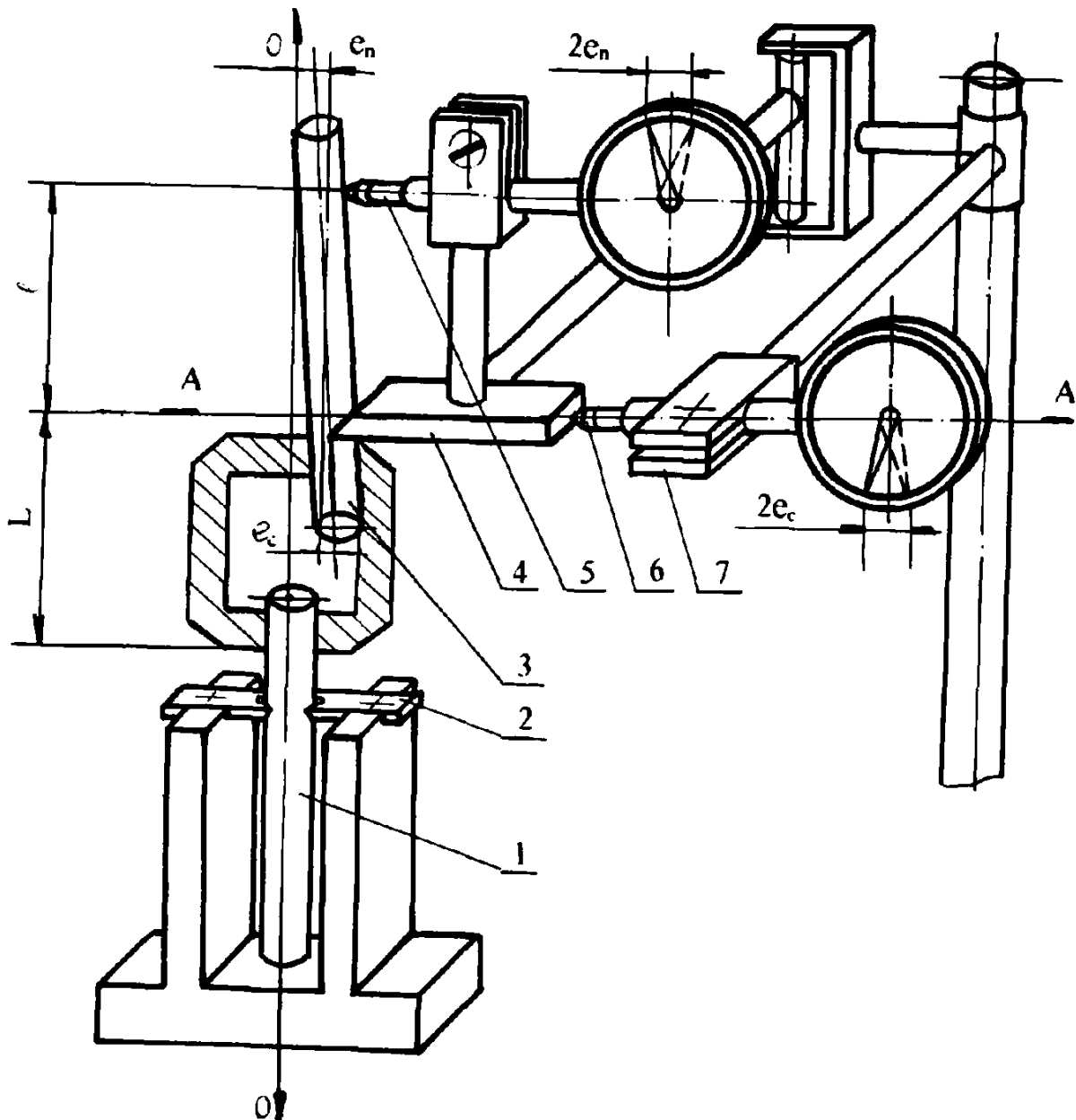


Рисунок 15 – Пристрій для контролю відхилення від співвісності при двосторонньому розточуванні отворів

До верхнього кінця стояка 3 підводять опорну ніжку рухомої у горизонтальній площині лиштви 4 та вимірювальний наконечник закріпленої на ній ПГ 5. Ніжка та ПГ розташовані на відстані l один від одного вздовж осі пробки 3. До протилежного торця лиштви 4 підводять ПГ 6, яка закріплена у нерухомому універсальному стояку 7. При повороті деталі навколо осі ОО подвоєне зміщення « e_c » осі пробки 3 у площині А-А опори лиштви 4 (на довжині L) фіксується ПГ 6. Якщо пробки тільки не співвісні, а перекіс відсутній, то стрілка ПГ 5, не відхиляється, так як остання перемішається разом з опорою лиштви 4.

При перекосі En осі пробки 3 щодо осі ОО його подвоєна величина (на довжині l) фіксується ПГ 5. Кут α перекоосу осей визначається за формулою

$$tg \alpha = En/l.$$

За результатами вимірювання цієї деталі, наприклад, коригується установка розточувальних головок на агрегатному розточувальному верстаті.

Пристрій для контролю відхилень від паралельності.

На рис. 16 зображено пристрій для контролю відхилень від паралельності (ЕРА_x) і перекоосу (ЕРА_y) осей шатуна.

Пристрій складається із плити 1, на якій встановлені накладка 2 і стояк 3, нерухомо закріплені на плиті гвинтами та шпильками. Контрольований шатун кривошипною головкою встановлюється на оправку 6 виготовлену у вигляді конуса і затискається гайкою 4 за допомогою ручки 5. Гайка 4 обмежена в осьовому переміщенні гайками 7 та 8. Оправка 6 розташована у втулці 9 і фіксується у робочому положенні фіксатором 11, який встановлений у спеціальному корпусі 12 та підпружинений пружиною 10, яка виштовхує фіксатор при розфіксації оправки. При русі конуса оправки 6 вліво (на затиск контрольованої деталі) пелюстки 14, підтримувані від випадання пружинами 13, радіально розходяться і закріплюють шатун.

При контролі в отвір поршневої головки шатуна вставляють палець 16, який опирається на ніж 15 даного пристрою. ПГ 17 і 18 покажуть відхилення від паралельності, а ПГ 19 – перекіс.

Пристрій налаштовують за допомогою еталона.

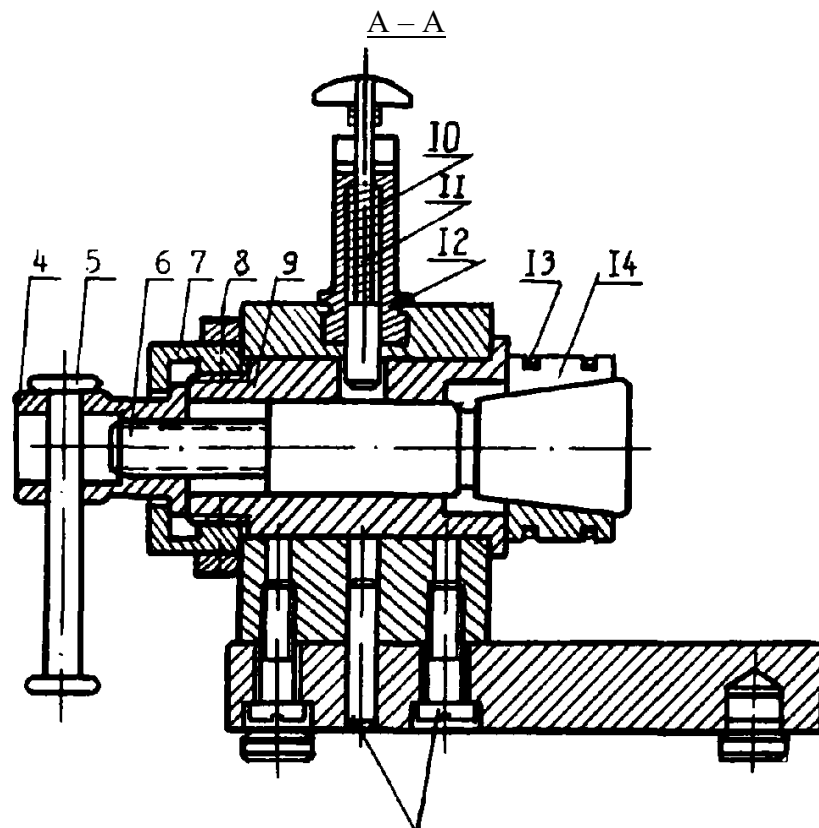
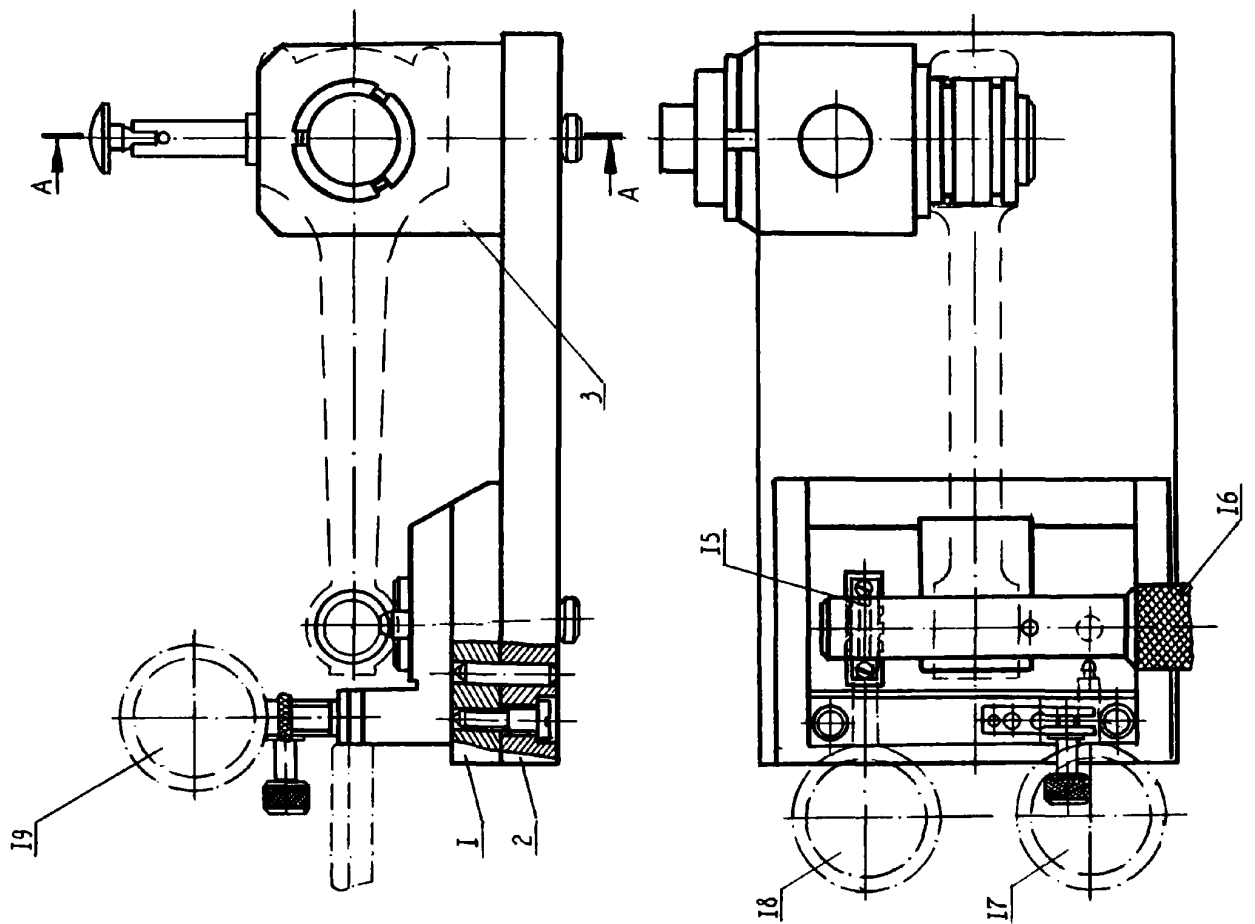


Рисунок 16 – Пристрій для контролю відхилення від паралельності

5. РОЗРАХУНОК ТОЧНОСТІ КОНТРОЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

При розробленні розрахункових схем встановлення деталей у контрольних пристроях в якості установочних баз використовують різні комбінації елементарних поверхонь: площина – зовнішня циліндрична поверхня, площина – отвір та ін.

Деталі (вузли), які контролюють мають дві вимірні бази, між якими на їх кресленнях проставлений розмір, що перевіряють.

При виборі схем контрольного пристрою слід суміщати установочну й одну з вимірювальних баз деталі, надаючи їм строго фіксованого положення. Друга вимірювальна база повинна контактувати з вимірним елементом пристрою у встановленому місці. При невиконанні цих умов виникають похибки базування ε_δ і положення вимірювального елемента ε_{ne} , які знижують точність вимірювання параметрів деталі і принципово не бажані.

На рис. 17 а приведена схема контрольного пристрою для перевірки діаметра деталі 1, встановленої на призму 2.

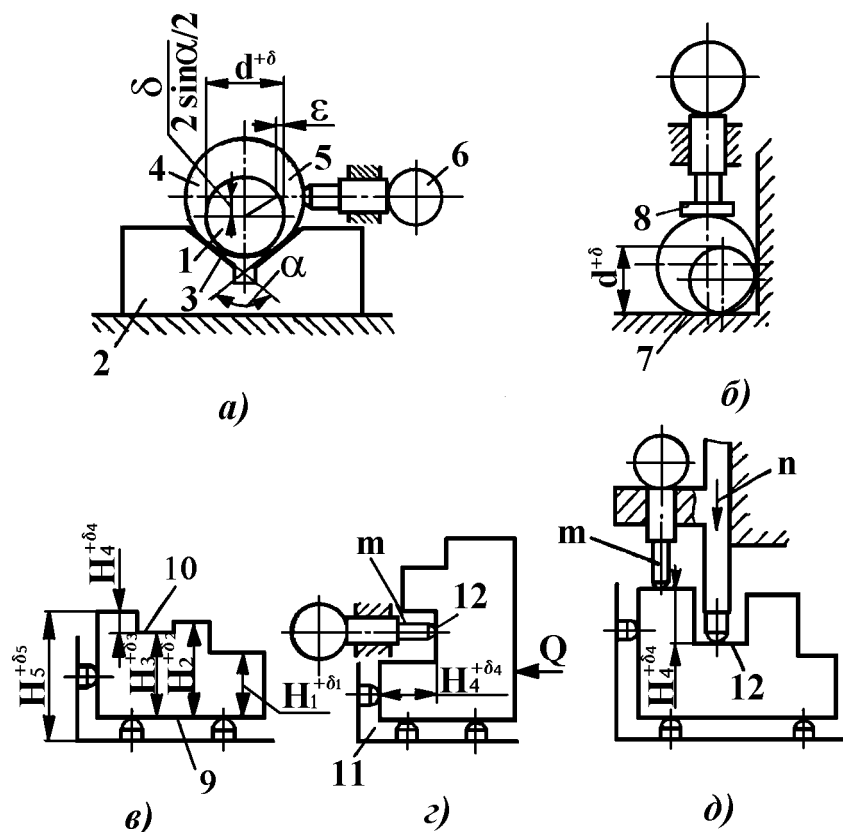


Рисунок 17 – Схеми для аналізу похибок базування у контрольних пристроях

Установочна база (твірна 3) не суміщена з вимірювальною базою (твірна 4). Внаслідок цього виникає похибка базування, чисельно рівна половині допуску на діаметр деталі $\delta/2$.

Друга вимірювальна база (твірна 5) займає при перевірці партії деталей різне розташування за висотою відносно вимірного елемента б, спричиняючи похибку

$$\varepsilon'' = d - \sqrt{d^2 - \delta^2 / \sin^2(\alpha/2)} / 2, \quad (1)$$

де d – найменший діаметр деталі;

α – кут призми.

При контролюванні партії деталей границі вимірювання дорівнюють не допуску на діаметр, а такій величині

$$C = \delta - \varepsilon_\delta + \varepsilon_m = \varepsilon_m + \delta/2. \quad (2)$$

На рис. 17 б показана друга схема контрольного пристрою, при використанні якої ε_δ і ε_i рівні нулю. Це досягається суміщенням установочної і вимірювальної баз (твірна 7) та використанням наконечника 8 вимірювального елемента тарілчатої форми.

Для підвищення продуктивності контролю використовують багатомірні контрольні пристрої, які дозволяють одночасно перевіряти декілька розмірів за одне встановлення деталі. Використання таких пристроїв можливе, якщо одна і та ж поверхня деталі є установочною і вимірювальною базою для всіх розмірів, які перевіряють. Ці умови часто забезпечують перерахунком розмірів і допусків деталі. На рис. 17 в приведена схема пристрою для одночасної перевірки розмірів H_1, H_2, H_3 . Поверхня 9 є установочною і спільною для цих розмірів вимірювальною базою. Для перевірки розміру H_4 поверхня 9 служить установочною базою, а поверхня 10 – вимірювальною. Для усунення похибки базування можна запропонувати такі варіанти вирішення:

1. Замість розміру H_4 здійснюють перевірку розміру H_5 . Приймаючи H_4 за замикаючу ланку розмірного ланцюга, отримаємо $\delta_4 = \delta_3 + \delta_5$, звідки $\delta_5 = \delta_4 - \delta_3$. При $\delta_3 > \delta_4$ і неможливості зменшити δ_3 розмір δ_5 перевіряють в іншому пристрої.

2. За вимірювальну і установочну бази приймають поверхню 11 (рис. 17 з), а вимірний елемент m підводять до поверхні 12. Деталь притискають до бокової опори силою Q .

3. Використовують перший пристрій, в якому попередньо налагоджений вимірний елемент m підводиться повзуном n до поверхні 12 (рис. 17 д).

Для використання багатомірних контрольних пристроїв необхідне проставлення розмірів, які перевіряють, від однієї вимірювальної бази і можливість суміщення цієї бази з вигідною для контролю установочною базою деталі. В окремих випадках необхідно перераховувати допуски на контролюючі розміри з врахуванням специфіки багатомірного контролю.

При проектуванні будь-якого контрольного пристрою необхідно ретельно оцінити всі переваги і недоліки можливих в даному випадку методів базування з врахуванням реальних розмірів деталі і базуючих елементів пристрою. Аналіз базуючих елементів повинен завершуватися підрахунком спричиненої ним відносної похибки мірювання.

Похибки закріплення у контрольному пристрої.

Робота затискного механізму контрольного пристрою суттєво відрізняється від роботи аналогічного механізму у верстатних пристосуваннях. Необхідність в затискних механізмах відпадає, якщо деталь під дією вимірювальної сили займає досить стійке розташування на опорах. Для визначення похибки закріплення можна використовувати розрахункові залежності, отримані експериментальним шляхом. При цьому визначають граничні значення зміщення деталі під дією навантаження. Але розрахунковий метод визначення величини зміщення деталі під дією сил закріплення досить працемісткий. З метою спрощення розрахунків для типових схем встановлення деталей значення ε_3 залежно від виду опор, габаритів деталі, стану базової поверхні і типу затискного механізму у контрольних пристроях вибирають з таблиць довідників, (табл.1)

Похибки розташування деталі у контрольному пристрої.

Неточність виготовлення пристрою залежать від похибок виготовлення його деталей, похибок складання та регулювання, а також від зношування його елементів у процесі експлуатації.

При визначенні похибки ε_{np} необхідно врахувати похибки взаємного розміщення елементів для встановлення деталі та елементів для установки вимірних приладів (індикаторів, мініметрів та ін.).

Визначення похибки розташування деталі, яку контролюють, внаслідок неточності виготовлення елементів контрольного пристрою.

При визначенні похибки виготовлення елементів пристрою потрібно окремо врахувати похибки виготовлення базових поверхонь пристрою для встановлення деталі ε_{np1} і похибки взаємного розміщення цих базових елементів відносно елементів для установки вимірних приладів (індикаторів, мініметрів та ін.) ε_{np2} . Розглянемо на прикладі (рис. 18) визначення похибки ε_{np2} . В корпусі контрольного пристрою для вимірювання биття торця на віддалі R від осі центрів (О-О) вісь отвору (О₁-О₁) для встановлення індикатора була виконана з відхиленням від паралельності до осі О-О на величину $\Delta/100$. На основі розрахункової схеми (рис. 18) можна записати:

$$\varepsilon_{np2} = AC - AB = \sqrt{a^2 + \ell^2} - a, \quad (3)$$

де a – величина переміщення щупа індикатора;

$$\ell = a \cdot \operatorname{tg} \alpha; \quad \alpha = \Delta/100,$$

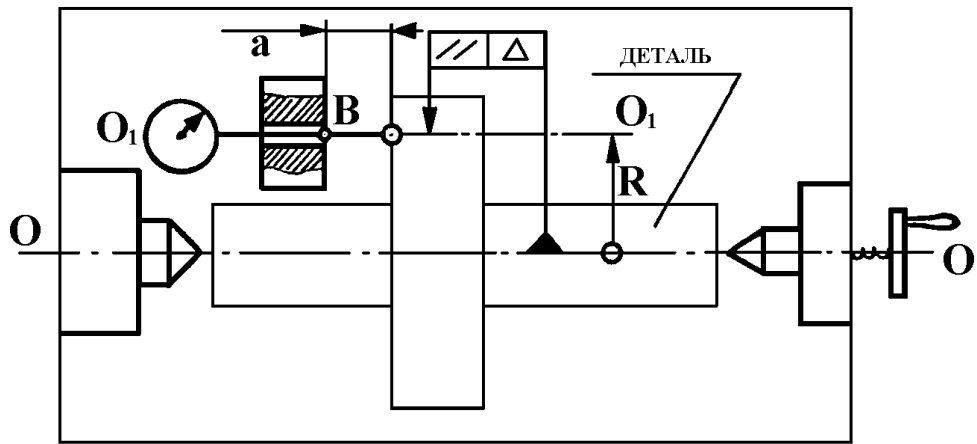
Δ – допустима похибка виготовлення.

Після перетворень виразу (3) отримаємо

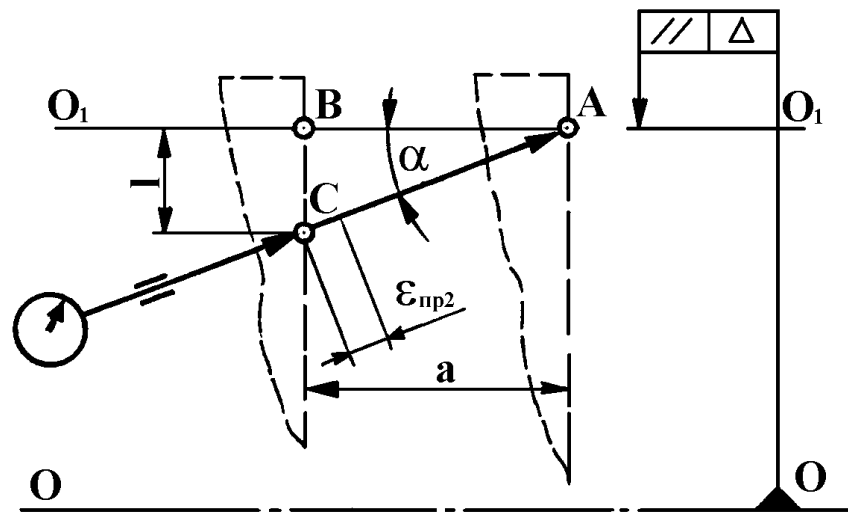
$$\varepsilon_{np2} = a \left(\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha + 1} - 1 \right). \quad (4)$$

Загальну похибку виготовлення пристрою визначають як

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{np1}^2 + \varepsilon_{np2}^2}. \quad (5)$$



a)



б)

Рисунок 18 – Розрахункова схема контрольного пристрою:
a - схема контролю; *б* – схема для визначення похибки $\epsilon_{пр2}$

6. ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБОК КОНТРОЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ

Загальна похибка контрольного пристрою залежить від похибки розташування деталі в пристрої ϵ , похибки передатних механізмів Δ_p , похибки виготовлення еталонної деталі Δ_e , (табл.3), яка служить для налагодження пристрою і похибки показів вимірного приладу Δ_n .

На стадії проектування контрольного пристрою доцільно загальну похибку його визначити, прийнявши первинні похибки як колінеарні вектори.

Тоді загальна похибка буде визначатися як

$$\Delta_{мет} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_n. \quad (6)$$

Дійсне значення похибки контрольного пристрою визначається в процесі його атестації і може бути зменшене до певної границі при налагодженні, регулюванні та тестуванні.

Розрахунок точності контрольного пристрою або визначення похибки вимірювання зводиться до розрахунку чи вибору за таблицями первинних складових загальної похибки $\Delta_{мет}$ (див. залежність (6)) та співставлення отриманого значення з допустимим $\Delta_{дон}$. Величину $\Delta_{дон}$ визначають так

$$\Delta_{дон} = (0,2...0,35)\delta_{дет}.$$

При цьому повинна задовільнятися умова $\Delta_{дон} \geq \Delta_{мет}$ або

$$(0,2...0,35)\delta_{дет} \geq \varepsilon + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_n. \quad (7)$$

Послідовність визначення складових $\Delta_{мет}$:

а) Визначають похибку розташування у пристрої ε деталі, яку контролюють:

1. Визначають величину похибки базування ε_δ для прийнятої схеми встановлення.

2. Визначають величину похибки закріплення ε_3 (табл. 1).

3. Визначають величину похибки виготовлення та зношування пристрою ε_{np} . При цьому окремо визначають похибку виготовлення базуючих елементів (табл. 2) для встановлення деталі у пристрої ε_{np1} і похибку у взаємному розміщенні елементів для встановлення (табл.3) деталі відносно елементів встановлення вимірних приладів ε_{np2} .

Загальна похибка ε_{np} визначається як:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{np1}^2 + \varepsilon_{np2}^2}. \quad (8)$$

4. Визначають загальне значення похибки розташування деталі, яку контролюють, в пристрої за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}. \quad (9)$$

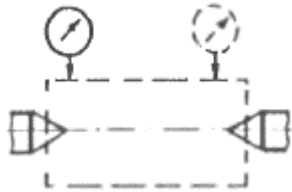
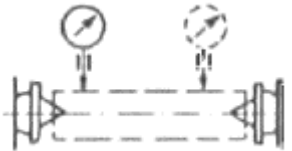
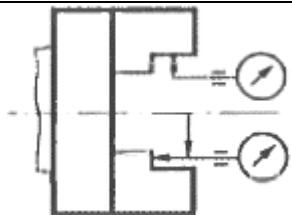
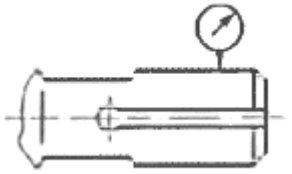
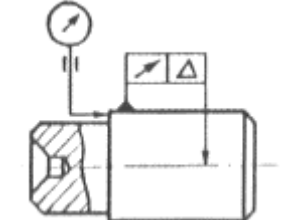
Таблиця 1 – Величина похибки закріплення для типових схем встановлення деталей у контрольних пристроях, мм

Вид опор (або установки)	Вид затискного механізму	Стан базової поверхні	Похибка закріплення ε , при поперечних розмірах деталі в мм					
			6- 10	10- 18	18- 30	30- 50	50- 80	80- 120
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Встановлення на сферичні опори	Ручний (гвинтовий, ексцентриковий)	попередньо оброблена	0,017	0,02	0,022	0,024	0,027	0,03
		чисто оброблена	0,01	0,014	0,017	0,02	0,022	0,025
		шліфована	0,006	0,009	0,011	0,014	0,017	0,02
	Механізований	попередньо оброблена	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022
		чисто оброблена	0,008	0,01	0,012	0,015	0,018	0,02
Встановлення на гладкі опори або пластини	Ручний	попередньо оброблена	0,01	0,011	0,014	0,016	0,018	0,02
		чисто оброблена	0,007	0,008	0,011	0,012	0,015	0,018
		шліфована	0,004	0,006	0,008	0,009	0,012	0,015

Закінчення таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Встановлення у 3-х кулачков. патроні		попередньо оброблена	0,011	0,014	0,016	0,018	0,02	0,022
		чисто оброблена	0,005	0,007	0,008	0,009	0,01	0,011
Встановлення у цанзі		попередньо оброблена	0,009	0,01	0,013	0,015	0,018	---
		чисто оброблена	0,004	0,005	0,007	0,008	0,009	---
Встановлення у пневмопатроні		попередньо оброблена	0,008	0,01	0,013	0,016	0,018	0,02
		чисто оброблена	0,004	0,005	0,007	0,008	0,01	0,012
Встановлення на гідро-пластмасові розтискні опоравки		чисто оброблена	0,005...0,01					
Встановлення в мембранні патрони			0,003...0,005					
Встановлення на гофровані втулки		чисто оброблена	0,003...0,005					

Таблиця 2 – Точність виготовлення установочних елементів пристроїв ($\varepsilon_{пр}$)

Вид установочної поверхні	Схеми вимірювання	Параметр точності контролю	Допустиме відхилення	
			для нового пристрою	максимально допустиме в умовах експлуатації
Центри жорсткості		Відхилення від співвісності	$\frac{0,003...0,005}{150}$	$\frac{0,008}{150}$
Центри, які обертаються		Відхилення від співвісності	$\frac{0,005...0,008}{150}$	$\frac{0,01}{150}$
Мембранні патрони		Радіальне биття Торцеве биття	$\frac{0,005...0,01}{1}$ $\frac{0,01...0,015}{R}$	0,015 0,025
Цангові патрони		Радіальне биття	$\frac{0,010...0,015}{1}$	0,02
Оправки		Радіальне биття установ. поверхні відносно осі центрів Торцеве биття відносно осі центрів	$\frac{0,003...0,007}{1}$ $\frac{0,005...0,008}{R}$	$\frac{0,010...0,015}{1}$ $\frac{0,010...0,020}{R}$

б) Визначають похибку Δ_p передатних механізмів пристроїв:

1. Визначають похибку від неточності виготовлення плечей важелів Δ_{p1} (для важелів простої або складної форми).

2. Визначають похибку від люзу між отвором і вісю важеля Δ_{p2} .

3. Визначають похибку, спричинену непропорційністю між лінійними переміщеннями вимірною стержня і кутовими переміщеннями важеля Δ_{p3} .

4. Визначають похибку від зміщення точки контакту сферичного наконечника при повертанні плоского важеля Δ_{p4} .

5. Визначають похибку прямої передачі Δ_{p5} .

6. Визначають загальну похибку передатних механізмів за формулою:

$$\Delta_p = \sqrt{\Delta_{p1}^2 + \Delta_{p2}^2 + \Delta_{p3}^2 + \Delta_{p4}^2 + \Delta_{p5}^2} \quad (10)$$

При визначенні складових $\Delta_{p1} \dots \Delta_{p5}$ використовують розрахункові залежності для типових схем передатних систем [3,6,9].

в) Визначення похибки виготовлення еталонної деталі Δ_e . Величину похибки виготовлення еталонної деталі Δ_e вибирають з табл.3.

г) Визначення власної похибки вимірювального приладу Δ_n . Похибки показів вимірювального приладу визначають за даними довідників [6,12]. Так як загальна похибка контрольного пристрою $\Delta_{мет}$ складає частину допуску (20...30 відсотків) на виготовлення деталі $\delta_{дет}$, то відбраковування деталей у цьому пристрої слід здійснювати не за величиною допуску $\delta_{дет}$, а за величиною

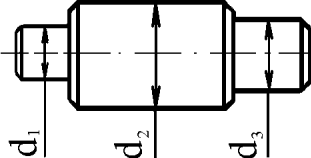
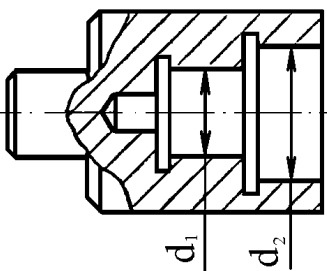
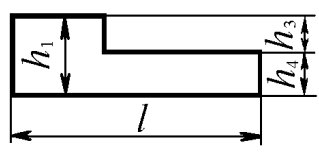
$$\Delta_{контр} = \delta_{дет} - \Delta_{мет} \quad (11)$$

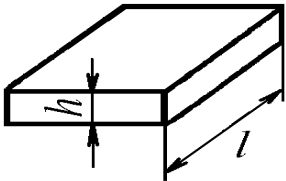
де $\Delta_{контр}$ – величина допуску на контроль деталей, виконаних з допуском $\delta_{дет}$ (IT).

Так, наприклад, якщо $\delta_{дет} = 0,018$ мм, а похибка контрольного пристрою складає $\Delta_{мет} = 0,003$ мм, то допустиме значення для показів на шкалі вимірювального приладу повинно бути:

$$\delta_{контр} = 0,018 - 0,003 = 0,015 \text{ мм.}$$

Таблиця 3 – Похибка виготовлення еталонних деталей, які використовують для налагодження контрольних пристроїв (Δ_e)

Вид еталонної деталі	Ескіз	Вид похибки	Допустиме відхилення, мм
1	2	3	4
Оправка (валик)		<p>Похибка виготовлення діаметрів d_i ($\varnothing 3... 120$)</p> <p>Радіальне биття шийок між собою</p> <p>Биття шийок відносно вісі центрів</p>	<p>0,004...0,015</p> <p>0,005...0,01</p> <p>0,005...0,01</p>
Порожнина оправки (з внутрішньою базовою поверхнею)		<p>Похибка виготовлення діаметрів d_i ($\varnothing 3... 120$)</p> <p>Радіальне биття внутрішніх поверхонь між собою</p> <p>Радіальне биття внутрішніх поверхонь відносно зовнішніх або осі центрів</p>	<p>0,008...0,02</p> <p>0,008...0,015</p> <p>0,008...0,015</p>
Прямокутник (з базовою площиною для налагодження)		<p>Похибка виготовлення розмірів (10...120мм)</p> <p>Відхилення від паралельності площин</p>	<p>0,01...0,02</p> <p>$\frac{0,004...0,008}{l}$</p>

1	2	3	4
Міряльні (плоско- паралельні) плитки		Похибка виготовлення розмірів h Відхилення від паралельності площин	$0.0001 \dots 0.0005$ $\frac{0.0001 \dots 0.0005}{l}$

Часткові задачі при конструюванні контрольних пристроїв.

1. Визначення допустимої похибки ε встановлення деталі у пристрій для контролю.

На основі виразу (7) можна записати

$$\varepsilon \leq (0,2 \dots 0,35) \delta_{дет} - (\Delta_n + \Delta_e + \Delta_p). \quad (12)$$

2. Визначення допустимої похибки, спричиненої неточністю показів вимірного приладу, з метою правильного вибору ціни його поділки, здійснюють так

$$\Delta_n \leq (0,2 \dots 0,35) \Delta_{дет} - (\varepsilon + \Delta_e + \Delta_p). \quad (13)$$

Показники точності налагодження контрольних-вимірювальних пристроїв.

Найважливішим результатом налагодження контрольних-вимірювальних пристроїв є забезпечення стабільності їх показів.

Стабільність показів – це систематична повторюваність або близький збір характеристик вимірів, отриманих на пристрої при багаторазових повторних вимірюваннях (підряд або в різний час) однієї й тієї ж самої величини.

Стабільність показників забезпечується висококваліфікованим виконанням налагодження. Чим досконалішою є конструкція пристрою і якіснішим налагодження, тим ближче емпірична крива розсіювання випадкових похибок до теоретичної кривої, з якою вона порівнюється.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження / Л.І. Боженко. – Львів: Світ, 2001. – 294 с.
2. Боровик А.І. Проектування технологічного оснащення: навч. посібник / А.І. Боровик. – К.: ІЗМН, 1996. – 488 с.
3. Гевко Б.М. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої: навч. посібник / Б.М. Гевко, М.Г. Дичковський, А.В. Матвійчук. – К.: Кондор, 2009. – 220 с.
4. Дичковський М.Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посібник / М.Г. Дичковський. – Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2001. – 277 с.
5. ДСТУ 2232–93. Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення. – Чинний від 01.07.94. – К.: Держстандарт України, 1994. – 35 с.
6. Каплунов Р.С. Точность контрольных приспособлений / Р.С. Каплунов. – М.: Машиностроение, 1968. – 219 с.
7. Колкер Я.Д. Базирование и базы в машиностроении: учебн. пособие / Я.Д. Колкер, О.Н. Руднев. – К.: Высшая школа, 1991. – 100 с.
8. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении / В.С. Корсаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 285 с.
9. Микитянский В.В. Точность приспособлений в машиностроении / В.В. Микитянский. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
10. Олеров И.М. Допуски на изготовление и износ деталей станочных приспособлений: справочник / И.М. Олеров. – М.: Машиностроение, 1983. – 56 с.
11. Вардашкин, Б.Н. Станочные приспособления: справочник. в 2-х т. / Б.Н. Вардашкин, В.В. Данилевский, А.А. Шатилов. – М.: Машиностроение, 1984. Т.1. – 591 с.; Т.2. – 655 с.
12. Чупырин В.Н. Технология технического контроля в машиностроении: справочное пособие / В.Н. Чупырин. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 400 с.