

**Дрогобицький державний педагогічний університет
імені Івана Франка**

Інженерно-педагогічний факультет

Кафедра основ технологій

Скварок Ю., Чубик Р.

**ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ,
СТАНДАРТИЗАЦІЯ,
ТЕХНІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ**

Лабораторний практикум

Дрогобич – 2011

УДК 62(075.8)

ББК 30я73

С 42

Рекомендовано до друку вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка
(протокол № від _____ 2011 р.)

Скварок Ю.Ю., Чубик Р.В. Взаємозамінність, стандартизація, технічні вимірювання. Лабораторний практикум. – Дрогобич: Редакційно-видавничий відділ Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка, 2011. – 139 с.

Навчально-методичний посібник написано відповідно до програм навчальних дисциплін “Основи взаємозамінності” напряму підготовки 6.010103 Технологічна освіта та “Взаємозамінність, стандартизація, технічні вимірювання” напряму підготовки 6.010104 Професійна освіта, затверджених вченою радою Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка.

Посібник містить методичні вказівки до виконання 13 лабораторних робіт, тематика яких охоплює вивчення різних засобів вимірювальної техніки та прийомів роботи з ними, дослідження параметрів точності гладких циліндричних з’єднань, перехідних посадок на імовірність отримання зазорів і натягів, розмірних ланцюгів. Наведені інструкції до лабораторних робіт мають обширні теоретичні відомості та ілюстровані.

Рецензенти:

Янів Павло Петрович, канд. техн. наук, доцент, директор Дрогобицького нафтового технікуму

Яким Роман Степанович, канд. техн. наук, доцент кафедри машинознавства і матеріалознавства

Відповідальний за випуск: Леськів Володимир Дмитрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри основ технологій Дрогобицького державного педагогічного університету імені Івана Франка

© Ю.Ю.Скварок, Р.В.Чубик, 2011

З М І С Т

Вступ	4
Лабораторна робота №1. Вивчення призначення, будови та прийомів вимірювання штангенприладами (штангенінструментами)	6
Лабораторна робота №2. Вивчення призначення, будови та прийомів вимірювання мікрометричними приладами	17
Лабораторна робота №3. Дослідження параметрів точності гладких циліндричних з'єднань	29
Лабораторна робота №4. Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхонь гладким мікрометром	41
Лабораторна робота №5. Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхонь індикаторним нутроміром	48
Лабораторна робота №6. Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхні циліндричних деталей та радіального биття вала індикатором годинникового типу	55
Лабораторна робота №7. Визначення відхилень розмірів валів з допомогою скоби важільної та встановлення поля допуску вала	66
Лабораторна робота №8. Вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби	71
Лабораторна робота №9. Вимірювання кутів деталей машин кутомірами з ноніусом	77
Лабораторна робота №10. Вимірювання параметрів зовнішньої різьби на великому інструментальному мікроскопі	84
Лабораторна робота №11. Вимірювання похибок взаємного розташування поверхонь тіл обертання	91
Лабораторна робота №12. Дослідження перехідних посадок на імовірність отримання натягів і зазорів	109
Лабораторна робота №13. Дослідження розмірних ланцюгів	118
Додатки	132

ВСТУП

Навчально-методичний посібник містить інструкції до тринадцяти лабораторних робіт, тематика яких охоплює будову засобів вимірювальної техніки та прийоми роботи з ними, дослідження параметрів точності гладких циліндричних з'єднань, дослідження розмірних ланцюгів. Наведені інструкції до лабораторних робіт мають обширні теоретичні відомості та добре ілюстровані. Кожна інструкція містить питання для самопідготовки та самоконтролю, послідовність виконання роботи, завдання до звіту, рекомендовану літературу.

У більшості лабораторних робіт потрібно користуватися засобами вимірювальної техніки.

Правильний вибір засобу вимірювальної техніки має важливе значення для забезпечення потрібної точності вимірювання.

При виборі засобу вимірювальної техніки необхідно враховувати такі фактори:

- номінальний розмір;
- величину допуску на виготовлення розміру;
- допустиму похибку вимірювання цього розміру;
- граничну (повну) похибку вимірювання;
- загальний контур деталі;
- спосіб виробництва при виготовленні даної деталі.

Для оцінки придатності вибраного засобу вимірювальної техніки порівнюють величину допустимої похибки вимірювання контрольованого розміру, визначену за таблицею 1 додатку К, з граничною величиною похибки вимірювання цим засобом, встановленою за таблицями 2 і 3 додатку К.

Якщо гранична похибка вимірювання вибраним засобом не перевищує допустимої похибки вимірювання при оцінці придатності вимірюваного розміру, то даний засіб можна використовувати для вимірювання.

Послідовність дій при виборі засобу вимірювальної техніки для контролю лінійних розмірів наступна:

1. За кресленням деталі визначають номінальний розмір і величину допуску даного розміру.

2. За таблицею 1 додатку К знаходять величину допустимої похибки вимірювання в залежності від номінального розміру і допуску.

3. За таблицею граничних похибок вимірювання (табл. 2 додатку К – для зовнішніх розмірів, табл. 3 додатку К – для внутрішніх) вибирають засіб вимірювальної техніки.

4. Порівнюють величини граничної і допустимої похибок вимірювання та роблять висновок про придатність вибраного засобу в заданих умовах виробництва.

Наведений в інструкціях теоретичний матеріал можна використати не тільки при підготовці до лабораторної роботи, але й при опрацюванні питань лекційних занять та при підготовці до написання контрольних робіт і складання екзамену.

Звіт з лабораторної роботи повинен мати:

- тему;
- мету;
- виконані завдання для звіту (заповнені таблиці; виконані схеми).

Виконання і захист лабораторної роботи оцінюється згідно з візиткою навчальної дисципліни.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Вивчення призначення, будови та прийомів вимірювання штангенприладами (штангенінструментами)

Мета роботи: вивчити призначення та будову штангенінструментів. Набути практичних навиків у проведенні вимірювань штангенінструментами.

Обладнання: комплект штангенінструментів.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.
2. Загальна будова засобу вимірювальної техніки

2. Теоретичні відомості

Штангенприлади, які ще називають штангенінструментом (показуючі вимірювальні прилади), унаслідок простоти будови і низької вартості дуже поширені. До них належать штангенциркулі за ГОСТ 166—80 (СТ СЭВ 704—77 ... СТ СЭВ 707—77 і СТ СЭВ 1309—78), штангенглибиноміри за ГОСТ 162—80 (СТ СЭВ 704—77, СТ СЭВ 708—77 і СТ СЭВ 1309—78) і штангенрейсмуси за ГОСТ 164—80. Випускаються штангенциркулі мод. 124 стрілкові з відліком (ТУ 2-034-3011—83), штангенглибиноміри мод. БВ-6232 стрілкові (ТУ 2-034-620—84) і штангенрейсмуси мод. БВ-6226 стрілкові (ТУ 2-034-616—83).

Відліковий пристрій штангенінструментів — штанга з нанесеною на ній шкалою з ціною поділки 1 мм і рамка (що вільно переміщається по штанзі), на скосі якої (напроти міліметрової шкали штанги) нанесена допоміжна шкала, названа ноніусом (ноніус служить для відліку дробових часток міліметра). Кожна п'ята поділка шкали штанги відмічена подовженим штрихом, а кожна десята — штрихом довшим, ніж п'ятий, і відповідним числом сантиметрів. Штангенінструменти модулів 1 і 2 випускаються з відліком за ноніусом 0,1 і 0,05 мм.

Модуль шкали ноніуса показує, через яке число поділок міліметрової шкали штанги будуть розташовуватися штрихи шкали ноніуса, зміщені на величину відліку за ноніусом.

Штангенінструмент модуля 1 з відліком за ноніусом 0,1 мм (рис. 1а) має шкалу довжиною 9 мм із десятьма поділками. Відстань між

двома сусідніми штрихами шкали ноніуса складає 0,9 мм, що на 0,1 мм коротша від довжини поділки шкали штанги, рівної 1 мм.

При збіганні нульового штриха шкали ноніуса з нульовим штрихом шкали штанги перший за нульовим штрих шкали ноніуса виявиться зміщеним щодо нульового штриха штанги на 0,1 мм; відповідно другий штрих шкали ноніуса — на 0,2 мм, а десятий (останній штрих) — на 1 мм; тому десятий штрих шкали ноніуса точно збігається з дев'ятим штрихом (він відповідає 9 мм) шкали штанги.

Якщо при вимірюванні розміру деталі шкала ноніуса виявилась зміщеною щодо шкали штанги так, що її перший штрих (не рахуючи нульового) збігся з першим штрихом шкали штанги, розмір деталі визначають, підсумовуючи відлік по шкалі штанги (нуль) і відлік по шкалі ноніуса ($1 \times 0,1 = 0,1$ мм), тобто $0 + 0,1 = 0,1$ мм. Таким чином, для визначення розміру деталі необхідно відрахувати за шкалою штанги ціле число міліметрів і додати до нього частки міліметра, отримані множенням ціни поділки ноніуса на порядковий номер штриха шкали ноніуса, що збіглася зі штрихом штанги (нульовий штрих ноніуса не враховують).

Штангенінструмент модуля 1 з відліком за ноніусом 0,05 мм (рис. 1, в) має довжину шкали ноніуса 19 мм, поділену на двадцять частин. При цьому одна поділка шкали ноніуса складає $19/20 = 0,95$ мм, що на 0,05 мм менше цілого міліметра (тобто менше відстані між двома сусідніми штрихами шкали штанги). Відлік показів при вимірюванні розмірів аналогічний відліку за шкалою ноніуса 0,1 мм.

Штангенінструменти модуля 1 зустрічаються рідко. Кращими і зручнішими є штангенінструменти модуля 2 з “розтягнутою” шкалою, відліком за ноніусом 0,1 мм (рис. 1, б) і 0,05 мм (рис. 1, г). Розтягнутий ноніус з величиною відліку 0,1 мм має довжину 19 мм, тому одна поділка шкали ноніуса складає 1,9 мм; вона коротша від двох поділок шкали штанги на 0,1 мм.

Штангенінструмент модуля 2 з відліком за ноніусом 0,05 мм має довжину шкали 39 мм, поділену на двадцять частин, тобто одна поділка ноніуса дорівнює $39/20 = 1,95$ мм, що на 0,05 мм коротше від двох поділок шкали штанги. Як правило на шкалі ноніуса з відліком 0,05 мм цифри нанесені через кожні п'ять поділок: 0; 25; 50; 75; 1 (що позначають 0; 0,25; 0,50; 0,75 і 1,00 мм).

Технічні характеристики штангенінструментів наведені в таблиці 1 додатку ЛР1.

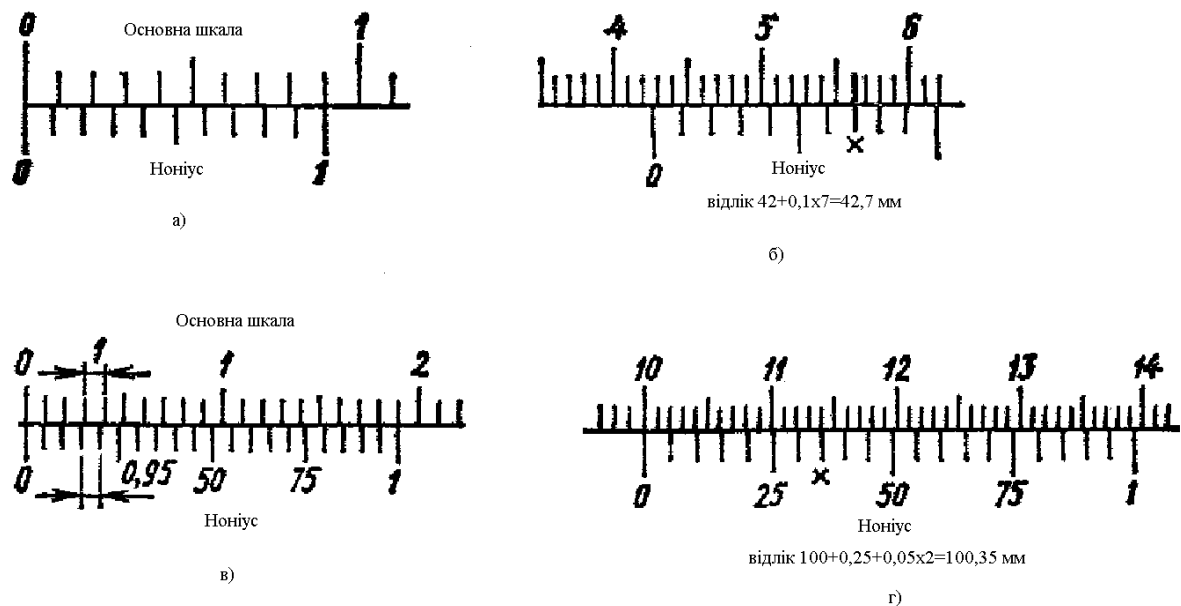


Рис. 1. Шкала штангенінструментів

Штангенциркулі призначені для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів і для розмітки. Їх випускають декількох типів і моделей:

ШЦ-I — із двостороннім розташуванням губок для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів і з лінійкою для вимірювання глибин (рис. 2, а).

ШЦТ-I — з одностороннім розташуванням губок, оснащених твердим сплавом для вимірювання зовнішніх розмірів і глибин в умовах підвищеного абразивного зношування (рис. 2, б);

ШЦ-II — із двостороннім розташуванням губок для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів і для розмітки (рис. 2, в);

ШЦ-III — з одностороннім розташуванням губок для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів (рис. 2, г);

мод. 124 — зі стрілочним відліком для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів і глибин (рис. 2, д).

Штангенциркуль ШЦ-I має штангу 1 (див. рис. 2, а) з нанесеними на ній міліметровими поділками. По штанзі переміщається рамка 2 з ноніусною шкалою 3. Для фіксування рамки на робочій поверхні штанги служить гвинт 4. З торця до рамки прикріплена лінійка глибиноміра 5. Верхні губки призначені для вимірювання внутрішніх розмірів (рис. 2, к), а нижні — зовнішніх (рис. 2, е).

Штангенциркулі ШЦ-II (рис. 2, б) оснащені мікрометричною подачею 4, призначеною для повільного (точного) переміщення рамки 1 по штанзі 5.

У вирізі рамки мікрометричної подачі розташована гайка 6, накручена на гвинт 7, закріплений у нижній частині рамки 1. При звільненому гвинті 2 і закріпленій мікрометричній подачі 4 на штанзі 5 за допомогою стопорного гвинта 3, рамка 1 буде переміщатися плавно по штанзі, якщо обертати гайку 6 мікрометричної подачі 4, як це показано на рис. 2, з.

Штангенцикуль з показчиком годинникового типу мод. 124 (рис.2д) розроблений заводом “Калібр”. Його діапазон вимірювання 0 — 150 мм, ціна поділки шкали, нанесеної на штанзі, 10 мм; ціна поділки кругової шкали — 0,1 мм.

До штанги 6 штангенциркуля мод. 124 прикріплена зубчаста рейка 5, з якою знаходиться у зачепленні зубчасте колесо (на рис. не показане). На одній осі з зубчастим колесом розміщена стрілка 2, розташована над шкалою 1.

Один повний оберт стрілки відповідає переміщенню рамки 3 по штанзі на 10 мм чи на одну поділку, нанесену на штанзі 6.

При дотику вимірювальних поверхонь штангенциркуля стрілка повинна збігатися з нульовою поділкою шкали. Встановлення на 0 досягається поворотом шкали 1 через паз 4 за допомогою викрутки (паз на малюнку не показано).

Вимірювальні поверхні штангенциркуля перед вимірюванням розмірів виробів промивають у бензині і протирають тканиною. На вимірювальних поверхнях губок забоїни і сліди корозії не допускаються. Рамка разом з мікрометричною подачею повинна переміщатися по штанзі плавно і не повинна переміщатися по ній під дією своєї маси при вертикальному положенні штангенциркуля. Мертвий хід гайки мікроподачі не повинен перевищувати 1/3 обороту.

Встановлення на “0” перевіряється при зсунутих губках: при цьому нульові штрихи шкал штанги і ноніуса повинні збігатися.

При вимірюванні зовнішніх розмірів виріб установлюють між губками штангенциркуля (рис. 2, е і з). Нерухому губку притискають до поверхні виробу, а губку з рамкою наближають до зіткнення з виробом. При наявності мікроподачі рамки 1 підводять другу губку штангенциркуля у зіткнення з поверхнею виробу обертанням гайки 6 (при застопореній мікрометричній подачі 4 за допомогою гвинта 3), забезпечуючи при цьому нормальну силу вимірювання (як занадто

велика, так і недостатня сила вимірювання спотворює результат вимірювання). Застопоривши рамку 1 на штанзі 5 гвинтом 2, знімають покази по шкалах штангенциркуля.

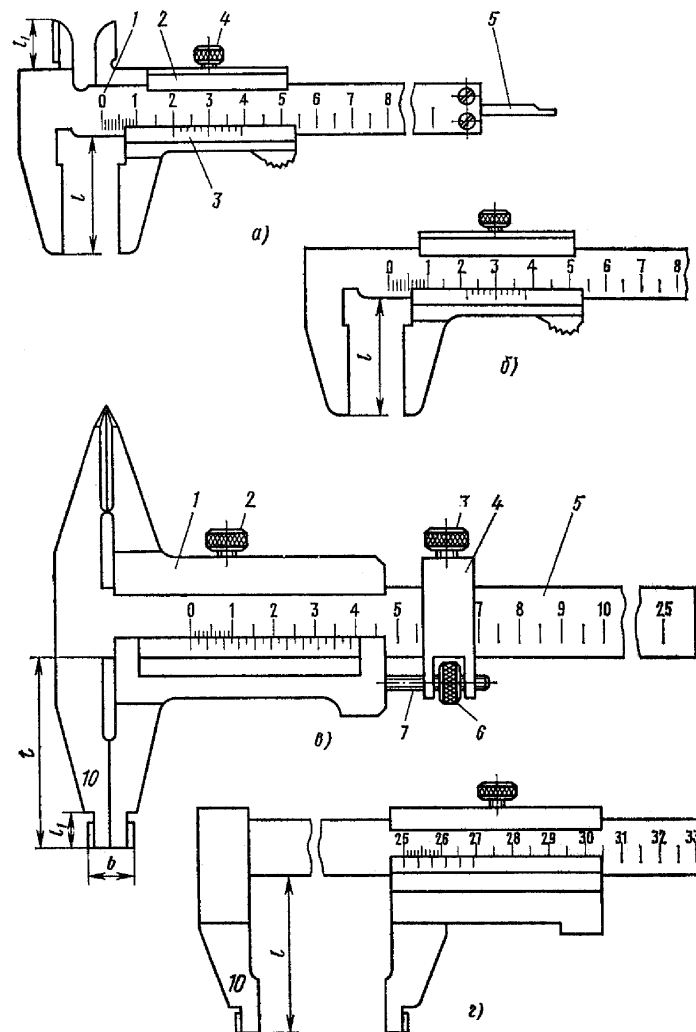


Рис.2. Штангенінструменти

При вимірюванні внутрішніх розмірів губки штангенциркуля (рис. 2, *i*) вводять у контрольований отвір, забезпечуючи зіткнення їх з поверхнею виробу з нормальною силою вимірювання. При відліку показів і визначенні результатів вимірювання необхідно до показів за шкалою штангенциркуля додавати товщину губок b , марковану на них, якщо вимірювання проводилось штангенциркулем типів ШЦ-ІІ чи ШЦ-ІІІ. Схема вимірювання глибини штангенциркулем типу ШЦ-І наведена на рис. 2, *ж*.

При експлуатації штангенциркулів зі стрілочним відліком варто оберегти їх від забруднення, особливо зубчасту рейку. Рейку очищають щіткою, змоченою в бензині. Забороняється вимірювати розміри виробу

при роботі верстата. Після закінчення роботи вимірювальні поверхні штангенциркуля промивають бензином і змащують антикорозійним засобом.

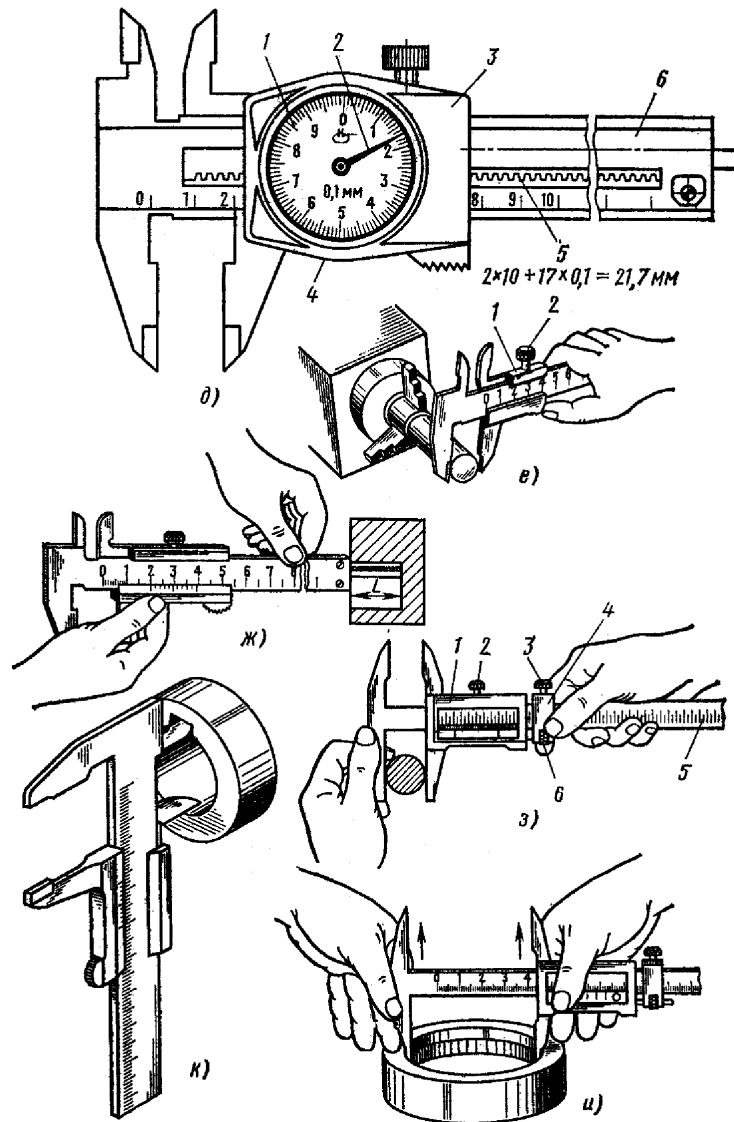


Рис. 2. Штангенінструменти (продовження)

В останні роки для потреб вимірювання ширше почали застосовуватися штангенциркулі з відліком за ноніусом 0,02 мм. Зокрема з кінця 90-х років минулого століття такі засоби вимірювальної техніки виготовляє Харківське науково-виробниче підприємство “МИКРОТЕХ”. У програмі випуску — штангенциркулі з відліком за ноніусом 0,02 мм типів ШЦ-1 (межі вимірювання 0–125, 0–150), ШЦ-ІІ (межі вимірювання 0–300), ШЦК з показчиком годинникового типу (межі вимірювання 0–150, 0–300).

Штангенглибиноміри призначені для вимірювання глибин пазів, отворів, а також висот виступів (рис. 3, а). Характеристики штангенглибиномірів типу ШГ подані в таблиці 1 додатку ЛР1. Випускаються стрілочні штангенглибиноміри мод. БВ-6232 з діапазоном вимірів 0 — 250 мм із ціною поділки штанги 5 мм і ціною поділки відлікового пристрою 0,05 мм. Вищезгадане підприємство “МИКРОТЕХ” виготовляє штангенглибиноміри з ціною поділки відлікового пристрою 0,02 мм.

Штангенглибиномір має основу 4 із плоскою вимірювальною поверхнею. З основою за одне ціле виконана рамка 2 зі шкалою ноніуса. Штанга 1 з міліметровою шкалою переміщається в рамці перпендикулярно підставці. Плоский нижній торець штанги є вимірювальною поверхнею, що при вимірі глибин стикається з поверхнею виробу. При розташуванні вимірювальних поверхонь підставки і штанги в одній площині нуль шкали ноніуса повинен збігтися з нульовим штрихом шкали штанги. Глибиномір оснащено механізмом мікрометричної подачі 3.

Схема вимірювання глибиноміром висоти уступу показана на рис. 3, б. Штангенглибиномір вимірювальною поверхнею підставки 2 установлюють на базу 3 виробу, а штанга 1 висувається до упору в контрольовану поверхню вала. Мікрометричною подачею штанги забезпечують нормальну силу вимірювання.

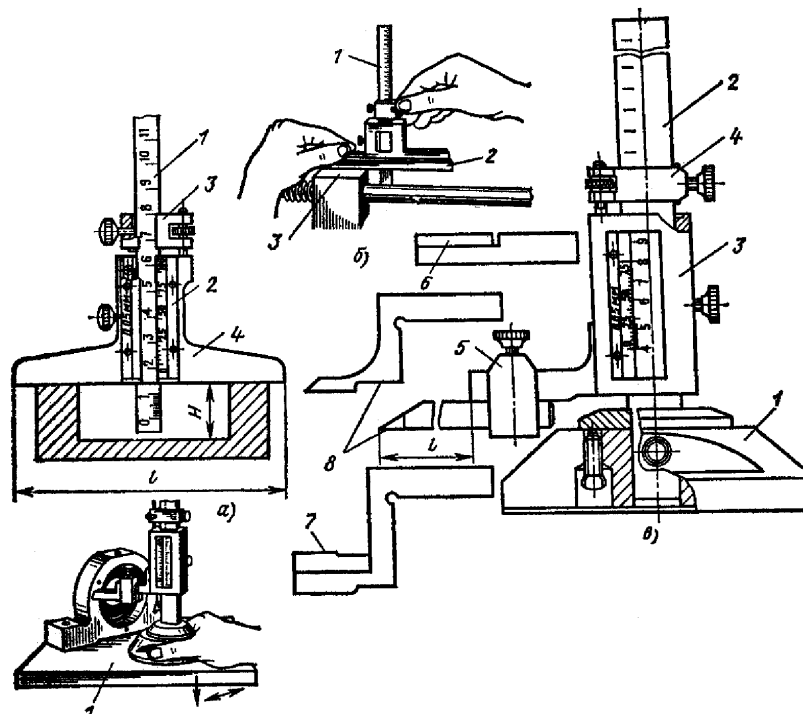


Рис. 3. Штангенглибиноміри

Штангенрейсмуси (рис. 3, в) призначені для вимірювання висот, уступів і розмітки розмірів. Їхні характеристики наведені в табл. 1. Будова є такою: на масивній підставці 1 вертикально закріплена штанга 2, по якій переміщається рамка 3 зі шкалою ноніуса і механізмом мікроподачі 4 рамки 3. До рамки за допомогою хомутика 5 зі стопорним гвинтом при необхідності приєднують вимірювальні 6 і 7 чи розмічальні 8 ніжки. Вимірювальні ніжки мають по дві вимірювальні поверхні, з яких верхня призначена для вимірювання внутрішніх розмірів, а нижня — зовнішніх. При вимірюванні внутрішніх розмірів до даних відліку по шкалах штангенрейсмуса додають висоту вимірювальної ніжки.

Штангенрейсмус застосовують, головним чином, для розмітки (рис. 3г). Площину виробу, що підлягає розмітці, покривають розчином крейди у воді з додаванням клею. Розмітку проводять на плиті 1. Штангенрейсмус встановлюють на розмір по нижній поверхні розмічальної ніжки. Переміщаючи штангенрейсмус по плиті вздовж виробу, що розмічається, вістрям розмічальної ніжки наносять горизонтальні лінії.

Крім штангенрейсмусів типу ШР, виготовляються штангенрейсмуси з показчиком годинникового типу мод. БВ-6226 з розмічальною ніжкою, оснащеною твердим сплавом.

Засоби вимірювальної техніки з електронними цифровими відліковими пристроями. Такі засоби вимірювальної техніки появились порівняно недавно. Їх виробниками є відомі швейцарські, американські та японські фірми. Виготовляють такі засоби і в Україні, зокрема уже згадуване Харківське науково-виробниче підприємство “МИКРОТЕХ”. Перелік приладів “МИКРОТЕХ” див. у таблиці 2 додатку ЛР1.

На рис.4 показано зовнішній вигляд штангенциркуля з електронним цифровим відліковим пристроєм.

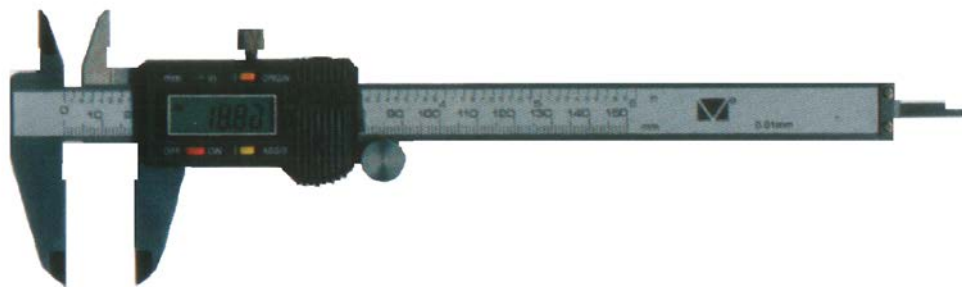


Рис. 4. Штангенциркуль з електронним цифровим відліковим пристроєм

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями, вміщеними в інструкції до лабораторної роботи.
2. Вивчити будову штангенінструментів, наявних в лабораторії.
3. Навчитися проводити вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів з допомогою штангенінструментів.
4. Дати характеристику штангенінструментів, наявних в лабораторії, заповнивши таблицю 1.

4. Звіт про виконану роботу

Заповнити таблицю 1.

Таблиця 1. Характеристика штангенінструментів

№ з/п	Назва штангенінструменту	Тип	Призначення	Межі вимірювання	Значення відліку за ноніусом

5. Питання для самоконтролю

1. Які засоби вимірювальної техніки належать до штангенінструментів?
2. Опишіть будову штангенциркуля.
3. Як визначається розмір елемента деталі за шкалою штанги і ноніуса?
4. Яке призначення штангенглибиноміра?
5. Яке призначення штангенрейсмуса?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Тип	Межі вимірювання інструментом	Значення відліку за ноніусом	Виліт губок (ніжок штангенрейсмуса)		Допустима похибка приладу		
			l	l ₁ не менше	Для ділянки шкали	При значенні відліку за ноніусом	
						0,1	0,05
Штангенциркулі (ГОСТ—166—80)							
ШЦ-I ШЦТ-I	0-125	0,1	35-40	16	0	± 0.05	± 0.05
ШЦ-II ШЦ-III	0-160	0,1	45-50	6	від 0 до 100	± 0.06	
	0-200	i	50-63	8	100 - 200	± 0.07	
	0-250	0,05	60-80	10	200 - 250	± 0.08	
ШЦ-III	0-315	0,1	63-100	10	від 250 до 300	± 0.08	
	0-400		63-125	10	300 - 400	± 0.09	
	0-500		80-160	15	400 - 1000	± 0.1	
	250-630		80-200	15	1000 - 1100	± 0.16	
	250-800		80-200	15	1100 - 1200	± 0.17	
	320-1000		80-200	20	1200 - 1300	± 0.18	
	500-1250		100-300	20	1200 - 1400	± 0.19	
	500-1600		100-300	20	від 400 до 2000	± 0.2	
	800-2000		100-300	20			
	Штангенциркулі для розмічання (ТУ 2-034-74)						
ШЦ-III	1500-3000	0,1	150	---	1500-3000	± 0.03	---
	2000-4000				2000-4000	± 0.04	---
Штангенциркуль з показчиком годинникового типу (ТУ 2-034-3011-83)							
Мод. 124	0-150	по шкалі 0,1	35-40	10	0-150	± 0.08	---
Штангенглибиномір із стрілочним відліком (ТУ 2-034-620-84)							
Мод. БВ-6232	0-250	по шкалі 0,05	75	---	0-250	---	± 0.05
Штангенглибиномір (ГОСТ 162-80)							
ШГ	0-160	0,05	120	---	0-400	---	± 0.05
	0-200						
	0-250						
	0-315						
	0-400						
Штангенрейсмус з показчиком годинникового типу (ТУ 2-034-616-83)							
Мод. БВ-6226	0-250	по шкалі 0,05	(50)	---	0-250	---	± 0.05
Штангенрейсмуси (ГОСТ 164-80)							
ШР	0-250	0,05	(50)	---	до 630	---	± 0.05
	40-400 60-630		(80)	---			
	100-1000 600-1600	0,1	(125)	---	від 630 до 1000 1000 - 1600	± 0.1 ± 0.15	---
	1500-2500		(160)	---	від 1600 до 2500	± 0.2	---

Таблиця 2. Характеристика засобів вимірювальної техніки з електронним цифровим відліковим пристроєм виробництва “МИКРОТЕХ”

Найменування	Позначення	Діапазон вимірювань, мм	Ціна поділки, мм
Штангенциркуль цифровий типу ШЦЦ-I	ШЦЦ-I-150	0-150	0,01
	ШЦЦ-I-300	0-300	
Штангенциркуль цифровий типу ШЦЦ-III	ШЦЦ-III-500	0-500	0,01
	ШЦЦ-III-1000	0-1000	
	ШЦЦ-III-1500	0-1500	
	ШЦЦ-III-2000	0-2000	
	ШЦЦ-III-2500	0-2500	
	ШЦЦ-III-3000	0-3000	
Штангенглибиномір	ШГЦ-150	0-150	0,01
	ШГЦ-300	0-300	
	ШГЦ-500	0-500	
Штангенрейсмас	ШРЦ-300	0-300	0,01
	ШРЦ-500	0-500	
	ШРЦ-600	0-600	
	ШРЦ-1000	0-1000	

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Вивчення призначення, будови та прийомів вимірювання мікрометричними приладами

Мета роботи: вивчити призначення та будову мікрометричних приладів. Набути практичних навиків у проведенні вимірювань мікрометричними приладами.

Обладнання: комплект мікрометричних приладів.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.
2. Загальна будова засобу вимірювальної техніки

2. Теоретичні відомості

Досить розповсюдженими, але більш точними в порівнянні зі штангенприладами є мікрометричні прилади, до яких відносять мікрометри різних типів, мікрометричні глибиноміри і мікрометричні нутроміри.

Відліковий пристрій. Принцип дії мікрометричних приладів заснований на перетворенні обертального руху точного мікрометричного гвинта, встановленого в нерухому гайку, у його поступальне переміщення уздовж осі. Більшість мікрометричних приладів має гвинт із кроком, рівним 0,5 мм, тому поворот гвинта в гайці на 360° викликає його переміщення уздовж осі на 0,5 мм. На рис. 1,а показаний пристрій головки мікрометричних приладів. Мікрометричний гвинт 4 у зборі з барабаном 3 і механізмом тріскачки 6 загвинчений у внутрішню різьбу, виконану на правому кінці стебла 2, запресованого в скобі 1 чи мікрометра в підставці мікрометричного глибиноміра. Зазор у різьбовому з'єднанні встановлюється за допомогою регулювальної гайки 5, що накручується на конічну різьбу, нарізану на зовнішній поверхні стебла. Стопоріння мікрометричного гвинта здійснюють пристосуванням 7 чи 8.

На зовнішній циліндричній поверхні стебла розміщена повздовжня відлікова лінія, над і під якою нанесені міліметрові поділки. Початкові штрихи шкали і штрихи, що відповідають кожному п'ятому міліметру, відзначені цифрами. Зверху відлікової лінії нанесені поділки міліметрової шкали, зміщеної щодо початкової поділки нижче розташованої шкали на 0,5 мм. Показчиком відліку за шкалами, нанесеними на стеблі, є

торець барабана. На торці барабана виконаний скіс, на якому нанесено 50 поділок. Штрихи шкали барабана, що відповідають кожній п'ятій поділці, подовжені і позначені цифрами: 0; 5; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40 і 45. Поворот барабана разом з мікрометричним гвинтом на одну поділку відповідає їх переміщенню в осьовому напрямку на величину 0,01 мм. Таким чином, ціна поділки мікрометра складає 0,01 мм.

При відліку показів спочатку відраховують ціле число міліметрів за нижньою шкалою стебла (наприклад, 3 мм згідно з рис. 1, б) і додають число сотих часток міліметра, наприклад 23-й штрих шкали барабана згідно з рис. 9б відповідає 0,23 мм. Підсумковий відлік за шкалами мікрометричної головки складе: $3 + 0,23 = 3,23$ мм. Якщо при відліку показів край барабана перейшов за поділку міліметрової шкали, нанесеної вище повздовжньої лінії, то до результату, відрахованому за описаною методикою, необхідно додати 0,5 мм. Наприклад, підсумковий відлік за рис. 9в складає $3,21 + 0,5 = 3,71$ мм.

При установці на нижній діапазон вимірів (нульова установка) нульовий штрих барабана повинен збігатися з повздовжньою лінією стебла, а скошений край барабана знаходитися навпроти крайнього лівого штриха (нульового штриха при діапазоні вимірів 0 – 25 мм), що повинен бути видимим цілком, але при цьому відстань від торця конічної частини барабана до краю штриха не повинна перевищувати 0,15 мм.

Характеристику мікрометричних приладів див. у таблиці 1 додатку ЛР2.

Мікрометри призначені для вимірювання лінійних розмірів прямим абсолютним контактним методом. Вони випускаються наступних типів; МК — гладкі; МЛ — листові, МТ — трубні, МЗ — зубомірні, МП — для проволоки, МГ — горизонтальні настільного типу, МВ — вертикальні настільного типу, МН-1 і МН-2 — настільні з покажчиком годинникового типу і моделі 19005 — з цифровим електронним відліком. Окрім того, випускаються мікрометри для вимірювання середнього діаметра різьби.

Гладкий мікрометр типу МК має скобу 1 (рис. 1, г), з одного боку якої запресована нерухома п'ята 2 (для мікрометрів з верхньою межею виміру до 300 мм) чи переставна п'ята (для інших мікрометрів), а з іншого боку скоби — мікрометрична головка, що складається зі стебла 3 і барабана 5 у зборі з мікрогвинтом і механізмом тріскачки 6. Конструктивно тріскачки виконують з торцевими зубами (рис. 1, е) чи з зубами на кільці (рис. 1, д). В

останній конструкції в корпусі тріскачки є отвір, у якому поміщена пружина 3 зі штифтом 2, що має кінець, зрізаний під кутом. Зрізана частина штифта входить у западину зуба кільця. У тому випадку, якщо при вимірі сила тертя між поверхнею виробу і торцевих поверхнях п'яти і мікрогвинта перевищить силу тертя між поверхнями штифта 2 і корпусу 1, штифт стисне пружину 3 і вийде із зачеплення. Переміщення мікрогвинта до вимірюваної деталі припиниться. Закріплення мікрогвинта в необхідному положенні здійснюється стопорним пристроєм (рис. 1г) із затискним гвинтом 4. Мікрометри деяких моделей мають ексцентрикові чи цангові стопорні пристрої.

Перед початком вимірів мікрометр оглядають, попередньо очистивши його від мастильного матеріалу. Вимірювальні поверхні п'яти і мікрогвинта протирають тканиною, змоченою у бензині, і сухою серветкою. При підготовці до вимірювання мікрометра варто перевірити нульову (нижня межа виміру) установку, і якщо вона збита, її варто відновити. Методика цієї перевірки залежить від меж виміру мікрометра. Найбільш проста перевірка нульової установки мікрометра з межами виміру 0 — 25 мм. Обертаючи за тріскачку, вимірювальні поверхні мікрогвинта і п'яти приводять у співдотик. При цьому нульова поділка на барабані повинна збігтися з повздовжньою лінією, нанесеною на стеблі мікрометра. Торець барабана не повинен перекривати нульовий штрих шкали стебла більш ніж на 0,07 мм чи віддалятися від нульового штриха більш ніж на 0,15 мм.

При необхідності мікрометр встановлюють на нульову поділку в такий спосіб. Мікрогвинт стопорять, коли вимірювальні поверхні п'яти і мікрогвинта приведені в співдотик. Притримуючи барабан лівою рукою, правою рукою закручують (до одного оберту) корпус тріскачки з барабана і відтискають барабан у напрямку тріскачки, що дозволяє повернути барабан щодо нерухомого мікрогвинта на кут, при якому нульова поділка на барабані збіжиться з повздовжньою лінією стебла, а торець барабана — з нульовою поділкою на стеблі. Притримуючи барабан, накручують корпус тріскачки на нього до упору. Затискний гвинт мікрометра звільняють, обертаючи за тріскачку. Після цього перевірку нульової установки мікрометра повторюють.

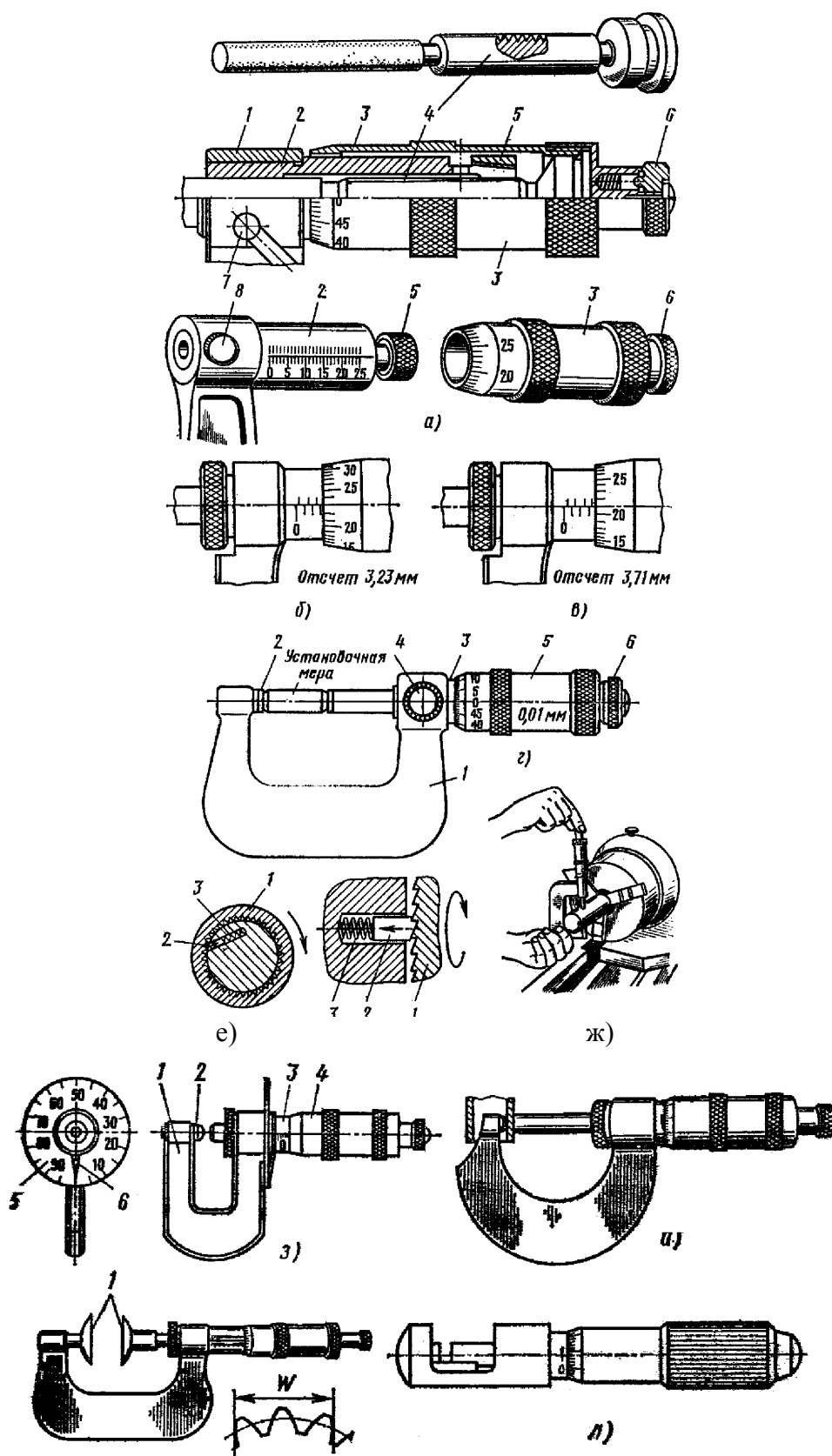


Рис. 1. Мікрометричні прилади

Перевірку нижньої межі вимірів мікрометрів з межами вимірювання понад 25 мм здійснюють за допомогою установочних мір, що додаються до мікрометрів, чи кінцевих мір довжини. Міри встановлюють між вимірювальними поверхнями п'яти і мікрогвинта і за допомогою тріскачки приводять їх у співдотик. При цьому нульовий штрих барабана повинен збігтися з повздовжньою лінією стебла, а торець барабана — зі штрихом, що відповідає нижній межі вимірювання мікрометра.

Мікрометри з верхньою межею вимірювання понад 300 мм оснащені переставною п'ятою, що встановлюється по установочній мірі залежно від вимірюваного розміру виробу. До цих мікрометрів додаються по дві установочні міри, що дозволяють проводити вимірювання одним мікрометром у межах 300 — 400, 400 — 500 і 500 — 600 мм.

Для приведення у зіткнення вимірювальних поверхонь мікрометра з вимірюваним виробом користуються тільки механізмом тріскачки. Нормальна сила вимірювання забезпечується при трьох–п'яти потріскуваннях тріскачки. Після цього мікрогвинт стопорять і здійснюють відлік по шкалах мікрометра. Обертання мікрогвинта за барабан не допускається, тому що при цьому виникають недопустимо великі сили і псується різьба гвинта. Розміри вимірюють при виключеному верстаті так, щоб руки з мікрометром не знаходилися в площині обертання, наприклад, кулачків токарного верстата (рис. 1, ж).

Листовий мікрометр призначений для вимірювання товщини листів і стрічок. На відміну від гладкого мікрометра він оснащений нерухомим круглим циферблатом 5 (рис. 1, з) і покажчиком-стрілкою 6, з'єднаною з барабаном 4. Вимірювальна поверхня п'яти 2 сферичної форми. Мікрогвинт має крок, рівний 1 мм; тому при повороті на повний оберт він переміститься в осьовому напрямку на 1 мм. На циферблаті нанесено 100 позначок з ціною поділки 0,01 мм. На стеблі 3 нанесена міліметрова шкала. Виліт скоби 1 складає 20, 40 і 80 мм при діапазонах вимірів відповідно 0 — 5; 0 — 10 і 0 — 25 мм.

Трубний мікрометр призначений для вимірювання товщини стінок труб. Від гладкого мікрометра він відрізняється сферичною п'ятою і формою скоби (рис. 1 і), що має виїмку.

Зубомірний мікрометр призначений для вимірювання довжини загальної нормалі зубчастих коліс з модулем понад 1 мм. Від гладкого мікрометра він відрізняється дисковими насадками 1 (рис. 1, к).

Мікрометр типу МП служить для вимірювання діаметра дроту, тому його скоба (рис. 1 л) має відповідну форму.

Настільні мікрометри оснащені мікрометричною головкою з ціною поділки 0,01 мм, яка має на барабані сто поділок (крок мікрогвинта дорівнює 1 мм). Вони призначені для вимірювання розмірів малогабаритних деталей невеликої жорсткості, застосовуваних, наприклад, у приладобудуванні.

Мікрометричний глибиномір призначений для вимірювання глибини пазів, глухих отворів і висоти уступів. Він є мікрометричною головкою (рис. 2, а), запресованою в основу 1 перпендикулярно до її вимірювальної поверхні. У глухий отвір, виконаний у торці мікрогвинта, можуть бути щільно вставлені змінні стержні 2, що забезпечують вимірювання розмірів 0 — 150 мм через 25 мм. На стеблі мікрометричної головки поділки нанесені від 25 до 0 мм, тому що при закручуванні мікрогвинта за годинниковою стрілкою покази глибиноміра зростають. Фіксування мікрометричного гвинта здійснюють гвинтом 3.

Нульову установку глибиноміра перевіряють на перевірочній плиті. Схема вимірювання глибиноміром висоти уступу наведена на рис. 2б. Лівою рукою основу глибиноміра притискають до бази, а правою — обертають тріскачку 1 до зіткнення вимірювального стержня з контрольованою поверхнею, здійснюючи відлік.

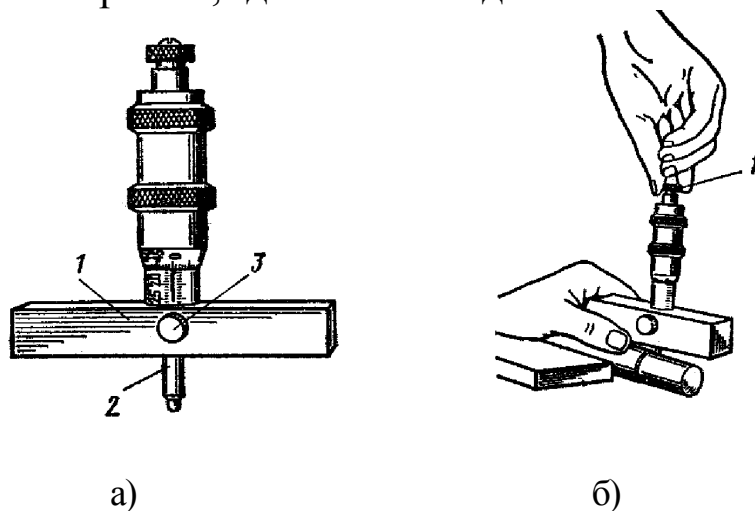


Рис. 2. мікрометричний глибиномір

Мікрометричний нутромір — накладний прилад для вимірювання внутрішніх розмірів за двоточною схемою, при якій одна точка нерухома, а друга — рухома під час вимірювання. Характеристики нутромірів наведені в таблиці 1 додатку ЛР2.

23

Подовжувач (рис. 3, в) — сталевий стержень 1 встановленого розміру зі сферичними вимірювальними поверхнями. Він поміщений у металеву трубу 2 з різьбовими муфтами 3 і 4 на її кінцях. Подовжувачі згвинчуються послідовно один з іншим до одержання необхідного розміру. Їхні розміри: 13, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 1000 і 2000 мм.

Настроювання нутроміра здійснюється по установочній мірі 1 (рис. 3, г), що є скобою з двома взаємно паралельними поверхнями. До кожного нутроміра додається одна установочна міра розміром 63, 75, 150 чи 350 мм відповідно до розмірів мікрометричної головки.

Головку 2 з наконечником 3 установлюють між вимірювальними поверхнями установочної міри 1, притримуючи міру і головку лівою рукою, а правою рукою, обертаючи барабан головки, знаходять найкоротшу відстань між поверхнями установочної міри. Застопоривши мікрогвинт стопором 4, виймають мікрометричну головку і перевіряють нульову установку за шкалою. Якщо нульова установка збита, то її відновлюють, звільнивши контргайку 9 (див. рис. 3, б) і повернувши барабан до збігання його нульової позначки з нульовим штрихом стебла.

Після перевірки мікроголовки по установочній мірі, розраховують подовжувачі, прагнучи до найменшого їхнього числа при складанні.

Приклад. Підібрати подовжувачі для вимірювання отвору діаметром 410 мм.

Для вимірювання розміру, рівного 410 мм, згідно табл. 1 вибирають мікрометричний нутромір з межами вимірювання 75 — 600 мм.

Мікрометрична головка забезпечує межі вимірювання 75 — 88 мм, тобто 13 мм. Розраховують сумарний розмір подовжувачів, віднімаючи з заданого розміру 410 мм нижню межу вимірювання мікрометричної головки, що рівна 75 мм; одержують $410 - 75 = 335$ мм. Для складання можуть бути обрані два подовжувачі номінальних розмірів 300 і 25 мм, що в сумі дає розмір 325 мм, а в зборі з мікрометричною головою, що має найменший розмір 75 мм, може бути виміряний розмір, рівний 400 мм. Ті 10 мм, яких бракує для вимірювання, будуть забезпечені ходом мікрогвинта головки, який рівний 13 мм.

Для вимірювання діаметра отвору (рис. 4, а) нутромір вводять у контрольований отвір, притискаючи його ліву вимірювальну поверхню лівою рукою, а правою рукою, обертаючи барабан, вигвинчують

мікрогвинт до зіткнення його з протилежною поверхнею отвору. Нутромір при цьому необхідно легко погойдувати до відчуття легкого тертя поверхонь нутроміра і виробу. Застопоривши мікрогвинт, виводять нутромір з отвору і відраховують по шкалах результат вимірів, додавши розміри подовжувачів.

Мікрометричний нутромір не має містка, що центрує, тому необхідно вимірювати діаметр у площині, перпендикулярній до осі отвору (положення I), і в площині осьового перерізу (положення II). Найбільший розмір у положенні I і найменший розмір у положенні II повинні збігатися. Тільки після такого збігу розмірів проводять відлік по шкалах нутроміра.

Відстань між двома внутрішніми взаємно паралельними площинами (рис.4, б) вимірюють також у двох положеннях. Відлік за шкалами нутроміра проводять при збіганні найменших показів у положеннях I і II.

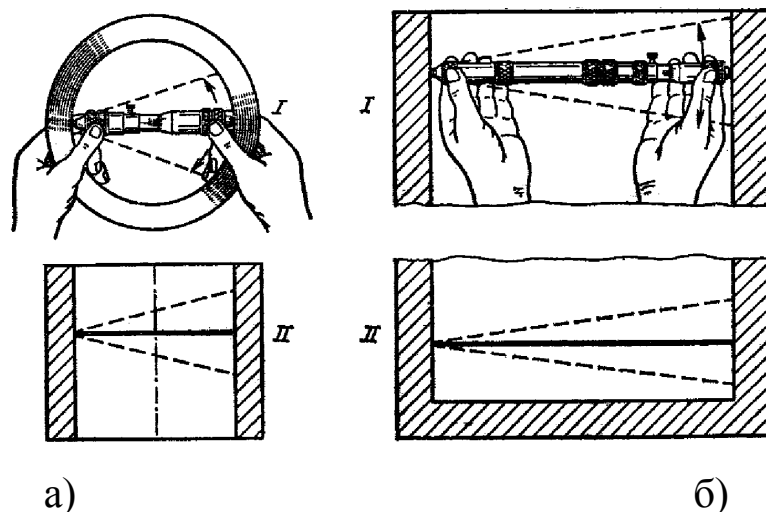


Рис 4. Вимірювання розмірів нутроміром

Засоби вимірювальної техніки з електронними цифровими відліковими пристроями. Такі засоби вимірювальної техніки появились порівняно недавно. Їх виробниками є відомі швейцарські, американські та японські фірми. Виготовляють такі засоби і в Україні, зокрема уже згадуване Харківське науково-виробниче підприємство “МИКРОТЕХ”.

На рис.5 показано зовнішній вигляд мікрометра з електронним цифровим відліковим пристроєм. Ціна поділки 0,001 мм.



Рис. 5. Мікрометр з електронним цифровим відліковим пристроєм

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з теоретичними відомостями, вміщеними в інструкції до лабораторної роботи.
2. Вивчити будову мікрометричних приладів, наявних в лабораторії.
3. Навчитися проводити вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів з допомогою мікрометричних приладів.
4. Дати характеристику мікрометрів, наявних в лабораторії, заповнивши таблицю 1.

4. Звіт про виконану роботу

Заповнити таблицю 1.

Таблиця 1. Характеристика мікрометрів

№ з/п	Назва мікрометричного інструменту	Тип	Призначення	Межі вимірювання	Ціна поділки

5. Питання для самоконтролю

1. Які засоби вимірювальної техніки належать до мікрометричних?
2. Опишіть будову мікрометра.
3. Як визначається розмір елемента деталі за шкалами мікрометра?
4. Як перевірити нульову установку мікрометра?
5. Як здійснити нульову установку мікрометра?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Таблиця 1. Характеристики мікрометричних приладів

Тип	Діапазон вимірювання приладу (мікрометричних голівки), мм	Гранична похибка приладу класу точності, мм	
		1	2
Мікрометри з ціною поділки 0,01 мм (ГОСТ 6507-78)			
МК гладкий	0-28	± 0,002	± 0,004
	25-50; 50-75; 75-100	± 0,0025	± 0,004
	100-125; 125-150; 150-175; 175-200	± 0,003	± 0,005
	200-225; 225-250; 250-275; 275-300	± 0,004	± 0,006
	300-400; 400-500	± 0,005	± 0,008
	500-600	± 0,006	± 0,01
	МЛ листовий	0-5; 0-10; 0-25	± 0,004
МТ трубний	0-25	± 0,004	
МЗ зубомірний	0-2; 25-50; 50-75; 75-100	± 0,005	
МП для дроту	0-10	± 0,004	
МГ-голівка мікрометрична	0-25	± 0,004	
Мікрометри настільного типу з ціною поділки 0,01 мм			
МГ горизонтальний	0-20	± 0,002 мм на ділянці шкали до 3 мм	
МВ вертикальний	0-10	± 0,003 мм на ділянці шкали вище 3 мм	
Мікрометри настільного типу з стрілочним відліковим пристроєм ціною поділки 0,01 мм			
МН-1 і МН-2	0-10	± 0,002	
Мікрометричні глибиноміри (ГОСТ 7470-78)			
ГМ	0-25	± 0,002	± 0,004
	25-50	± 0,003	
	50-100		± 0,005
	100-150	± 0,004	± 0,006
НМ	50-75 (50-63)	± 0,004	
	75-175 (75-88)	± 0,006	
	75-600 (75-88)	± 0,015	
	150-1250 (150-175)	± 0,02	
	800-2500 (150-175)	± 0,04	
НМІ	1250-4000 (350-375)	± 0,06	
	2500-6000 (350-375)	± 0,08	
Мікрометр настільного типу з цифровим електронним відліковим			
Мод. 19005	0-10 (крок дискретності 1 мкм)	± 0,002	

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Дослідження параметрів точності гладких циліндричних з'єднань

Мета роботи: оволодіти методикою розрахунку різних груп посадок, навчитися користуватися таблицями допусків для лінійних розмірів.

Обладнання: довідкові таблиці.

1. Питання для самопідготовки

1. Номінальний та граничні розміри.
2. Верхнє та нижнє граничні відхилення.
3. Допуск розміру.
4. Поле допуску.
5. Посадка. Види посадок.

2. Теоретичні відомості

Основні поняття і термінологія.

З'єднання, отвір і вал, посадка, зазор, натяг

Машини і механізми складаються з деталей, які в процесі роботи повинні здійснювати відносні рухи або знаходитися у відносному спокої. Дві деталі, елементи яких входять один в одного, утворюють з'єднання. Такі деталі називаються спряженими деталями, а поверхні елементів, що контактують між собою, — спряженими поверхнями. Поверхні тих елементів деталей, які не входять в з'єднання з поверхнями інших деталей, називаються не спряженими поверхнями. З'єднання поділяють за геометричною формою спряжених поверхонь. З'єднання деталей, що мають циліндричні спряжені поверхні з круглим поперечним перетином, називаються гладким циліндричними (рис. 1, а). Якщо поверхнями кожного елементу з'єднання є дві паралельні площини, то з'єднання називається плоским з'єднанням з паралельними площинами або просто плоским (рис. 1, б).

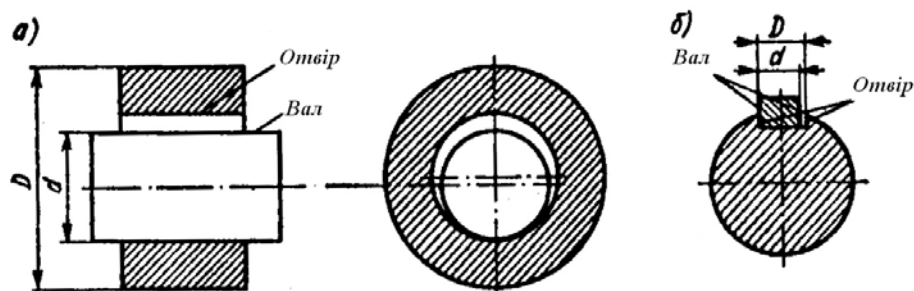


Рис. 1. Гладке циліндричне (а) та плоске (б) з'єднання

У з'єднанні елементів двох деталей один з них є внутрішнім (що охоплює), інший — зовнішнім (охоплюваним). У системі допусків і посадок гладких з'єднань всякий зовнішній елемент умовно називається валом, всякий внутрішній — отвором. Терміни «отвір» і «вал» застосовуються і до елементів, що не утворюють з'єднання.

Під розміром елементів гладких з'єднань у спряженні, і аналогічних елементів, що не є спряженими, розуміють: у циліндричних з'єднаннях — діаметр, в плоских — відстань між паралельними площинами по нормалі до них. У вузькому сенсі в системі допусків і посадок розмір — числове значення лінійної величини (діаметру, довжини і т. д.) у вибраних одиницях вимірювання (у машинобудуванні зазвичай в міліметрах).

Різниця розмірів отвору і вала до складання визначає характер з'єднання деталей, або посадки, тобто більшу чи меншу свободу відносного переміщення деталей або ступінь опору їх взаємному зсуву. Різниця розмірів отвору і вала, якщо розмір отвору більший за розмір вала, називається зазором (рис. 2, а)

$$S=D-d. \quad (1)$$

Різниця розмірів вала і отвору до складання, якщо розмір вала більший за розмір отвору, називається натягом (рис. 2, б)

$$N=d-D. \quad (2)$$

Зазор характеризує більшу чи меншу свободу відносного переміщення деталей.

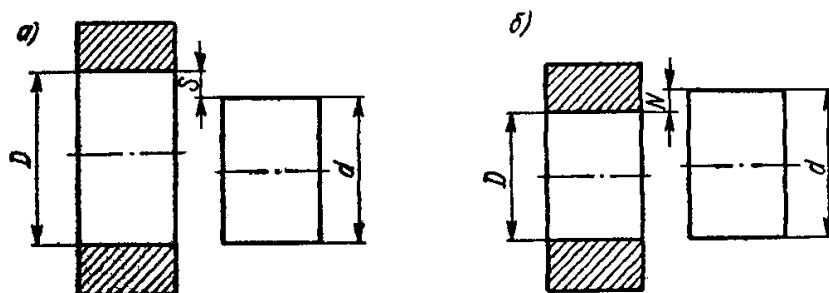


Рис. 2. Зазор і натяг

Натяг характеризує ступінь опору взаємному зсуву деталей в з'єднанні.

У необхідних випадках зазор може бути виражений як натяг із знаком мінус ($S=-N$), а натяг — як зазор із знаком мінус ($N=-S$).

Дійсний і граничні розміри. Допуск розміру

Дійсним розміром (D_d, d_d) називається розмір, встановлений вимірюванням деталі з допустимою похибкою. Два гранично допустимі розміри, між якими повинен знаходитися дійсний розмір придатної деталі, називаються граничними розмірами. Деталь вважається придатною і в тому випадку, якщо дійсний розмір рівний граничному. Більший з двох граничних розмірів називається найбільшим граничним розміром (D_{max}, d_{max}), менший — найменшим граничним розміром (D_{min}, d_{min}).

Різниця між найбільшим і найменшим граничними розмірами називається допуском розміру:

для отвору

$$T_d = D_{max} - D_{min}; \quad (3)$$

для вала

$$T_d = d_{max} - d_{min}. \quad (4)$$

Допуск є мірою точності розміру. Чим менший допуск, тим вищою є точність деталі, тим меншим допускається коливання дійсних розмірів деталей і, отже, коливання зазорів або натягу в з'єднанні. І, навпаки, низька точність характеризується великим допуском. Допуск безпосередньо впливає на трудомісткість виготовлення і собівартість деталей. Чим більший допуск, тим простіше і дешевше виготовлення. Від допуску в значній мірі залежить вибір устаткування і засобів контролю, розрядність робочої сили, продуктивність обробки.

Номинальний розмір. Відхилення. Поле допуску

При побудові системи допусків і посадок, виконанні креслень і вимірюваннях розмір, як правило, зручніше виражати не в абсолютній формі — повним числовим значенням, — а за допомогою відхилення його від номінального розміру.

Номинальним розміром (D_n, d_n) називається розмір, який служить початком відліку відхилень і щодо якого визначаються граничні розміри. Номинальний розмір указують в кресленнях деталей. Він вибирається не довільно, а виходячи з функціонального

призначення деталі шляхом розрахунку (на міцність, жорсткість і т. п.) і на основі інших конструктивних і технологічних міркувань. При цьому розрахункове значення розміру повинне округлятися до найближчого нормального лінійного розміру, більшого або меншого, а при розрахунку на міцність — тільки до найближчого більшого.

Відхиленням розміру називається алгебраїчна різниця між розміром (дійсним, граничним і т.д.) і відповідним номінальним розміром. Відхилення, на відміну від розмірів, які завжди виражаються позитивними числами, можуть бути і позитивними (із знаком плюс), якщо розмір більший за номінальний, і від'ємними (із знаком мінус), якщо розмір менший за номінальний. Якщо розмір рівний номінальному розміру, то його відхилення рівне нулю.

Дійсним відхиленням називається алгебраїчна різниця між дійсним і номінальним розмірами:

для отвору

$$E_d = D_d - D_n; \quad (5)$$

для вала

$$e_d = d_d - d_n. \quad (6)$$

Граничним відхиленням називається алгебраїчна різниця між граничним і номінальним розмірами. Розрізняють верхнє і нижнє граничні відхилення, застосовуючи при цьому короткі терміни — верхнє і нижнє відхилення. Верхнє відхилення — алгебраїчна різниця між найбільшим граничним і номінальним розмірами (рис. 3, 4):

для отвору

$$ES = D_{\max} - D_n; \quad (7)$$

для вала

$$es = d_{\max} - d_n. \quad (8)$$

Нижнє відхилення — алгебраїчна різниця між найменшим граничним і номінальним розмірами:

для отвору

$$EI = D_{\min} - D_n; \quad (9)$$

для вала

$$ei = d_{\min} - d_n. \quad (10)$$

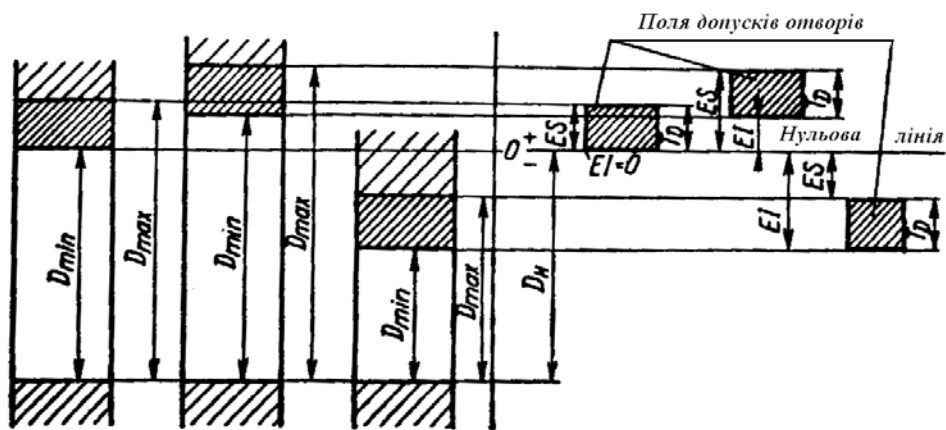


Рис. 3. Відхилення розмірів отвору

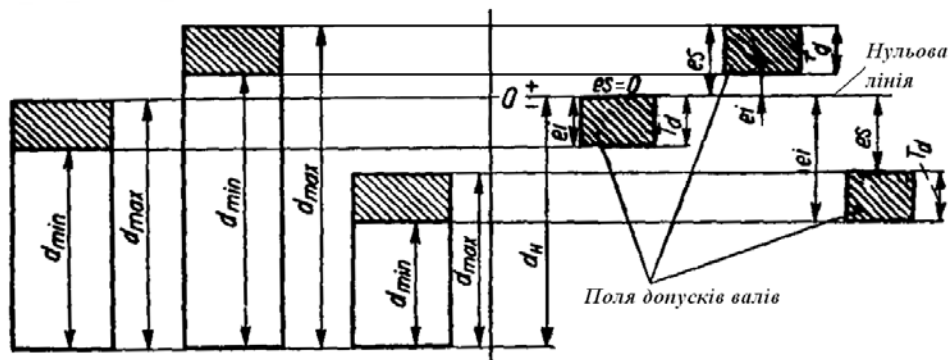


Рис. 4. Відхилення розмірів вала

При необхідності, користуючись формулами (7) – (10), за номінальним розміром і відхиленням можна підрахувати відповідний граничний розмір

$$D_{\max} = D_H + ES; \quad (11)$$

$$D_{\min} = D_H + EI; \quad (12)$$

$$d_{\max} = d_H + es; \quad (13)$$

$$d_{\min} = d_H + ei. \quad (14)$$

У ці формули відхилення повинні підставлятися зі своїми знаками. Допуск розміру також може бути визначений через граничні відхилення як алгебраїчна різниця між верхнім і нижнім відхиленнями:

$$T_D = ES - EI; \quad (15)$$

$$T_d = es - ei. \quad (16)$$

За граничними розмірами або граничними відхиленнями можна визначити середній розмір або середнє відхилення

$$D_c = 0,5(D_{\max} + D_{\min}); \quad (17)$$

$$d_c = 0,5(d_{\max} + d_{\min}); \quad (18)$$

$$E_c = 0,5(ES + EI); \quad (19)$$

$$e_c = 0,5(es + ei). \quad (20)$$

Поняття про номінальний розмір і відхилення спрощує графічне зображення допусків і посадок у вигляді схем розташування полів допусків. На схемах в умовному масштабі відкладаються граничні відхилення щодо нульової лінії — лінії, що відповідає номінальному розміру. Зазвичай нульову лінію проводять горизонтально. Тоді вгору від нульової лінії відкладаються додатні відхилення, вниз — від'ємні. Незалежно від знаків граничних відхилень для одного і того ж елементу деталі лінія верхнього відхилення завжди розміщена вище за лінію нижнього відхилення. Зона, що міститься між двома лініями, які відповідають верхньому і нижньому відхиленням, називається полем допуску. Термін «поле допуску» можна застосовувати і не пов'язуючи його з графічним зображенням допусків і посадок. В цьому випадку під полем допуску розуміють інтервал значень, обмежений верхнім і нижнім відхиленнями, в межах якого допускаються дійсні відхилення розміру деталі. Поле допуску — поняття ширше, ніж допуск. Поле допуску характеризується своєю величиною (допуском) і розташуванням щодо номінального розміру. При одному і тому ж допуску можуть бути різні за розташуванням поля допусків.

Типи посадок. Граничні зазори і натяг. Допуск посадки

Унаслідок коливання розмірів деталей при виготовленні значення зазорів і натягу при складанні деталей також коливатимуться. Дійсним зазором або дійсним натягом називаються відповідно зазор або натяг, визначені різницею дійсних розмірів отвору і вала за формулами (1) і (2). У з'єднаннях, де необхідний зазор, дійсний зазор повинен знаходитися між двома граничними значеннями, що називаються найменшим і найбільшим зазорами ($S_{\max}$ і $S_{\min}$), які визначаються виходячи із службового призначення з'єднання. Відповідно в з'єднаннях, де необхідний натяг, дійсний натяг повинен знаходитися між двома граничними значеннями, що називаються найменшим і найбільшим натягом ($N_{\max}$ і $N_{\min}$), який визначається виходячи із службового призначення з'єднання.

Граничні зазори або натяги кресленнями безпосередньо не встановлюються. Для того, щоб забезпечити незалежне виготовлення деталей з'єднання, а при складанні отримати зазори або натяги в потрібних межах без додаткової підгонки або регулювання деталей, конструктор повинен призначити посадку у вигляді певного поєднання полів допусків отвору і вала. При призначенні посадок

номінальний розмір для отвору і вала, складових з'єднання, є загальним (однаковим) і називається номінальним розміром з'єднання ($d_{нз}=D_{н}=d_{н}$). Граничні зазори і натяги в посадці в цьому випадку можуть бути розраховані як за різницею граничних розмірів отвору і вала, так і за різницею їх граничних відхилень.

Залежно від взаємного розташування полів допусків отвору і вала розрізняють посадки трьох типів: із зазором, натягом і перехідні.

Посадкою із зазором називається посадка, при якій забезпечується зазор в з'єднанні. У посадці із зазором поле допуску отвору розташоване над полем допуску вала (рис. 5). Для посадок із зазором:

$$S_{\min}=D_{\min}-d_{\max}=EI-es; \quad (21)$$

$$S_{\max}=D_{\max}-d_{\min}=ES-ei. \quad (22)$$

Значення $S_{\min}$ іноді називають «гарантованим зазором». До посадок із зазором відносяться також і так звані ковзаючі посадки, в яких нижня межа поля допуску отвору співпадає з верхньою межею поля допуску вала. Для них $S_{\min}=0$.

Посадкою з натягом називається посадка, при якій забезпечується натяг в з'єднанні. У такій посадці поле допуску отвору розташоване під полем допуску вала (рис. 6). Для посадок з натягом:

$$N_{\min}=d_{\min}-D_{\max}=ei-ES; \quad (23)$$

$$N_{\max}=d_{\max}-D_{\min}=es-EI. \quad (24)$$

Допуск натягу

$$T_N=N_{\max}-N_{\min}=(es-ei)+(ES-EI)=T_D+T_d. \quad (25)$$

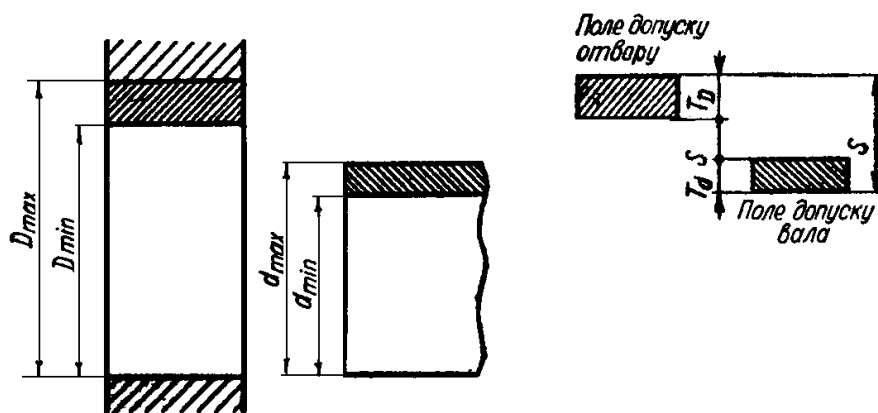


Рис. 5. Розміщення полів допусків для посадки з зазором

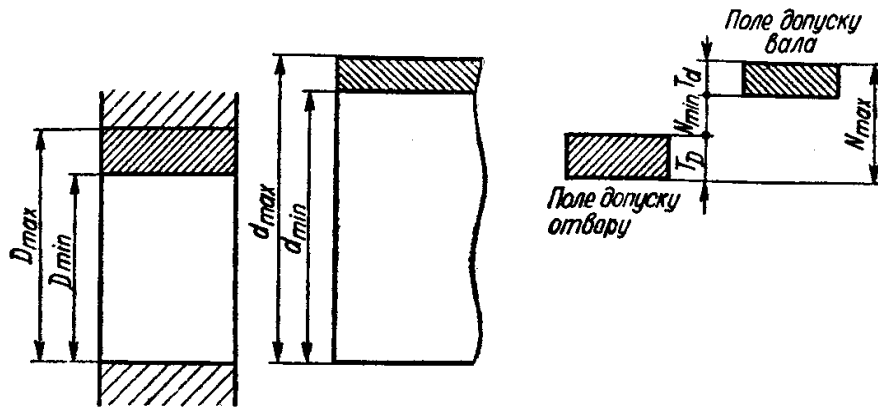


Рис. 6. Розміщення полів допусків для посадки з натягом

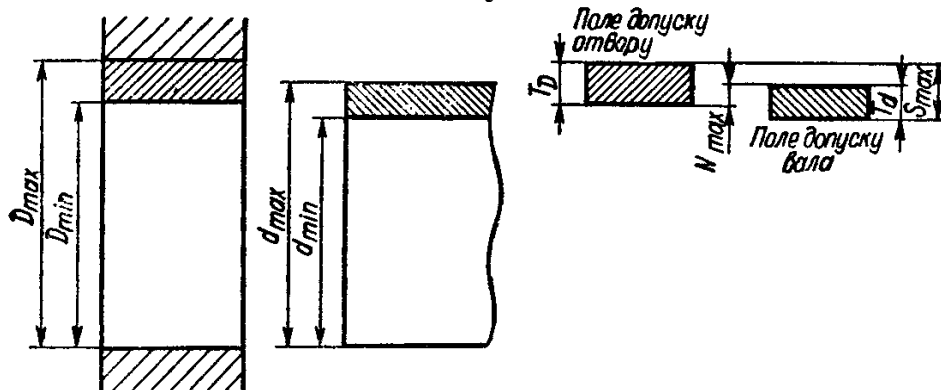


Рис. 7. Розміщення полів допусків для перехідної посадки

Перехідною посадкою називається посадка, при якій можливе отримання як зазору, так і натягу. У такій посадці поля допусків отвору і вала повністю або частково перекривають один одного (рис. 7). Перехідні посадки характеризуються найбільшими значеннями натягу і зазору:

$$N_{\max} = es - EI; \quad (26)$$

$$S_{\max} = ES - ei. \quad (27)$$

Найбільший зазор перехідної посадки часто подають у вигляді від'ємного найменшого натягу, тобто

$$N_{\min} = -S_{\max} = ei - ES. \quad (28)$$

Допуск посадки (допуск натягу або допуск зазору) для перехідної посадки

$$T_N = T_S = N_{\max} - N_{\min} = S_{\max} - S_{\min} = (ES - EI) + (es - ei) = T_D + T_d. \quad (29)$$

Таким чином, для будь-якої посадки, незалежно від її типу, допуск посадки є сумою допусків отвору і вала, які складають з'єднання.

При розрахунку і виборі посадок конструктора можуть цікавити не тільки граничні зазори і натяги, але і середні, зазвичай найбільш вірогідні, зазори і натяги.

Середній зазор є середнім арифметичним між найбільшим і найменшим зазорами:

$$S_c = 0,5(S_{\max} + S_{\min}), \quad (30)$$

або

$$S_c = E_c - e_c. \quad (31)$$

Середній натяг є середнім арифметичним між найбільшим і найменшим натягом:

$$N_c = 0,5(N_{\max} - N_{\min}), \quad (32)$$

або

$$N_c = e_c - E_c. \quad (33)$$

У перехідних посадках середній натяг розраховують за формулами:

$$N_c = 0,5(N_{\max} - N_{\min}) = 0,5(N_{\max} - S_{\max}), \quad (34)$$

або

$$N_c = e_c - E_c \quad (35)$$

(результат із знаком мінус означатиме, що середнє значення для посадки відповідає зазору).

3. Послідовність виконання роботи

Для заданих розмірів (варіант завдання задає викладач з таблиці 1 додатку) визначити:

- граничні розміри вала і отвору;
- допуски розмірів вала і отвору;
- середні відхилення розмірів вала і отвору;
- побудувати схему полів допусків;
- встановити вид посадки;
- визначити граничні зазори (натяги) та допуски посадок, позначити їх на схемі полів допусків;
- користуючись таблицею 2 додатку, за номінальним розміром і його допуском встановити квалітет.

4. Звіт про виконану роботу

Виконати завдання на лабораторну роботу за варіантом, вказаним викладачем.

5. Питання для самоконтролю

1. Який розмір називають номінальним, дійсним, граничним?
2. Що називають граничним відхиленням?
3. Що таке допуск розміру?

4. Що характеризує допуск розміру?
5. Що таке поле допуску?
6. Що таке посадка?
7. Які існують види посадок?
8. Як обчислити граничні зазори чи натяги у посадках?

Література

1. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
2. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Таблиця 1. Варіанти завдань

Варіант	D, d мм	ES, мкм	EI, мкм	es, мкм	ei, мкм
1	60	+190	0	-100	-290
2	60	+76	+30	0	-30
3	60	+174	+100	+50	+20
4	40	+25	0	-9	-25
5	40	+16	0	0	-16
6	60	+90	+60	0	-30
7	70	+18	+12	0	-30
8	50	+39	0	-9	-34
9	35	+25	0	-9	-25
10	45	+64	+25	-25	-87
11	60	+46	0	+133	+87
12	50	+16	0	+42	+26
13	50	+25	0	+50	+34
14	40	+16	0	+33	+17
15	75	-32	-62	0	-30
16	55	+9	-21	+51	+32
17	35	+8	-8	+42	+26
18	90	+11	-11	+72	+37
19	85	+17	-17	+62	+32
20	40	+12	-12	+51	+26
21	60	+30	0	+21	+2
22	60	-9	-39	0	-19
23	40	+25	0	+8	-8
24	50	+16	0	+18	+2
25	40	+25	0	+33	+17
26	35	+25	0	+18	+2
27	45	+3	-13	0	-25
28	30	+10	-10	+59	+43
29	95	+10	-25	+72	+37
30	75	0	-74	+105	+59

Таблиця 2. Допуски за квалітетами

Інтервал розмірів, мм	КВАЛІТЕТ									
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	Допуск ІТ, мкм									
До 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14
Понад 3 до 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18
Понад 6 до 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22
Понад 10 до 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27
Понад 18 до 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33
Понад 30 до 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39
Понад 50 до 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46
Понад 80 до 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54
Понад 120 до 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63
Понад 180 до 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72
Понад 250 до 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81
Понад 315 до 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89
Понад 400 до 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97

Інтервал розмірів, мм	КВАЛІТЕТ									
	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
	Допуск ІТ, мкм									
До 3	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	
Понад 3 до 6	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	
Понад 6 до 10	36	58	90	150	220	360	780	900	1500	
Понад 10 до 18	43	70	110	180	270	480	700	1100	1800	
Понад 18 до 30	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	
Понад 30 до 50	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	
Понад 50 до 80	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	
Понад 80 до 120	87	140	220	350	640	870	1400	2200	3500	
Понад 120 до 180	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	
Понад 180 до 250	115	185	290	460	620	1150	1850	2900	4600	
Понад 250 до 315	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхонь гладким мікрометром

Мета роботи: засвоїти прийоми користування гладким мікрометром для вимірювання розмірів та відхилень форми поверхонь деталей машин.

Обладнання: мікрометр гладкий, набір КМД, деталі типу “вал”.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.
2. Призначення кінцевих мір довжини.
3. Призначення мікрометра гладкого.
4. Граничні відхилення розмірів.
5. Допуск розміру.
6. Визначення допустимої похибки вимірювання.

2. Теоретичні відомості

2.1 Засоби вимірювальної техніки

Мікрометр гладкий

Основою мікрометра є скоба 1, а передаючим засобом служить гвинтова пара, яка складається з мікрометричного гвинта 3 і мікрометричної гайки, розташованої в стеблі. В скобу запресовані п'ята 2 і стебло. Вимірювана деталь охоплюється вимірювальними поверхнями мікрогвинта і п'ятки. Барабан 6 приєднаний до мікрогвинта корпусом тріскачки 8. Для наближення мікрогвинта до п'ятки його обертають за барабан або за тріскачку правою рукою за годинниковою стрілкою (від себе), а для віддалення мікрогвинта від п'ятки його обертають проти годинникової стрілки (на себе). Закріплюють мікрогвинт в потрібному положенні стопором 4. При дотиканні вимірювальних поверхонь мікрометра до деталі тріскачка повертається з легким потріскуванням, при цьому стабілізується вимірювальне зусилля мікрометра.

Результат вимірювання розміру мікрометром відраховується, як сума рахунків по шкалі стебла і барабана. Треба пам'ятати, що ціна поділки шкали стебла 0,5 мм, а шкали барабана 0,01 мм. Максимальна похибка вимірювання зовнішніх розмірів гладким мікрометром $\Delta = 5 \div 50 \text{ мм}$.

2.2. Підготовка до вимірювання

1. Циліндричну поверхню елемента вала, який потрібно виміряти, акуратно протерти чистою тканиною для усунення залишків стружки, окалини, шламу і мастильно-охолоджуючої рідини.

2. Протерти мікрометр чистою тканиною (особливо вимірювальні поверхні мікрогвинта і п'ятки). Перевірити вільність стопора, плавність роботи тріскачки і легкість обертання мікрогвинта в мікрогайці і стеблі.

3. Перевірити встановлення мікрометра на "0". Для цього мікрометр взяти за скобу лівою рукою біля п'ятки і обертаючи мікрогвинт за тріскачку від себе, плавно підвести його торець до торця, доки тріскачка не прокрутиться 3-4 рази. В цьому положенні нульовий штрих шкали барабана повинен співпасти з повздовжнім штрихом шкали стебла, а зріз барабана повинен знаходитись над нульовим штрихом шкали стебла.

Якщо таке співпадання відсутнє, то мікрометр встановлений на "0" неточно і вимірювати ним не можна.

2.3. Встановлення мікрометра на "0"

1. В положенні щільного прилягання поверхонь мікрогвинта і п'ятки закріпити мікрогвинт стопором.

2. Від'єднати барабан від мікрогвинта. Для цього охопити лівою рукою барабан, а правою рукою - корпус тріскачки і обертати його проти годинникової стрілки (на себе) до появи осьового люфта барабана на мікрогвинті.

3. Сполучити нульовий штрих шкали барабана з повздовжнім штрихом шкали стебла, для чого скобу мікрометра охопити лівою рукою, при цьому пальцями лівої руки утримувати барабан в положенні збігу нульових штрихів, а правою рукою обертати корпус тріскачки за годинниковою стрілкою до повного закріплення барабана на мікрогвинті.

4. Звільнити стопор, повертаючи його проти годинникової стрілки.

5. Перевірити правильність виконаної установки мікрометра на "0". Для цього відвести мікрогвинт від п'ятки, обертаючи його за тріскачку проти годинникової стрілки на 3-4 оберти, а потім плавним рухом підвести до п'ятки.

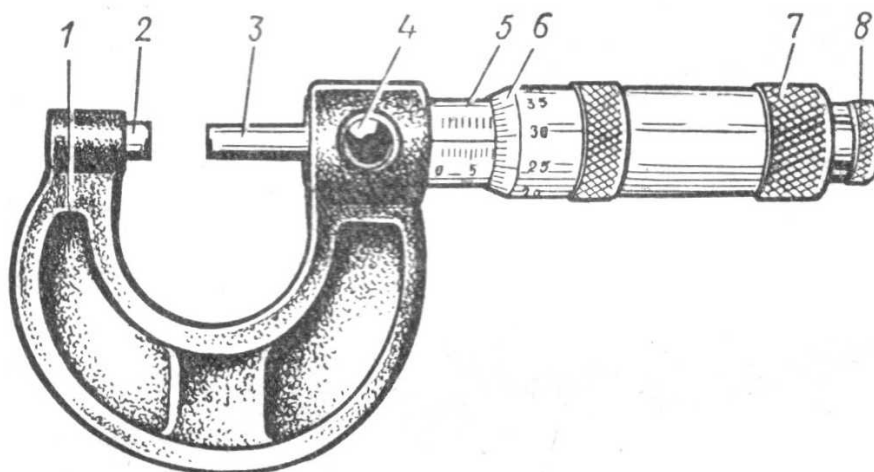


Рис. 1. Мікрометр гладкий

1- скоба, 2- п'ята, 3- мікрогвинт, 4- стопорний гвинт, 5 – стебло, 6 – барабан, 7 – корпус тріскачки, 8 - тріскачка

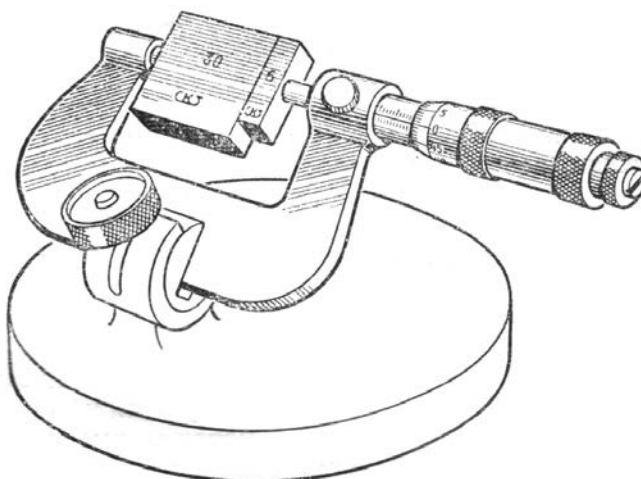


Рис. 2. Встановлення мікрометра на “0” з допомогою блока КМД

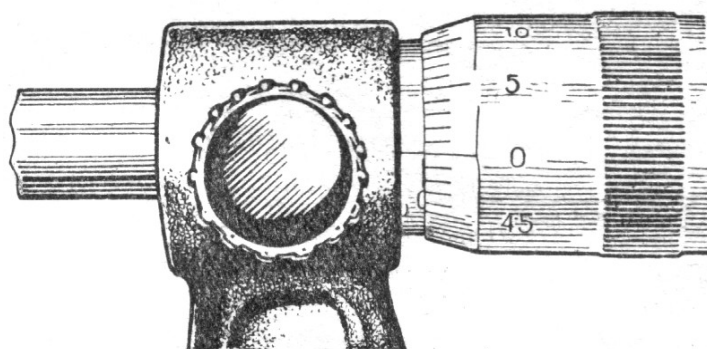


Рис. 3. Зображення шкали мікрометра в положенні правильного встановлення на “0”

Якщо установка мікрометра на "0" з першого разу не вдалася, то її повторюють знову до тих пір, поки не буде досягнута потрібна точність збігу нульових штрихів шкал.

2.4. Вимірювання діаметра вала

1. Відвести мікрогвинт в початкове положення, для чого мікрометр взяти лівою рукою за скобу біля п'ятки, а правою рукою обертати мікрогвинт за тріскачку проти годинникової стрілки (на себе) до появи з-під барабану на шкалі стебла штриха, який показує розмір на 0,5мм більший ніж величина номінального розміру, заданого по кресленню вимірюваної деталі.

2. Охопити вимірювальними поверхнями мікрогвинта і п'ятки циліндричну поверхню вала в діаметральній площині, для чого:

взяти лівою рукою мікрометр за скобу біля п'ятки, а правою рукою взяти за тріскачку і накласти мікрометр на деталь так, щоб вимірювана поверхня вала була на осі вимірювання (віссю вимірювання вважається загальна вісь мікрогвинта і п'яти мікрометра);

підвести мікрогвинт до поверхні вала до затиску його між торцями мікрогвинта і п'ятки настільки тісно, щоб тріскачка провернулася 2-3 рази.

3. Зняти покази мікрометра (повна величина показів складається з відрахунку по шкалі стебла і відрахунку по шкалі барабана).

Заміри повторити 2-3 рази, записуючи кожен результат. Підрахувати середню величину показів і занести її в звіт до роботи.

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією деталі і вимогами робочого креслення. Заповнити таблицю 1.

2. Ознайомитися з засобом вимірювальної техніки. Заповнити таблицю 2.

3. Підготувати засіб вимірювальної техніки до вимірювання.

4. Провести вимірювання деталі згідно заданої схеми (результати вимірювань занести в таблицю 3). Обчислити відхилення форми поверхні вала (результати обчислень занести в таблицю 3). Зробити висновок про придатність деталі.

4. Звіт про виконану роботу (див. додаток ЛР4)

5. Питання для самоконтролю

1. Яка будова мікрометра?
2. Як встановити мікрометр на “0”?
3. Як встановити придатність засобу вимірювальної техніки для контролю конкретного розміру?
4. Як обчислити відхилення форми вала від круглості і циліндричності?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Звіт про виконану роботу

1. Найменування деталі: _____.

Параметри деталі

Таблиця 1

Найменування параметру	Номінальний розмір, мм	Граничні відхилення, мм		Граничні розміри, мм		Допуск розміру, мм	Допустима похибка вимірювання
	d	es	ei	d _{min}	d _{max}	T _d	

2. Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 2

№, п/п	Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Межі вимірювання за шкалою, мм	Гранична похибка вимірювання, мм
1	Мікрометр гладкий			

3. Ескіз деталі з зазначенням схеми вимірювання

4.Результати вимірювань

Таблиця 3

Пояс вимірювань	Площина вимірювань	Результати вимірювань, мм	Відхилення форми, мм			Висновок про придатність деталі
			овальність	конусо- подібність	бочкоподібність, сідлоподібність	
I-I	А-А					
	Б-Б					
II-II	А-А					
	Б-Б					
III-III	А-А					
	Б-Б					

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхонь індикаторним нутроміром

Мета роботи: засвоїти прийоми користування індикаторним нутроміром для вимірювання розмірів та відхилень форми поверхонь деталей машин.

Обладнання: індикаторний нутромір, набір КМД, деталь з отвором.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.
 2. Призначення кінцевих мір довжини.
 3. Призначення індикаторного нутроміра.
 4. Граничні відхилення розмірів.
1. Допуск розміру.
 2. Визначення допустимої похибки вимірювання.

2. Теоретичні відомості

2.1. Засоби вимірювальної техніки

Індикаторний нутромір

Основою нутроміра (рис.1) є пустотілий стержень 4, оснащений теплоізоляційною ручкою-трубкою 6. В верхній частині стержень має приєднувальний отвір з затискачем 8; в отворі встановлюється і закріплюється вимірювальна головка 7- зазвичай індикатор годинникового типу або важільно-зубчаста головка з ціною поділки 0,001 або 0,002 мм. В нижній частині стержня розташована головка нутроміра, яка складається з корпусу 9, центруючого мостика 11 і вимірних стержнів - змінного жорсткого 10 і незмінного рухомого 1. Рух рухомого вимірного стержня передається стержню вимірної головки через шток 3. Центруючий мостик встановлює вісь вимірювання нутроміра (нею є загальна вісь вимірних стержнів) на співпадання з діаметром отвору вимірюваної деталі.

2.2. Підготовка до вимірювання

1. Протерти чистою тканиною отвір деталі і оглянути його поверхню для того, щоби впевнитися у відсутності забоїв і задирів.
2. Закріпити вимірювальну головку (індикатор годинникового типу або важільно - зубчасту головку) в приєднувальний отвір

стержня нутроміра. Для цього: перевірити вільність затискача приєднувального отвору стержня, вставити гільзу вимірювальної головки в цей отвір так, щоб кулька вимірювального наконечника торкалась торця штока, шкала циферблата була направлена в один бік з центруючим мостиком, а стрілка вимірювальної головки здійснила повний оберт (якщо вимірювальною головою служить індикатор годинникового типу або важільно - зубчата головка МИГ) або половину обороту (якщо вимірювальною головою служить важільно-зубчата головка ИГ). В цьому положенні щільно закріпити затискач приєднувального отвору нутроміра (при цьому необхідно зберегти можливість вільного переміщення вимірювального стержня вимірювальної головки).

3. Підготувати установочний комплект з блоку КМД, двох боковинок і тримача для КМД:

 підрахувати номінальні розміри окремих КМД для блока;

 промити всі предмети в бензині і витерти чистою тканиною, особливо щільно вимірні поверхні КМД і боковинки;

 притерти в блок спочатку КМД, а потім до них з протилежних боків блока боковинки, які повинні виступати по одну сторону блока, вставити комплект в тримач і закріпити щільно гвинтом.

Нутромір з гвинтовим переміщенням регулюючого стержня встановлюють на номінальний розмір таким чином:

 звільнити контргайку змінного вимірного стержня і відкрутити змінний стержень з корпусу головки нутроміра;

 вибрати змінний регулюючий стержень з діапазоном розмірів, в якому знаходиться номінальний розмір вимірюваного отвору і вкрутити його в корпус головки нутроміра;

 ввести нутромір вимірними стержнями в установочний комплект. Надати йому правильне положення і обертанням стержня в різьбі встановити стрілку вимірної головки близько нульового штриха шкали;

 закріпити контргайку змінного вимірного стержня.

2.3. Встановлення нутроміра на "0"

1. Взяти нутромір за теплоізоляційну ручку і ввести вимірний стержень між боковинками.

2. Спостерігаючи за основною стрілкою вимірної головки, переміщувати нутромір між боковинками коливними рухами: то гойдаючи його від себе - на себе, то покручуючи його вправо - вліво

навколо осі стержня, стараючись при цьому встановити вісь вимірних стержнів (вісь вимірювання) в положення, яке співпадає з найменшою відстанню між вимірними поверхнями боковинок. Це положення покаже стрілка вимірної головки нутроміра, коли дійде до крайнього (при її русі за годинниковою стрілкою) поділки і поверне назад. Для двох видів руху (коливний і обертовий) це повинен бути один і той же штрих кругової шкали головки.

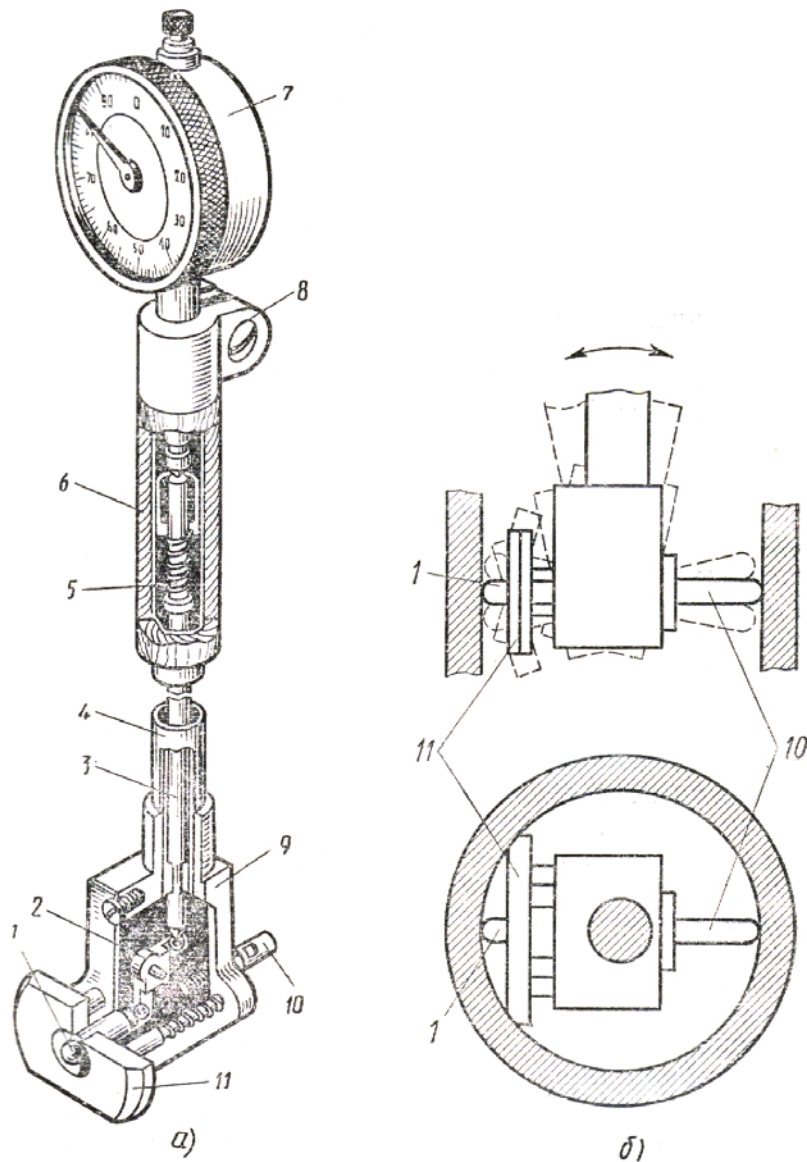


Рис. 1 Індикаторний нутромір

а) конструктивна схема; б) нутромір в отворі

- 1 – рухомий стержень-наконечник, 2 – важіль, 3 – шток, 4 – стержень,
 5 – черв'як, 6 – теплоізоляційна ручка, 7 – вимірювальна головка,
 8 – за-тискач, 9 – корпус, 10 – жорсткий стержень-наконечник,
 11 – центруючий місток

3. Запам'ятати число поділок і напрям від цього штриха до нульового штриха і вийняти нутромір з боковинок;

за обід циферблата повернути шкалу в наміченому напрямку на потрібне число поділок по нерухомій стрілці або по шкалі;

4. Знову вставити нутромір між боковинками і знову знайти його правильне положення в них, але тепер стрілка повинна доходити до нульового штриха кругової шкали. Якщо це не відбудеться, значить допущена помилка при запам'ятовуванні числа поділок або при виконанні повороту шкали. В цьому випадку необхідно запам'ятати нове зміщення стрілки і його напрямок від нульового штриха, нутромір вийняти з боковинок і виконати поворот шкали або стрілки на величину останнього зміщення. Потім нутромір ще раз встановити між боковинками, знайти знову його правильне положення і по переміщенню стрілки до нульового штриха шкали перевірити правильність встановлення нутроміра на "0".

2.4. Вимірювання діаметра отвору

1. Вставити нутромір в отвір деталі, яка вимірюється. Для цього нутромір узяти правою рукою за термоізоляційну ручку вимірювальною голівкою вгору, шкалою до себе, а лівою рукою притримувати деталь, що вимірюється, розташовуючи вісь її отвору у вертикальному положенні;

нахилити нутромір на себе і, натискаючи центруючим містком та рухомим вимірювальним стержнем на ближчий до себе бік поверхні отвору, ввести нутромір в отвір на невелику глибину, а потім випрямити його так, щоб регулювальний стержень уперся в протилежний бік отвору.

2. Просунути нутромір всередину отвору до розташування осі вимірювання на потрібній відстані від верху отвору;

у цьому місці встановити нутромір у правильне положення, тобто погойдувати його у вертикальній площині від себе - на себе, намагаючись зауважити найдальшу поділку кругової шкали, до якої доходить стрілка при її русі. Зняти покази нутроміра.

Примітка: При вимірюванні отвору нутроміром відхилення стрілки від «0» шкали за годинниковою стрілкою показує зменшення розміру діаметра отвору і має знак “-”, а відхилення проти годинникової стрілки показує збільшення діаметра отвору і має знак “+”.

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією деталі і вимогами робочого креслення. Заповнити таблицю 1.
2. Ознайомитися з засобом вимірювальної техніки. Заповнити таблицю 2.
3. Підготувати засіб вимірювальної техніки до вимірювання.
4. Провести вимірювання деталі згідно заданої схеми (результати вимірювань занести в таблицю 3). Обчислити відхилення форми поверхні вала (результати обчислень занести в таблицю 3). Зробити висновок про придатність деталі.

4. Звіт про виконану роботу (див. додаток ЛР5)

5. Питання для самоконтролю

1. Яка будова індикаторного нутроміра?
2. Як встановити індикаторний нутромір на “0”?
3. Як встановити придатність засобу вимірювальної техніки для контролю конкретного розміру?
4. Як обчислити відхилення форми отвору від круглості і циліндричності?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Звіт про виконану роботу

1. Найменування деталі: _____.

Параметри деталі

Таблиця 1

Найменування параметру	Номінальний розмір, мм	Граничні відхилення, мм		Граничні розміри, мм		Допуск розміру, мм	Допустима похибка вимірювання
	D	ES	EI	D _{min}	D _{max}	T _D	

2. Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 2

№, п/п	Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Межі вимірювання за шкалою, мм	Гранична похибка вимірювання, мм
1	Індикаторний нутромір			

3. Ескіз деталі з зазначенням схеми вимірювання

4.Результати вимірювань

Таблиця 3

Пояс вимірювань	Площина вимірювань	Результати вимірювань, мм	Відхилення форми, мм			Висновок про придатність деталі
			овальність	конусо- подібність	бочкоподібність, сідлоподібність	
I-I	А-А					
	Б-Б					
II-II	А-А					
	Б-Б					
III-III	А-А					
	Б-Б					

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №6

Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхні циліндричних деталей та радіального биття вала індикатором годинникового типу

Мета роботи: засвоїти прийоми користування індикатором годинникового типу для вимірювання розмірів та відхилень форми поверхонь деталей машин і радіального биття вала.

Обладнання: індикатор годинникового типу, стійка С-III, контрольні центри на станині, набір КМД, циліндричні деталі, вал.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.
2. Призначення кінцевих мір довжини.
3. Призначення індикатора годинникового типу.
4. Граничні відхилення розмірів.
5. Допуск розміру.
6. Визначення допустимої похибки вимірювання.

2. Теоретичні відомості

2.1. Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхні циліндричних деталей

2.1.1. Засоби вимірювальної техніки

Індикатор годинникового типу

Основою індикатора годинникового типу є корпус 8 (рис. 1), всередині якого вмонтований передавальний механізм - рейково-зубчаста передача. Скрізь корпус проходить вимірювальний стержень 2 з наконечником 1. На стержні нарізана рейка. Рухи вимірювального стержня-рейки передаються зубчастими колесами стрілці 5, поворот якої відраховується по круговій шкалі 4. Для встановлення на "0" кругова шкала повертається ободом 6. Для приєднання до стійки індикатор оснащують гільзою 3 або вушком.

Кругова шкала індикатора годинникового типу складається із 100 поділок. Ціна поділки 0,01мм, це означає що при переміщенні вимірювального наконечника на 0,01мм стрілка переміщується на одну поділку шкали.

Для вимірювання деталей порівнянням з кінцевими мірами довжини індикатор годинникового типу найкраще встановлювати в стійці.

2.1.2. Підготовка до вимірювання

1. Протерти чистою тканиною вимірювальну поверхню деталі для видалення залишків стружки, окалини, шламу чи мастильно-охолоджуючої рідини.

2. Уважно продивитися всю вимірювану поверхню деталі і переконатись в відсутності на ній забоїв, глибоких подряпин і виступаючих нерівностей, які можуть привести до похибок розміщення деталей на столі.

3. Підготувати блок з КМД:

підрахувати по номінальному розміру вимірюваної деталі номінальні розміри окремих КМД для блоку (якщо в ньому є необхідність); при цьому з номінального або найбільшого максимального розміру вимірюваної деталі необхідно почергово вирахувати розміри КМД, які є в наборі, отриманому для виконання роботи; вираховують спочатку менші і дробові розміри мір, а потім більші.

вийняти з набору міри з підібраними номінальними розмірами; протерти міри чистою тканиною, змоченою в бензині чи ацетоні, при чому особливо уважно вимірювальні поверхні;

притерти міри в блок.

4. Закріпити індикатор годинникового типу в кронштейні стійки, але так, щоб зберегти вільне переміщення вимірювального стержня.

Встановити індикатор на номінальний розмір і шкалу індикатора на "0", для цього :

поставити стійку перед собою і протерти поверхню столика;

встановити блок КМД на середину поверхні столика. Потім опустити плавно кронштейн з індикатором вниз до дотику вимірювального наконечника до поверхні верхньої КМД блоку і продовжити опускання кронштейна до тих пір, поки основна стрілка індикатора не виконає повний оберт. В цьому положенні закріпити щільно затискач кронштейна;

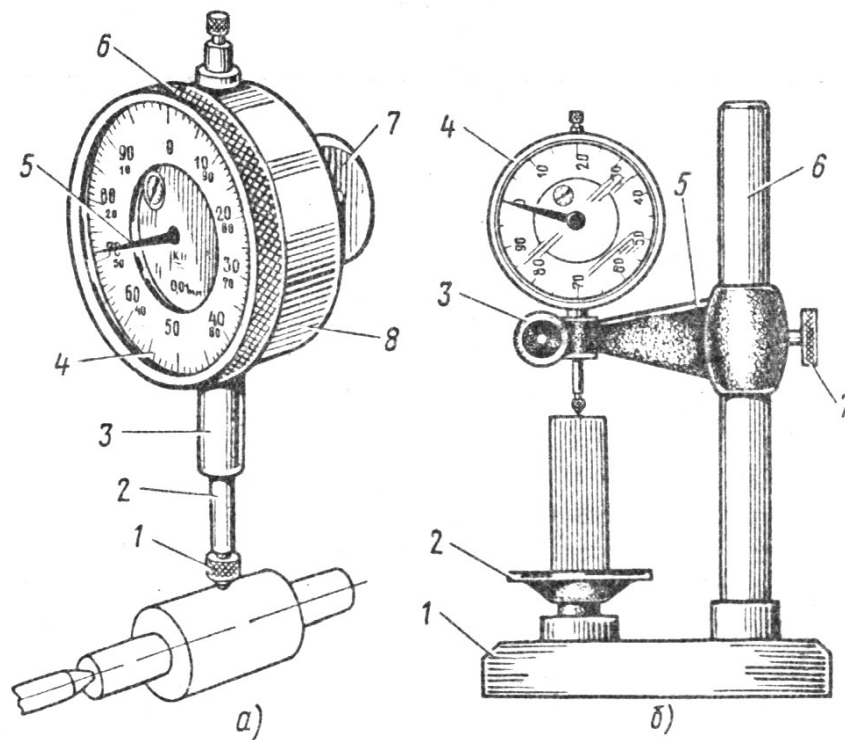


Рис. 1. Індикатор годинникового типу (а) і стійка (б)

- а) 1 – наконечник, 2 – стержень, 3 – гільза, 4 – кругова шкала,
5 – стрілка, 6 – обід кругової шкали, 7 – вушко, 8 – корпус;
б) 1 – основа, 2 – столик, 3 – затискач, 4 – індикатор годинникового типу, 5 –
кронштейн, 6 – колона, 7 – затискач

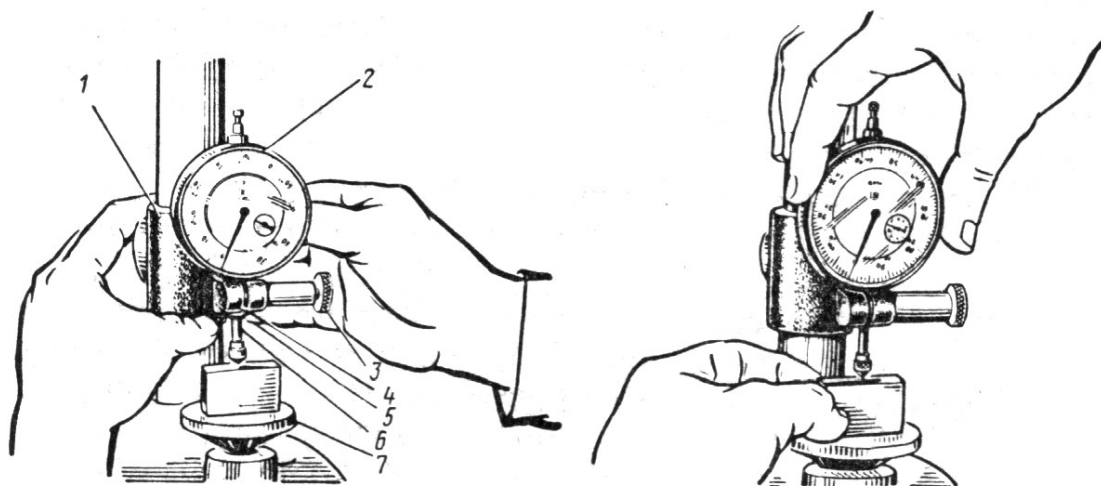


Рис. 2. Встановлення індикатора годинникового типу на номінальний розмір деталі по блоку КМД і встановлення шкали індикатора на “0”

перевірити правильність встановлення на "0". Для цього правою рукою підняти за головку вимірювальний стержень індикатора, лівою зняти з столика блок КМД, а потім знову встановити цей блок на стіл стійки серединою під вісь вимірювального наконечника і плавно опустити вимірювальний стержень індикатора. В цьому положенні головна стрілка повинна знаходитись проти середини нульового штриха кругової шкали індикатора.

Якщо при цьому середина штриха і вісь стрілки не співпадають, повторити вищезгадані дії, а якщо знову не співпадуть, то перевірити надійність затискачів приєднувальної втулки і кронштейна і ще раз повторити встановлення на "0".

2.1.3. Вимірювання діаметра деталі:

охопити щільно пальцями обох рук вимірювану деталь і покласти її на столик стійки перед віссю вимірювального стержня;

плавним поступальним рухом рук зрушити деталь перпендикулярно до її осі, ковзаючи нею по столику, і підвести діаметральний переріз під вимірювальний наконечник. Цей переріз легко замітити за зміною напрямку повороту стрілки індикатора - спочатку по мірі зростання розміру стрілка буде обертатися за годинниковою стрілкою, в місці проходження максимального розміру вона на мить зупиняється, а потім почне обертатися проти годинникової стрілки, так як розмір буде зменшуватися;

встановити вимірювальну деталь в положення максимуму, і притискаючи її до поверхні столика, ковзати по ній то від себе, то на себе. Під час ковзання слід слідкувати за рухами стрілки індикатора і визначити останню поділку шкали, до якої вона буде доходити при обертанні за годинниковою стрілкою. Такі рухи слід виконати декілька разів, доки при кожному русі на максимум стрілка не стане доходити до однієї і тієї ж поділки кругової шкали індикатора. Відрахувати число поділок від цієї крайньої поділки до нульової з врахуванням знаку відхилення, помножити на ціну поділки індикатора (у даному випадку на 0,01 мм.) і записати це відхилення на окремій картці;

зняти вимірювальну деталь зі стійки;

підрахувати дійсний розмір деталі у даному перерізі.

2.2. Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхні циліндричних деталей та радіального биття вала

2.2.1. Засоби вимірювальної техніки

1. **Вимірювальна головка.** Для вимірювання радіального биття поверхонь деталей машин використовують індикатор годинникового типу (див. 2.1.).

2. Приладом для контролю деталей на биття є **контрольні центри** на окремій станині ПБ-200-п або ПБ-500-п.

Основою приладу ПБ-200-п (рис.3) є станина 1 з направляючими, по якій пересуваються центрові бабки; одна бабка (2) оснащена жорстким центром, а друга (9) – рухомим. По середині станини встановлюється стійка 6 з кронштейном, що має приєднувальну втулку для кріплення індикатора 4. Для плавного підводу вимірювального наконечника індикатора до поверхні вимірювальної деталі кронштейн оснащений гвинтом мікро подачі 7.

Максимальна похибка вимірювання радіального биття індикатором годинникового типу рівна 5-20 мкм залежно від величини радіуса вимірюваної деталі і величини ходу вимірювального стержня індикатора.

2.2.2. Підготовка до вимірювання

1. Протерти чистою тканиною вимірювану поверхню деталі і її центрові отвори.

2. Уважно оглянути конічні частини центрових отворів і переконатися в відсутності забоїв і завусениць, так як їх наявність збільшує вимірювану величину биття поверхні.

3. Підготувати центри:

3.1. Встановити бабаку з жорстким центром на лівий край станини, для чого звільнити затискач бабки і посунути її вліво від середини станини на відстань не менше половини довжини вимірюваної деталі і закріпити.

3.2. Встановити бабку з рухомим центром правіше середини станини на відстань між центрами бабок, рівній довжині вимірюваної деталі. Для цього звільнити затискач бабки і посунути її вправо до краю станини. Взяти деталь в ліву руку і приставити її центруючим отвором до жорсткого центру лівої бабки; правою рукою присунути праву бабку до упору рухомого центра в центруючий отвір вільного кінця деталі; деталь відкласти на стіл, а праву бабку посунути в бік

лівої бабки на 2-3 мм для створення запасу для щільного затискання деталі в центрах. Закріпити щільно затискач правої бабки.

4. Підготувати індикатор годинникового типу:

4.1. Встановити стійку на направляючі станини. Для цього основу стійки поставити на направляючі станини в тому місці по довжині станини, де колонка стійки опиниться проти середини вимірюваного елемента поверхні деталі і закріпити щільно затискач основи стійки.

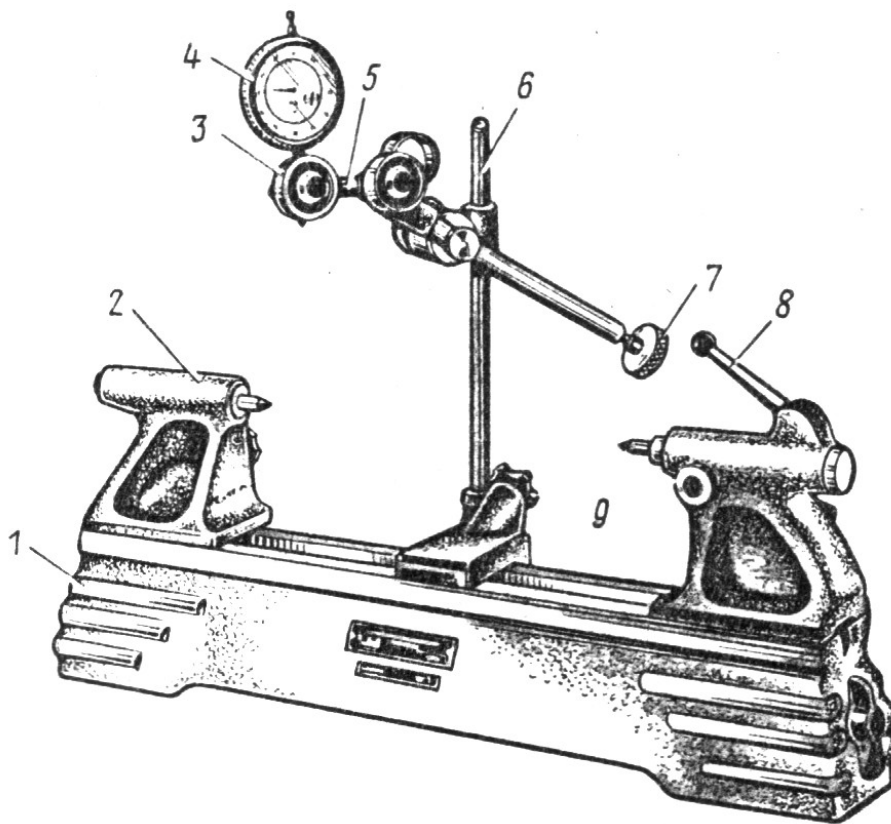


Рис. 3. Прилад для контролю биття вала

1 – станина, 2 – бабка з жорстким центром, 3 – затискач, 4 – індикатор годинникового типу, 5 – кронштейн, 6 – стійка, 7 – гвинт мікроподачі, 8 – рукоятка, 9 – бабка з рухомим центром

4.2. Встановити деталь в центри.

4.3. Встановити індикатор над вимірюваною поверхнею. Для цього вставити гільзу індикатора в приєднувальний отвір кронштейна і щільно закріпити, але так, щоб зберегти вільне переміщення вимірною стержня індикатора. Переміщенням кронштейна наблизити вимірний наконечник індикатора до вимірюваної поверхні деталі, залишивши невеликий зазор між ними.

2.2.3. Вимірювання радіального биття

1. Встановити індикатора в початкове положення:

1.1. Спостерігаючи за стрілкою індикатора, повільно повернути гвинт мікроподачі індикатора для створення контакту вимірною наконечника з поверхнею деталі і далі до повороту основної стрілки індикатора на повний оберт.

1.2. Повернути деталь в центрах до встановлення стрілки індикатора в найбільше положення при обертанні за годинниковою стрілкою.

2. Вимірювання величини радіального биття:

2.1. Встановити на "0" шкалу індикатора, для чого повернути її до співпадання осі основної стрілки і середини нульового штриха шкали.

2.2. Повернути деталь повільно від себе до встановлення стрілки в найменше положення і записати покази в цьому положенні.

2.3. Продовжити обертання деталі в тому ж напрямку до тих пір, доки стрілка не займе найбільше положення (в напрямку по годинниковій стрілці), і записати покази в цьому положенні.

2.4. Повторити повний оберт деталі в центрах, записуючи покази індикатора в крайніх положеннях стрілки, і порівняти ці покази з показами при першому оберті деталі. Якщо різниця в показах буде більше однієї поділки кругової шкали, то виконати третій оберт деталі з записом показів.

2.5. Підрахувати різницю показів в верхній і нижній точках для кожного оберту деталі, записати їх в звітний бланк, підрахувати їх середню величину і записати її як виміряне значення величини радіального биття поверхні деталі в звітний бланк.

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією деталей і вимогами робочого креслення. Заповнити таблиці 1 і 4.
2. Ознайомитися з засобом вимірювальної техніки. Заповнити таблиці 2 і 5.
3. Підготувати засіб вимірювальної техніки до вимірювання.
4. Провести вимірювання деталей згідно заданої схеми (результати вимірювань занести в таблиці 3 і 6). Обчислити відхилення форми поверхні деталі (результати обчислень занести в таблицю 3) і радіальне биття поверхні деталі (результати обчислень занести в таблицю 63). Зробити висновок про придатність деталей.

4. Звіт про виконану роботу (див. додаток ЛР6)

5. Питання для самоконтролю

1. Яка будова індикатора годинникового типу?
2. Яке призначення і будова центрів?
3. Як встановити придатність засобу вимірювальної техніки для контролю конкретного розміру?
4. Як обчислити відхилення форми вала від круглості і циліндричності?
5. Як визначити величину радіального биття вала?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Звіт про виконану роботу

1. Вимірювання розмірів і відхилень форми поверхні індикатором годинникового типу в стійці

Найменування деталі _____ .

1.1.Параметри деталі

Таблиця 1

Найменування параметра	Номінальний розмір, мм	Граничні відхилення, мм		Граничні розміри, мм		Допуск розміру, мм	Допустима похибка вимірювання
	d	es	ei	d _{min}	d _{max}	T _d	

1.2.Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 2

№, п/п	Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання в стійці, мм	Діапазон показів головки, мм	Гранична похибка вимірювання, мм
1	Індикатор годинникового типу				

1.3.Ескіз деталі з зазначенням схеми вимірювання.

1.4.Результати вимірювань

Таблиця 3

Пояс вимірювань	Площина вимірювань	Результати вимірювань, мм	Відхилення форми, мм			Висновок про придатність
			овальність	конусо- подібність	бочкоподібність, сідлоподібність	
I-I	А-А					
	Б-Б					
II-II	А-А					
	Б-Б					
III-III	А-А					
	Б-Б					

2. Вимірювання індикатором годинникового типу радіального биття деталі, встановленої в центрах
 Найменування деталі _____ .

2.1.Параметри деталі

Таблиця 4

Діаметр вала, мм	Допуск радіального биття, мм	Допустима похибка вимірювання, мм

2.2.Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 5

№, п/п	Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання в центрах, мм	Діапазон показів головки, мм	Гранична похибка вимірювання, мм
1	Індикатор годинникового типу				

2.3.Результати вимірювань

Таблиця 6

Заміри	Покази, мм		Радіальне биття, мм	Середнє значення радіального биття, мм	Висновок про придатність
	Верхня точка	Нижня точка			
Перший оберт					
Другий оберт					
Третій оберт					

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7

Визначення відхилень розмірів валів з допомогою скоби важільної та встановлення поля допуску вала

Мета роботи: засвоїти прийоми користування скобою важільною для вимірювання розмірів та відхилень розмірів, навчитися користуватися таблицями ЄСДП для визначення полів допусків.

Обладнання: скоба важільна, набір КМД, деталі типу “вал”, таблиці стандартів на поля допусків.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.
2. Призначення кінцевих мір довжини.
3. Призначення скоби важільної.
4. Основні відхилення.
5. Поле допуску. Позначення поля допуску.

2. Теоретичні відомості

2.1 Засоби вимірювальної техніки

Скоба важільна

Важільною скобою називається вимірювальний прилад – скоба, що має з одного боку відліковий пристрій, з другого – нерухому переставну п'яту. Вимірювання з допомогою скоби важільної проводять методом порівняння з мірою.

В корпус скоби (рис.1) вмонтовано відліковий пристрій з ціною поділки 0,002 мм. З одного боку скоби встановлена рухома п'ята 2, яка відтискається з допомогою пружини в бік виробу. З п'яткою з'єднаний важіль аретиру 8, при натисканні на кнопку якого рухома п'ята відводиться від виробу. Переміщення від п'яти передається на стрілку відлікового пристрою. З другого боку шкали встановлена переставна п'ята 1, яка переміщується при обертанні гайки. При встановленні скоби на розмір дана п'ята стопориться з допомогою ковпачка.

2.2. Підготовка до вимірювання

1. Циліндричну поверхню елемента вала, який потрібно виміряти, акуратно протерти чистою тканиною.

2. Протерти скобу важільну чистою тканиною (особливо вимірювальні поверхні п'яток). Перевірити плавність переміщення рухомої п'ятки.

3. Підготувати установочний комплект з блоку КМД: підрахувати номінальні розміри окремих КМД для блока; промити всі предмети в бензині і витерти чистою тканиною; притерти в блок КМД.

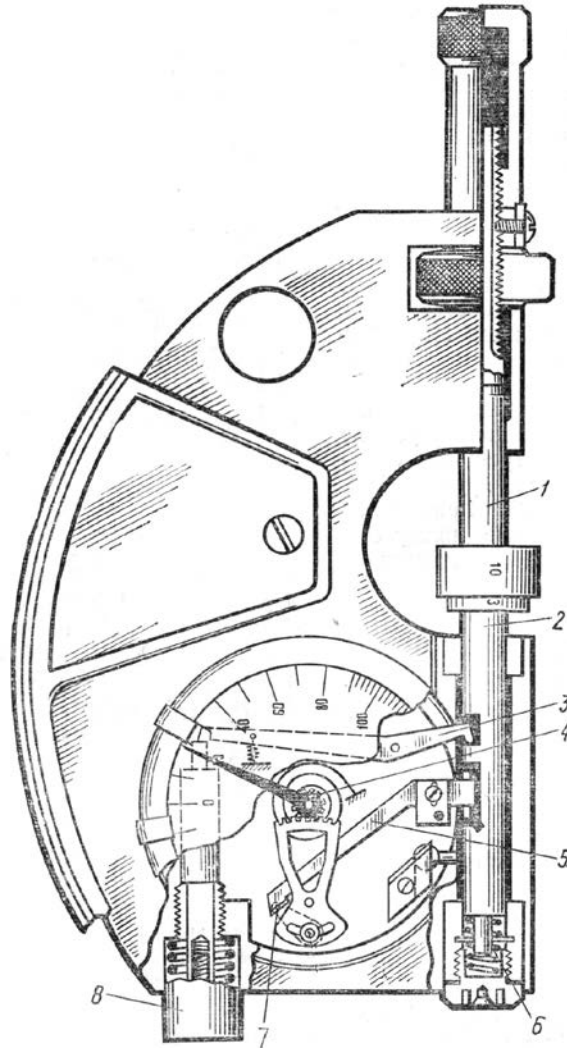


Рис. 1. Скоба важільна

1 – переставна п'ята, 2 – рухома п'ята, 3 – важіль, 4 – стрілка, 5 – передаточний важіль, 6 – пружина, 7 – компенсатор, 8 – аретир

4. Скобу важільну встановлюють на номінальний розмір таким чином:

- звільнити ковпачок переставної п'ятки;
- встановити блок КМД між п'ятками. Обертанням гайки переміщати переставну п'ятку так, щоб стрілка відлікового пристрою співпала з нульовим штрихом шкали;
- закріпити переставну п'ятку ковпачком.

2.3. Вимірювання діаметра вала

1. Натиснути на кнопку аретира і відвести рухому п'ятку.
2. Охопити вимірювальними поверхнями п'яток циліндричну поверхню вала в діаметральній площині так, щоб вона була на осі вимірювання (віссю вимірювання вважається загальна вісь п'яток скоби);
відпускаючи кнопку аретира підвести рухому п'ятку до поверхні вала.
3. Зняти покази відлікового пристрою .

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією деталі і вимогами робочого креслення. Заповнити таблицю 1.
2. Ознайомитися з засобом вимірювальної техніки. Заповнити таблицю 2.
3. Підготувати засіб вимірювальної техніки до вимірювання.
4. Провести вимірювання деталі згідно заданої схеми. Для кожної деталі провести заміри в п'яти площинах, записуючи результат в таблицю 3. Підрахувати середню величину відхилення і занести її в таблицю 3.
5. Користуючись таблицями стандартів на поля допусків, встановити поле допуску для заданої деталі.

4. Звіт про виконану роботу (див. додаток ЛР7)

5. Питання для самоконтролю

1. Яка будова скоби важільної?
3. Як встановити скобу важільну на "0"?
4. Як встановити придатність засобу вимірювальної техніки для контролю конкретного розміру?
5. Яке відхилення називають основним?

6. Як в системі ЄСДП позначають основні відхилення і поля допусків?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Звіт про виконану роботу

1. Найменування деталі: _____.

2. Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 1

№, п/п	Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання, мм	Хід стержня, мм	Гранична похибка вимірювання, мм
1	Скоба важільна				

3. Ескіз деталі з зазначенням схеми вимірювання.

4. Результати вимірювань

Таблиця 2

№ вала (деталі)	1					2					3					4				
№ заміру	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Значення заміру, мкм																				
Середнє значення відхилення, мкм																				
Поле допуску за ЄСДП																				

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8

Вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби

Мета роботи: засвоїти навички роботи мікрометром зі вставками при вимірюванні середнього діаметра різьби, ознайомитися з методом вимірювання середнього діаметра різьби з допомогою трьох дротиків.

Обладнання: мікрометр зі вставками, мікрометр гладкий, дротики, мітчик з зовнішньою метричною різьбою.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація різьб.
2. Параметри метричної різьби.
3. Засоби для контролю і вимірювання різьб.
4. Будова мікрометра з різьбовими вставками.

2. Теоретичні відомості

2.1 Засоби вимірювальної техніки

Мікрометри зі вставками

Мікрометри зі вставками бувають двох типів: для вимірювання середнього діаметра метричних різьб, трубних і дюймових; для вимірювання середнього діаметра трапецеїдальних різьб.

Вставки являють собою циліндричні валики з розрізаною хвостовою і конічною чи плоскою верхньою частинами. Мікрометр зі вставками відрізняється від гладкого мікрометра глухими отворами, виконаними в нерухомій п'ятці і в мікрогвинті. В кожному з глухих отворів поміщено по одній кульці. Вставки з розрізаною хвостовою частиною опираються на кульки нижніми торцевими поверхнями. Розміри вставок вибирають в залежності від кроку і виду різьби. В глухий отвір п'ятки мікрометра вставляють призматичну вставку, а в отвір мікрогвинта – конічну вставку. Робочий кут призматичної вставки повинен бути рівним куту профілю витка зовнішньої різьби, а кут конічної вставки – куту профілю западини різьби.

Особливістю вимірювання середнього діаметра різьби мікрометром зі вставками є значна похибка вимірювання. При нарізанні різьби плашками або накатуванні різьби ця похибка може становити 0,15-0,24 мм, що є практично недопустимим. При нарізанні різьби різцем або шліфувальним кругом, похибка вимірювання

складає 0,01-0,03 мм в залежності від номінального розміру різьби і кроку.

Для встановлення мікрометра зі вставками на “0” потрібно наблизити конічну вставку до призматичної, або до установочної міри. В цьому положенні перевірити співпадання зрізу барабана мікрометра з нульовою

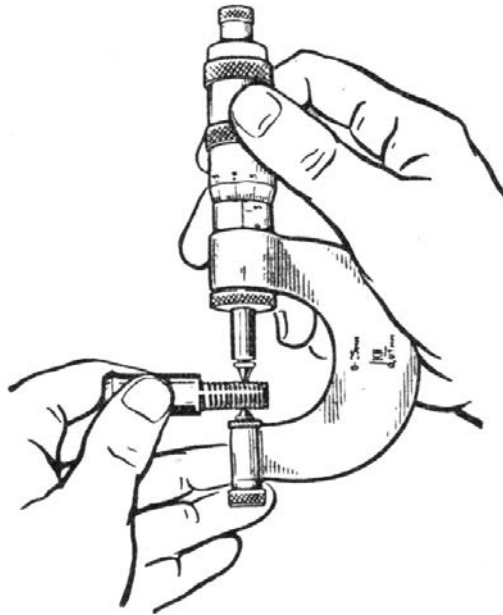


Рис. 1. Вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби мікрометром зі вставками

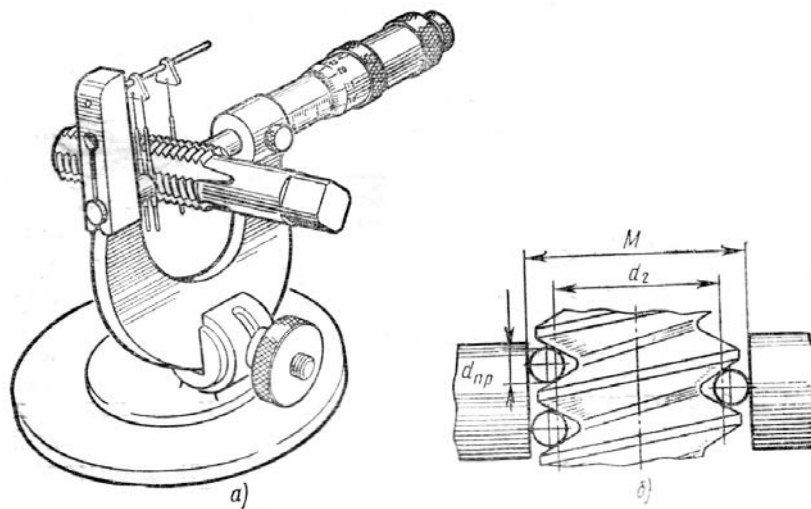


Рис. 2. Вимірювання середнього діаметра різьби з допомогою трьох дротиків (а) і схема вимірювання (б)

поділкою шкали стебла. Якщо співпадання немає, слід провести регулювання такі ж, як і в гладкому мікрометрі.

Дротики і ролики

Метод вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби з допомогою каліброваних дротиків чи роликів є непрямым методом вимірювання. При цьому методі в западини профілю різьби поміщають один, два чи три дротики або ролики, після чого гладким мікрометром, оптиметром чи вимірювальною головкою вимірюють розмір M (рис. 2). Середній діаметр d_2 різьби підраховують в залежності від вибраного діаметра d_D дротика чи ролика і кроку P контрольованої різьби за формулами:

метод одного дротика

$$d_2 = M - 3d_D + 0,866P ;$$

метод двох дротиків

$$d_2 = M - \frac{P^2}{8(M - d_D)} - 3d_D + 0,866P ;$$

метод трьох дротиків

$$d_2 = 2M - d - 3d_D + 0,866P .$$

Найбільшою точністю володіє метод вимірювання трьома дротиками. Значення найвигіднішого діаметра дротиків і роликів для метричної різьби вибирають в залежності від кроку контрольованої різьби. Орієнтовне значення діаметра дротика можна визначити за формулою $d_D = 0,577P$.

2.2. Вимірювання середнього діаметра різьби мікрометром зі вставками

Встановити мікрометр в вихідне положення – вигвинтити мікрогвинт за тріскачку до отримання на шкалі стебла і барабана мікрометра показу, рівного номінальному значенню розміру d_2 вимірюваної деталі плюс 0,20 мм.

Ввести деталь між вставки мікрометра (рис.1), розміщуючи вісь різьби горизонтально. При цьому один з витків повинен увійти в виїмку призматичної ставки, а конус конічної вставки повинен увійти в виїмку різьби, протилежну цьому витку.

Знайти діаметральне положення різьби деталі між вставками, для чого обертанням барабану підвести мікрогвинт до дотику конуса вставки з гвинтовою поверхнею різьби. В цьому положенні провести деталь між вставками поперечним рухом і змінюючи рух (на себе, від

себе), визначити місце діаметрального січення. Обертаючи барабан мікрометра, довести вставки до контакту з поверхнею різьби.

Зняти покази мікрометра. Після цього збити покази і повторити вимірювання в тому ж місці ще 2 рази. Отримані значення заносять в таблицю і обчислюють середнє значення розміру d_2 .

Після цього такими ж прийомами визначити середній діаметр різьби ще в 2-х січеннях.

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією деталі і вимогами робочого креслення. Заповнити таблицю 1.
2. Ознайомитися з засобом вимірювальної техніки. Заповнити таблицю 2.
3. Підготувати засіб вимірювальної техніки до вимірювання.
4. Провести вимірювання деталі згідно заданої схеми (результати вимірювань занести в таблицю 3). Обчислити відхилення форми поверхні деталі (результати обчислень занести в таблицю 3). Зробити висновок про придатність деталі.

4. Звіт про виконану роботу (див. додаток ЛР8)

5. Питання для самоконтролю

1. Яка будова мікрометра з різьбовими вставками?
2. Як встановити мікрометр з різьбовими вставками на “0”?
3. Як визначається середній діаметр зовнішньої різьби з допомогою мікрометра зі вставками?
4. Як визначається середній діаметр зовнішньої різьби методом дротиків?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Звіт про виконану роботу

1. Вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби мікрометром зі вставками

1.1.Параметри різьби

Таблиця 1

Найменування параметра	Номінальний розмір, мм	Граничні відхилення мм		Граничні розміри, мм		Допуск розміру, мм	Допустима похибка вимірювання
		es	ei	d _{2min}	d _{2max}	T _d	
Середній діаметр d ₂ Крок p							

1.2.Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 2

Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання, мм	Гранична похибка вимірювання, мм

1.3.Ескіз деталі з зазначенням схеми вимірювання

1.4.Результати вимірювань

Таблиця 3

Пояс вимірюва ння	Результат вимірювання				Відхилення форми		Висновок про придатність
	1-й замір	2-й замір	3-й замір	середнє значення	конусоподіб- ність	бочкоподібність сідлоподібність	
I-I II-II III-III							

2. Вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби методом трьох дротиків

2.1.Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 4

Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання , мм	Гранична похибка вимірювання, мм

2.2. Схема вимірювання

2.3.Результати вимірювань

Таблиця 5

Найбільший діаметр дротика d_D , мм	Виміряне значення M , мм	Середній діаметр різьби d_2 , мм

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №9

Вимірювання кутів деталей машин кутомірами з ноніусом

Мета роботи: засвоїти прийоми користування кутомірами з ноніусом.

Обладнання: кутомір з ноніусом транспортний, кутомір з ноніусом універсальний, деталі.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація засобів вимірювальної техніки.
2. Призначення кутових мір.
3. Призначення кутоміра.
4. Одиниці вимірювання кутів.
5. Допуски кутових розмірів і кутів конусів.

2. Теоретичні відомості

2.1 Засоби вимірювальної техніки

Кутомір транспортний

Кутоміром транспортним вимірюють зовнішні кути від 0° до 180° . Основою кутоміра (рис.1, а) служить транспортер 7 зі шкалою, що має ціну поділки 1° . В центрі транспортера розміщена вісь 10, на ребрі транспортера закріплена нерухома вимірювальна лінійка 5. На осі 10 повертається сектор 3 разом з рухомою лінійкою 9, ноніусом 8, а також стопор 4.

Якщо потрібно виміряти зовнішній кут в межах від 0° до 90° , то складається весь комплект кутоміра, для чого на рухому лінійку 9 одягають тримач 2 із знімним кутником 1 і гвинтом затискача 6. Для плавності підведення до потрібного положення кутомір оснащено мікро подачею 11. Якщо потрібно виміряти зовнішній кут в межах від 90° до 180° , то, звільнивши затискач 6, знімають кутник 1.

Кутомір універсальний

Кутоміром універсальним (рис.1, б) вимірюють як зовнішні кути від 0° до 180° , так і внутрішні кути від 130° до 180° . Основою цього кутоміра є сегмент 7 зі шкалою, що має ціну поділки 1° . На сегменті 7 закріплена рухома вимірювальна лінійка 5, а по її зовнішній дузі переміщається сектор 3 з ноніусом 8, що має величину відліку $2'$; на секторі 3 розміщений стопор 4. Для збільшення діапазону

вимірювання до сектора 3 тримачами 2 може приєднуватися знімний кутник 1 і знімна лінійка 6.

2.2. Підготовка до вимірювання

За величиною номінального кута деталі підбирають додаткові частини до кутоміра, які потрібні для вимірювання заданого кута.

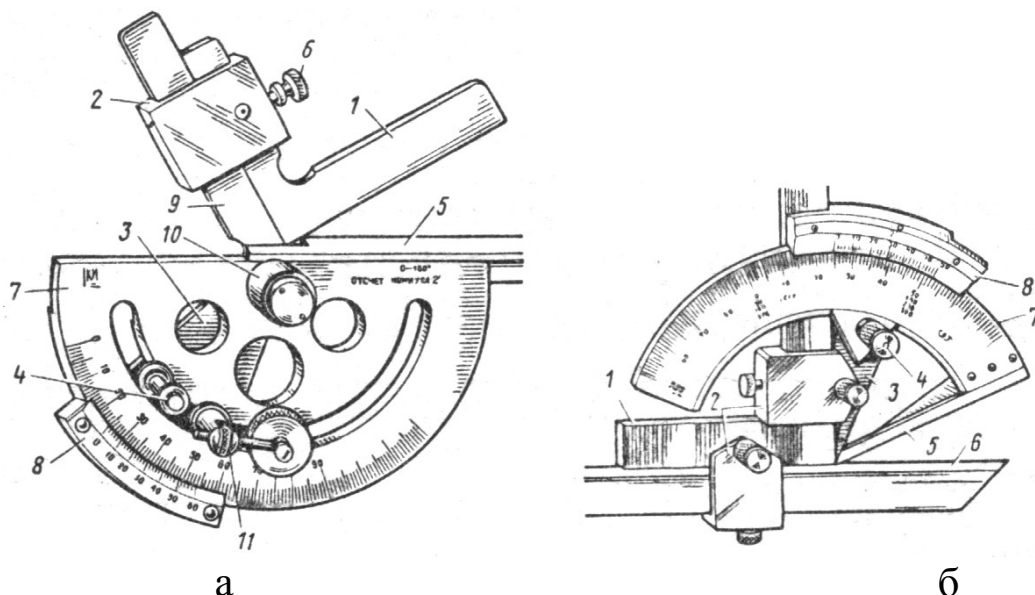


Рис. 1. Кутоміри транспортний (а) і універсальний (б)

- а) 1 - знімний кутник, 2 – тримач, 3 – сектор, 4 – стопор, 5 – сектор, 6 – затискач, 7 – основа (транспорт), 8 – ноніус, 9 – рухома лінійка, 10 – вісь, 11 – гвинт мікро подачі;
- б) 1 – кутник, 2 – тримачі, 3 – сектор, 4 – стопор, 5 – рухома вимірювальна лінійка, 6 – знімна лінійка, 7 – основа (сегмент), 8 – ноніус

Кутомір і додаткові частини до нього протирають чистою тканиною, особливо ретельно поверхні вимірювальних лінійок.

Кутомір і додаткові частини складають в потрібний комплект, склад якого залежить від типу вимірюваного кута і його номінального розміру.

Складання комплектів транспортного кутоміра для вимірювання зовнішніх кутів від 0 до 90° . Порядок складання: на лінійку сектора 3 одягають тримач 2 з додатковим кутником 1; повертають сектор 3 в крайнє ліве положення, присувають кутник 1 впритул до лінійки 5 основи так, щоб його вільна сторона прилягала своєю вимірювальною поверхнею без просвіту до вимірювальної поверхні лінійки основи, слідкуючи при цьому, щоб нульові штрихи

шкал основи і ноніуса були суміщені; закріплюють затискач 6 тримача 2 так, щоб не змістити нульові штрихи шкали основи і ноніуса.

Комплектом для вимірювання зовнішніх кутів від 90° до 180° є сам транспортний кутомір без додаткових частин.

Складання комплектів універсального кутоміра для вимірювання зовнішніх кутів від 0 до 50° . Порядок складання: встановлюють кутомір на “0”, для чого ставлять сектор 3 вершиною кута до себе, обертають мікроподачу і повертають сегмент 7 до суміщення нульових штрихів шкал основи і ноніуса 8 і затискають упор кутоміра 4. Одягають тримач 2 на коротку сторону кутника так, щоб з’єднувальні отвори співпали, а отвір без різьби був зверху; потім скріплюють тримач і кутник з’єднувальним гвинтом. Вставляють знімну лінійку 6 в тримач, для чого викручують гвинт затискача тримача на 3-4 оберти і вводять знімну лінійку 6 в тримач 2 скошеним торцем так, щоб її вузьке ребро прилягало до сторони кутника 1 і закріплюють лінійку 6 затискачем.

Одягають другий тримач на сектор 3, для чого беруть кутомір за сегмент 7 ноніусом до себе, сектором 3 від себе і одягають тримач на сектор так, щоб з’єднувальні отвори співпали і отвори без різьби були зверху, а потім скріплюють тримач 2 з сектором 3 з’єднувальним гвинтом. Вставляють кутник в тримач, для чого викручують гвинт затискача тримача на 3-4 оберти і вводять в тримач кутник 1 довгою стороною так, щоб її зовнішня вимірювальна поверхня прилягла до сектора 3, просувають кутник до контакту вузького ребра знімної лінійки 6 без просвіту з вимірювальною поверхнею рухомої лінійки 5. В цьому положенні закріплюють затискачем кутник 1 в тримачі 2.

Комплект для вимірювання зовнішніх кутів від 50° до 140° . Порядок складання: одягнути тримач 2 на сектор 3 і закріпити його. Вставити кутник в тримач, не доводячи його вершини до загострення сектора 3 на довжину, що залежить від контуру вимірюваної деталі і закріплюють затискачем тримача 2 кутника 1. Якщо коротка сторона кутника в умовах вимірювання не вписується в контур вимірюваної деталі, то в тримач 2 замість кутника 1 на секторі 3 вводять знімну лінійку 6, так щоб вузьке ребро цієї лінійки прилягало до вимірювальної поверхні сектора 3.

Комплект для вимірювання зовнішніх кутів від 140° до 180° і внутрішніх кутів від 130° до 180° . Порядок складання: одягнути тримач 2 на сектор 3 і закріпити її; ввести в тримач 2 кутник 1 довгою

стороною так, щоб вершина кутника співпадала з вершиною сектора 3; закріплюють кутник 1 затискачем тримача 2.

Вимірювання внутрішніх кутів від 40° до 130° виконують універсальним кутоміром без додаткових частин.

2.3. Вимірювання діаметра вала

Встановити кутомір на вимірювану деталь, для чого взяти його в ліву руку і підняти на рівень очей; правою рукою накласти деталь на кутомір і, спостерігаючи “на просвіт” взаємне положення поверхонь, що утворюють кут деталі, і поверхонь лінійок кутоміра, поворотом мікроподачі підігнати лінійки кутоміра до співпадання їх кутів і поверхонь з кутами і поверхнями деталі. Закріпити стопор 4 кутоміра і зняти деталь з кутоміра.

Зняти покази кутоміра по шкалах основи 7 і ноніуса 8, користуючись тим же методом, що і при читанні показів штангенциркуля.

Повторити вимірювання ще два рази, встановлюючи кутомір кожен раз заново по куту деталі і знімаючи заново кожні покази.

Підрахувати середнє значення показів кутоміра $\alpha_{\text{вим}}$. Визначити дійсний розмір кута $\alpha_{\text{д}}$ деталі, для чого середнє значення перерахувати за таблицею.

Засіб вимірювання	Кутонір транспортний		Кутонір універсальний						
			Зовнішні кути				Внутрішні кути		
Межі кутів	0- 90°	90- 180°	0- 50°	50- 90°	90- 140°	140- 180°	130- 180°	90- 130°	40- 90°
Дійсний розмір кута $\alpha_{\text{д}}$	$\alpha_{\text{вим}}$	$\alpha_{\text{вим}} + 90^\circ$	$\alpha_{\text{вим}}$		$\alpha_{\text{вим}} + 90^\circ$		$180^\circ - \alpha_{\text{вим}}$		$180^\circ - \alpha_{\text{вим}}$

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією деталі і вимогами робочого креслення. Заповнити таблицю 1.
2. Ознайомитися з засобом вимірювальної техніки. Заповнити таблицю 2.
3. Підготувати засіб вимірювальної техніки до вимірювання.
4. Провести вимірювання кутів деталі (результати вимірювань занести в таблицю 3). Обчислити дійсні значення кутів (результати

обчислень занести в таблицю 3). Зробити висновок про придатність деталі.

4. Звіт про виконану роботу (див. додаток ЛР9)

5. Питання для самоконтролю

1. Яка будова транспортного кутоміра?
2. Яка будова універсального кутоміра?
3. Як скласти комплект транспортного кутоміра для вимірювання кутів певного діапазону?
4. Методика проведення вимірювання кутів кутомірами з ноніусом.

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Звіт про виконану роботу

1. Найменування деталі: _____.

1.1. Параметри деталі

Таблиця 1

Найменування параметру	Номінальний розмір	Граничні відхилення
Зовнішній кут	$\alpha =$	$\pm \alpha =$
Внутрішній кут	$\beta =$	$\pm \beta =$

2. Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 2

№, п/п	Найменування інструмента	Величина відліку по ноніусу	Діапазон вимірювання	Гранична похибка вимірювання
1	Кутомір транспортний			
2	Кутомір універсальний			

3. Ескіз деталі з зазначенням схеми вимірювання

4.Результати вимірювань

Таблиця 3

Відлік	$\alpha_{\text{вим}}$	$\beta_{\text{вим}}$	Дійсне значення		Висновок про придатність
			$\alpha_{\text{д}}$	$\beta_{\text{д}}$	
I					
II					
III					
Середнє значення					

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №10

Вимірювання параметрів зовнішньої різьби на великому інструментальному мікроскопі

Мета роботи: ознайомитися з будовою великого інструментального мікроскопа, засвоїти навички роботи на інструментальному мікроскопі при вимірюванні параметрів зовнішньої різьби.

Обладнання: великий інструментальний мікроскоп, валик з зовнішньою метричною різьбою.

1. Питання для самопідготовки

1. Класифікація різьб.
2. Параметри метричної різьби.
3. Засоби для контролю і вимірювання різьб.
4. Будова великого інструментального мікроскопа.

2. Теоретичні відомості

2.1 Засоби вимірювальної техніки

Великий інструментальний мікроскоп

Інструментальні мікроскопи застосовують для вимірювання зовнішніх і внутрішніх лінійних та кутових розмірів виробів в прямокутних і полярних координатах, параметрів різьбових виробів, профільних шаблонів, лекал, кулачків, конусів, мітчиків, різьбонарізних гребінок. Конструктивно мікроскопи розрізняються розмірами (малий та великий) і відліковим пристроєм (з мікрометричними головками і з цифровим перераховуючим пристроєм).

Великий інструментальний мікроскоп має масивну литу основу, на якій змонтований стіл з колоною. По колоні переміщається кронштейн з візирним мікроскопом, що складається з об'єктива з тубусом і окулярної головки. Стіл має посадочну поверхню для предметного стола, на який можна встановлювати виріб, що контролюється. Предметний стіл може переміщатися відносно основи в двох взаємно-перпендикулярних напрямках (повздовжньому і поперечному) за допомогою мікроголовок. Переміщення стола визначаються з допомогою спостережних мікроскопів.

В нижній частині мікроскопа закріплено освітлювач, який забезпечує вимірювання розмірів в прохідному світлі. Зображення контура виробу спостерігається в окуляр візирного мікроскопа.

Поруч з окуляром окулярної головки розміщений кутовий мікроскоп.



Рис. 1. Загальний вигляд великого інструментального мікроскопа

2.2. Вимірювання параметрів різьби на інструментальному мікроскопі

Зовнішній діаметр різьби заміряють не менш як у двох січеннях. Обертанням мікрогвинта мікрометричної головки поперечного переміщення стола суміщають горизонтальну лінію перехрещення сітки з зображенням вершин профілю різьби і здійснюють відрахунок на спостережному мікроскопі. Обертанням мікрогвинта переводять зображення контуру виробу на протилежний бік профілю різьби і встановлюють горизонтальну лінію сітки по всіх вершинах профілю. Здійснюють другий відрахунок. Різниця відрахунків є дійсним зовнішнім діаметром, який повинен знаходитись в полі допуску на виготовлення різьби.

Внутрішній діаметр вимірюють аналогічно вимірюванню зовнішнього діаметра. Так як допуск на внутрішній діаметр зовнішньої різьби не встановлено, то дійсний внутрішній діаметр повинен бути завжди менший за номінальний внутрішній діаметр.

При вимірюванні середнього діаметра різьби для забезпечення чіткого зображення витків різьби колону мікроскопа нахиляють на кут, рівний куту підйому різьби. Перехрещення сітки з допомогою мікрометричних головок встановлюють на яку-небудь точку приблизно по середині правої чи лівої сторони профілю.

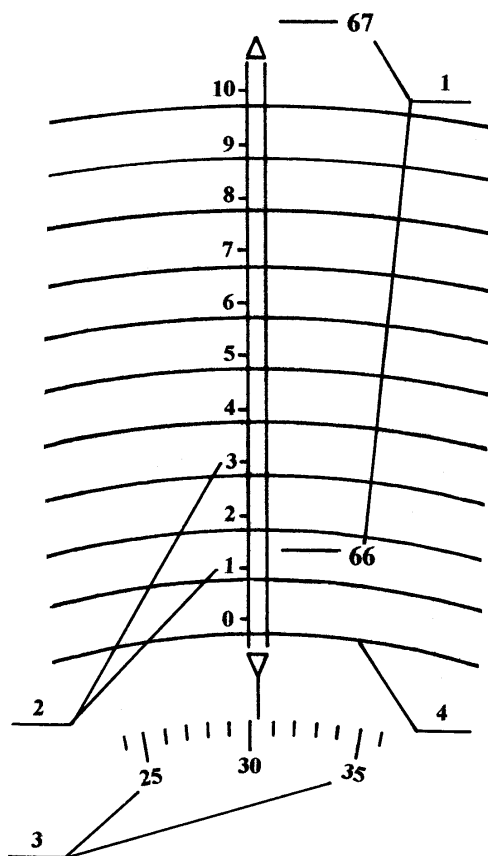


Рис. 2. Шкала спостережного мікроскопа

1 – позначки міліметрової шкали, 2 – шкала десятих часток міліметра, 3 – шкала тисячних часток міліметра, 4 – архімедова спіраль (крок витків 0,1 мм)

Обертанням маховика кутомірної головки суміщають середню вертикальну штрихову лінію сітки окулярної головки з вимірюваною стороною профілю різьби. Проводять відрахунок по спостережному мікроскопі поперечного переміщення стола.

Переміщаючи стіл в поперечному напрямку, переводять вимірюваний профіль на протилежний бік і суміщають з перехрещенням сітки, не змінюючи положення вертикальної штрихової лінії, яка повинна співпасти з протилежною стороною профілю. Здійснюють другий відрахунок. Різниця двох відрахунків визначає дійсний середній діаметр.

Ті ж вимірювання проводять для другої сторони профілю.

Середній діаметр обчислюють як середнє арифметичне дійсних розмірів середнього діаметра по правій і лівій сторонах профілю.

Крок різьби вимірюють по правій і лівій сторонах профілю на довжині скручування. Перехрещення сітки кутомірної головки встановлюють на точку, приблизно на середині сторони профілю лівого витка різьби і здійснюють перший відлік по спостережному мікроскопі повздовжнього переміщення стола. Переміщають в повздовжньому напрямку стіл на вибране число витків n , суміщають з перехрещенням сітки лівий виток різьби і здійснюють другий відрахунок. Різниця відрахунків визначає сумарний крок $p \cdot n$ на довжині зкручування. Повторюють ті ж вимірювання по правій стороні профілю. Дійсний розмір кроку визначають діленням середнього арифметичного двох значень сумарного кроку, виміряного по обох сторонах профілю, на вибране число витків n .

Кут профілю вимірюють роздільно по двох його половинах. Половину кута профілю вимірюють на двох сусідніх витках в діаметрально протилежних сторонах контуру різьби (рис.3). Рекомендується кожен кут вимірювати декілька разів.

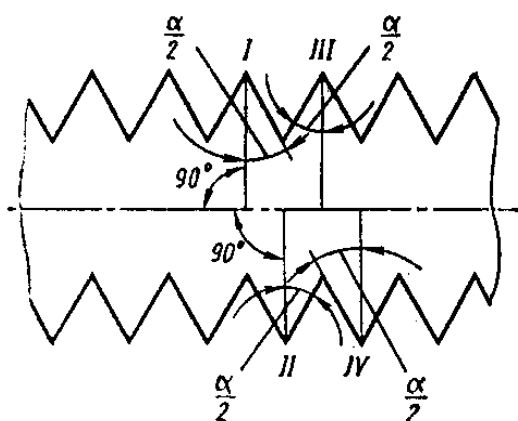


Рис.3. Схема вимірювання половини кута профілю різьби

Обертанням маховика кутомірної головки суміщають середню штрихову лінію сітки кутомірної головки з контуром правої сторони профілю різьби і по кутомірній шкалі відраховують значення правої половини кута в верхньому положенні. Аналогічно, переміщаючи зображення профілю різьби з допомогою повздовжнього мікрогвинта, суміщають перехрещення сітки кутомірної головки з контуром лівої сторони профілю різьби, а потім обертанням маховичка окулярної головки суміщають середню штрихову лінію сітки з контуром лівої сторони різьби.

Повертаючи мікрогвинт поперечного переміщення стола, переводять в поле зору окулярної головки зображення нижньої сторони профілю різьби. За описаною вище методикою знімають покази половини кута лівої і правої сторони профілю різьби. Дійсні значення половин кута профілю визначають за формулами

$$\frac{\alpha_{\text{л}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2}(\text{III}) + \frac{\alpha}{2}(\text{IV})}{2}; \quad \frac{\alpha_{\text{п}}}{2} = \frac{\frac{\alpha}{2}(\text{I}) + \frac{\alpha}{2}(\text{II})}{2}.$$

3. Послідовність виконання роботи

1. Ознайомитися з конструкцією деталі і вимогами робочого креслення. Заповнити таблицю 1.
2. Ознайомитися з засобом вимірювальної техніки. Заповнити таблицю 2.
3. Підготувати засіб вимірювальної техніки до вимірювання.
4. Провести вимірювання деталі згідно заданої схеми (результати вимірювань занести в таблицю 3. Зробити висновок про придатність деталі.

4. Звіт про виконану роботу (див. додаток ЛР10)

5. Питання для самоконтролю

1. Яка будова великого інструментального мікроскопа?
2. Які вимірювання можна проводити на великому інструментальному мікроскопі?
3. Як визначаються параметри зовнішньої різьби на великому інструментальному мікроскопі?

Література

1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
4. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Звіт про виконану роботу

1. Вимірювання параметрів зовнішньої різьби на великому інструментальному мікроскопі

1.1. Параметри різьби

Таблиця 1

Найменування параметра	Номінальний розмір, мм	Граничні відхилення мм		Граничні розміри, мм		Допуск розміру, мм	Допустима похибка вимірювання
		es	ei	max	min	T _d	
Зовнішній діаметр d Внутрішній діаметр d ₁ Середній діаметр d ₂ Крок p Кут профілю							

1.2. Характеристика засобу вимірювальної техніки

Таблиця 2

Найменування інструмента	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювання, мм	Гранична похибка вимірювання, мм

1.3. Ескіз деталі з зазначенням схеми вимірювання

1.4. Результати вимірювань

Таблиця 3

Параметр	Результат вимірювання			Висновок про придатність
	I січення/ліва сторона	II січення/права сторона	середнє значення	
Зовнішній діаметр d				
Внутрішній діаметр d_1				
Середній діаметр d_2				
Крок p				
Кут профілю				

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №11

Вимірювання похибок взаємного розташування поверхонь тіл обертання

Мета роботи: Ознайомитись з правилами нормування точності і контролю похибок розташування поверхонь. Оволодіти навиками вимірювання дійсного значення похибки взаємного розташування поверхонь ступінчастого вала.

Обладнання: прилад для вимірювання биття ПБ-250, призма, індикатор годинникового типу, мікрометр, стійка для кріплення індикатора С-IV, вимірювальна плита.

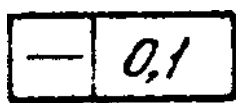
1. Питання для самопідготовки

1. Види похибок поверхонь деталей.
2. Види вимог до форми поверхонь.
3. Причини виникнення похибок поверхонь деталей.
4. Види відхилень форми поверхонь та їх взаємного розташування.

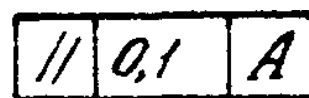
2. Теоретичні відомості

Для забезпечення точності, надійності виробів у робочих кресленнях крім указівки граничних відхилень розмірів указуються допуски форми і взаємного розташування поверхонь. Допуски форми і розташування вказуються на кресленнях умовними позначеннями.

Вид допуску форми і розташування повинні бути позначені на кресленні знаком (графічним символом) відповідно до таблиці, приведеної нижче. Знак і чисельне значення або позначення бази вписуються в рамку допуску, розділену на два або три поля, у такому порядку (зліва праворуч): у першому полі приводять знак допуску відповідно до таблиці; у другому полі вписують числовий розмір допуску в міліметрах (рис.1,а); у третьому полі при необхідності вписують літерне позначення бази (рис. 1,б).



а



б

Рис. 1. Позначення допуску форми чи розташування поверхонь

Якщо допуск ставиться до осі або площини симетрії визначеного елемента, то кінець сполучної лінії повинний збігатися з продовженням розмірної лінії відповідного розміру (рис. 2,а , верхнє позначення).

Якщо розмірні лінії креслення дозволяють з'єднати рамку допуску з нормованою і базовою поверхнями, тоді третє поле рамки і база не зображуються на кресленні (рис. 2,а, нижнє позначення). На цьому рисунку базою є вісь деталі.

Якщо допуск ставиться до поверхні або її профілю, а не до осі елемента, то стрілку розташовують на відстані від кінця розмірної лінії (розмірної стрілки), як показано на рис. 2,б. На цьому рисунку базою є зовнішня поверхня шийки меншого діаметра.

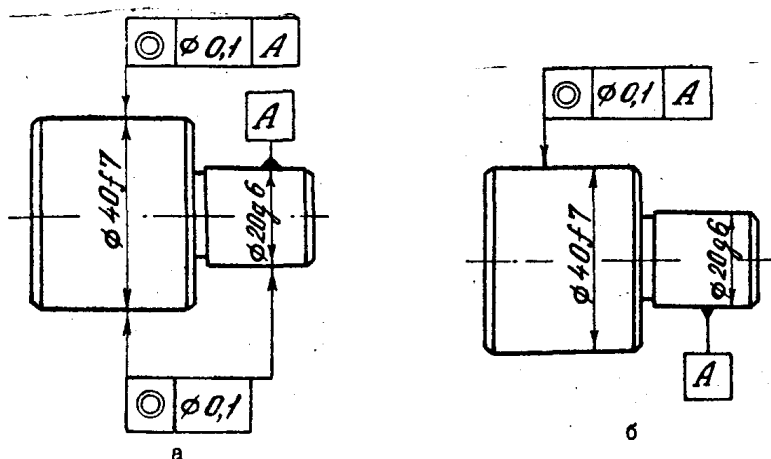


Рис. 2. Позначення допуску форми чи розміщення поверхонь на кресленні

Якщо в з'єднаннях із гарантованим зазором основною вимогою є збирання деталей, то призначаються залежні допуски. Залежним називається допуск розташування, чисельне значення котрого поперемінно для різноманітних деталей, виготовлених по даному кресленню, і залежить від дійсних розмірів нормованого або базового елементів. Залежний допуск умовно позначається М . На кресленнях залежний допуск задається мінімальним значенням. Позначення залежного допуску контрольованої поверхні приведенє на рис. 3,а, залежний допуск контрольованої і базової поверхні - на рис. 3,б.



Рис. 3. Позначення залежного допуску

Значення залежного допуску, зазначене на кресленні, можна перевищувати на розмір відхилення дійсного розміру контрольованого або базового елемента деталі від прохідної межі. Прокідною межею для вала є найбільший граничний розмір, а для отвору - найменший граничний розмір. Повне значення залежного допуску

$$T_{зав} = T_{min} + T_{дон} ,$$

де ***T_{min}*** - мінімальне значення допуску, зазначене в кресленні;

T_{дон} - додаткове значення допуску, що залежить від дійсних розмірів контрольованої або базової поверхонь даної деталі.

Додаткова частина залежного допуску для вала

$$T_{дон} = d_{max} - d_{д} ,$$

де ***d_{max}*** - найбільший граничний розмір контрольованої або базової поверхонь вала;

d_д - дійсні розміри контрольованої або базової поверхонь вала.

Додаткова частина залежного допуску для отвору

$$T_{дон} = D_{д} - D_{min} ,$$

де ***D_д*** - дійсні розміри контрольованої або базової поверхні отвору;

D_{min} - найменші граничні розміри контрольованої або базової поверхні отвору.

3. Послідовність виконання роботи

3.1. Вимірювання похибки взаємного розташування поверхонь вала на приладі типу ПБ-250

Вимірювач биття типу ПБ-250 (рис. 4) складається з корпусу 1, рухомої 3 і нерухомої 10 центрових бабок і рухомої стійки індикатора 7. Поворотом важеля 4 уліво розфіксувати рухому бабку 3, По направляючим 2 перемістити рухливу бабку 3 на такий розмір, щоб між центрами 5 і 9 проходила деталь із зазором 1-2 мм при утопленому центрі 9. Після цього зафіксувати бабку 3 її поворотом важеля 4 управо. Поворотом важеля 11 вправо втопити рухливий центр 9 до упора, установити лівий центровий отвір вала 6 на нерухомий центр 5, поєднуючи вісь правого центрального отвору вала з рухливим центром 9, плавно відпустити

важіль 11. Повернути важіль 18 вліво і перемістити підставку 19 у таке положення, щоб індикатор 7 знаходився над що вимірюється поверхнею, після цього зафіксувати підставу 19 поворотом важеля 18. Притримуючи рукою стрижень 14 з індикатором 7, розфіксувати муфту 16 затискачем 17 і встановити наконечник вимірювального стрижня індикатора 7 на контрольовану поверхню вала 6. У такому положенні зафіксувати муфту 16 затискачем 17.

Установка індикатора 7 може здійснюватися за допомогою зміни положення державки 13 і фіксацією її затискачем 12, а також поворотом ручки 15. Необхідно пам'ятати, що при повороті ручки 15 наконечник індикатора переміщається по дузі. У вушку ручки 15 наконечник індикатора переміщається по дузі. У вушку державки 13 за допомогою затискача 20 кріпиться індикатор 7.

Повільно обертаючи вал 6, визначаємо похибку взаємного розташування поверхонь як максимальне відхилення стрілки індикатора. У даному випадку визначаємо неспіввісність поверхні вала щодо його осі (осі центрів).

3.2. Вимірювання взаємного розташування поверхонь у призмі

Схема вимірювання наведена на рис. 5. На столик 2, укріплений на підставі I стійки для кріплення індикатора С-IV, встановити призму 3 із контрольованою деталлю 4.

У вушко стрижня 10 встановити індикатор 6 і зафіксувати його затискачем 5. Притримуючи рукою стержень 10, відпустити затискач 7 муфти 11 і встановити індикатор 6 на необхідну висоту, переміщуючи муфти 11 по стійці 8, після чого зафіксувати муфту затискачем 7. Притримуючи рукою індикатор 6, відпустити затискач 9 і висунути стрижень 10 до зіткнення вимірювального стрижня індикатора 6 із поверхнею вала 4. Після цього зафіксувати положення стрижня 10 затискачем 9. При цьому необхідно мати на увазі, що наконечник вимірювального стрижня індикатора повинний знаходитися в найвищій точці утворюючого вала. Легко повертаючи вал у призмі, виміряти дійсне значення похибки взаємного розташування поверхонь.

3.3. Порядок виконання роботи

1. Вивчити креслення деталі і технічні вимоги до неї (додаток).
2. Визначити верхнє і нижнє відхилення, найбільший і найменший

граничні розміри контрольованих поверхонь.

3. Виміряти похибку взаємного розташування поверхонь вала на приладі типу ПБ-250.

4. Виміряти похибку взаємного розташування поверхонь вала в призмі.

5. Визначити дійсний розмір контрольованої поверхні (мікрометром).

6. Розрахувати додаткову частину і повне значення залежного допуску.

7. Накреслити ескіз деталі, на кресленні технічні вимоги уявити умовним зображенням.

8. Дати висновок про придатність деталі.

9. Оформити протокол лабораторної роботи.

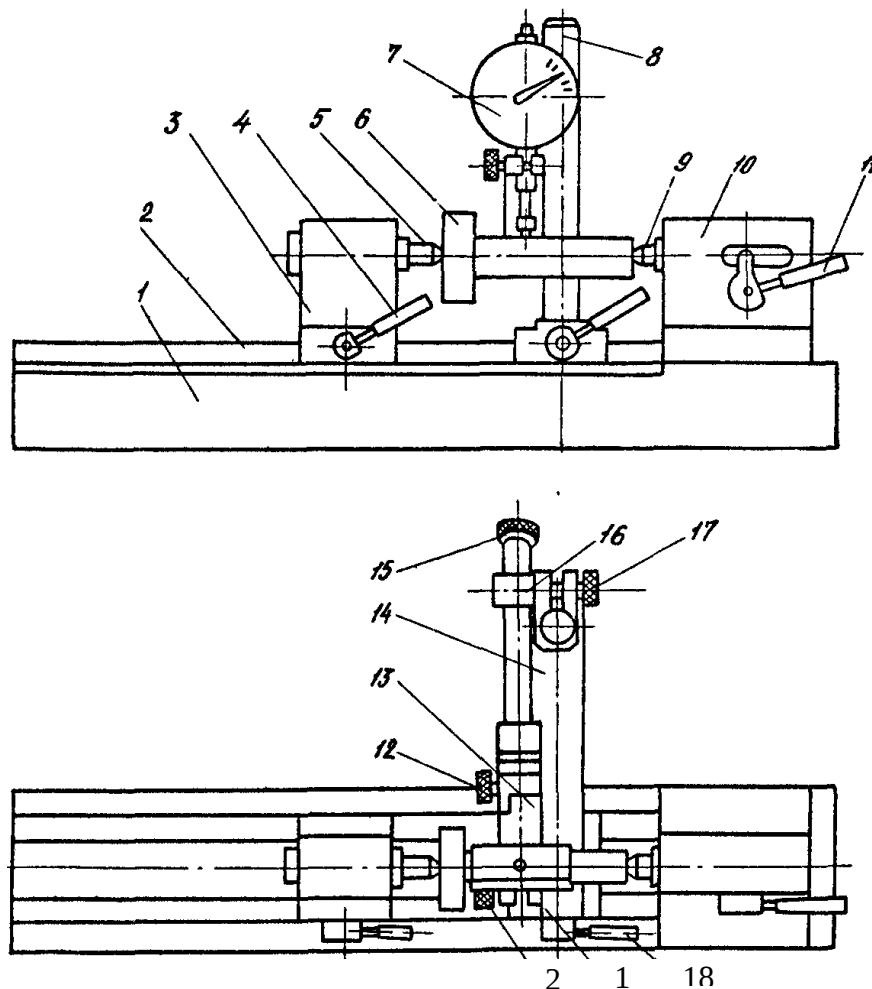


Рис. 4 Вимірювач биття типу ПБ-250

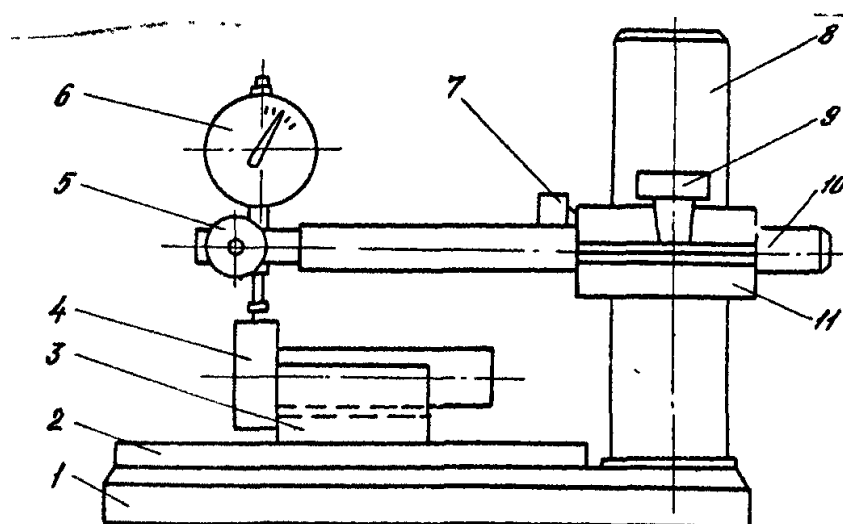


Рис. 5. Схема вимірювання

4. Звіт про виконану роботу

Завдання 1: виміряти похибку взаємного розташування поверхонь вала в центрах.

Індикатор годинникового типу	Ціна поділки, мм			
	Границі вимірювання, мм			
	Похибки вимірювання, мм			
Мікрометр	Ціна поділки, мм			
	Границі вимірювання, мм			
	Похибки вимірювання, мм			
Прилад типу ПБ-250	Висота центрів, мм			
	Найбільша довжина деталі, що			
Вихідні дані про поверхню деталі, що контролюється	Позначення			
	Допуск, мм			
	Граничне відхилення	Верхнє		
		Нижнє		
	Дійсний розмір, мм			
Вимірювання відхилень радіального биття в трьох перерізах, мм	Ліве			
	Середнє			
	Праве			
Висновок про придатність деталі				

Завдання 2: виміряти похибку взаємного розміщення поверхонь вала в призмі

Призма	Кут призми, град		
	Габарити призми (довжина , ширина,		
Вихідні дані поверхні що контролюється	Позначення		
	Граничне відхилення	Верхнє, мм	
		Нижнє, мм	
	Граничні розміри	Найбільший, мм	
		Найменший, мм	
	Дійсний розмір, мм		
	Прохідна границя, мм		
Вимірювання відхилень співвісності поверхонь	Ліве, мм		
	Середнє, мм		
	Праве, мм		
Значення параметрів залежного допуску співвісності	Мінімальне, мм		
	Додаткове, мм		
	Повний допуск, мм		
Висновок про придатність			

5. Питання для самоконтролю

1. Якими показниками, чинниками визначається точність деталей і їхніх з'єднань?

2. Які причини викликають відхилення форми і взаємного розташування поверхонь деталей?

3. Як впливають на якість деталей і їхніх з'єднань, а також на працездатність механізмів: а) відхилення геометричної форми деталей, б) відхилення взаємного розташування поверхонь деталей?

4. Що називають номінальними і реальними: а) профілем, поверхнею, віссю; б) розташуванням елементів деталей?

5. Що називають: а) прилягаючої прямою; б) прилягаючою площиною; в) прилягаючою поверхнею; г) прилягаючим циліндром, д) прилягаючим колом?

6. Що називають відхиленням, допуском і полем допуску: а) форми поверхні і профілю; б) розташування поверхонь?

7. Яку поверхню, вісь називають базою?

8. Чи може деталь мати декілька баз?

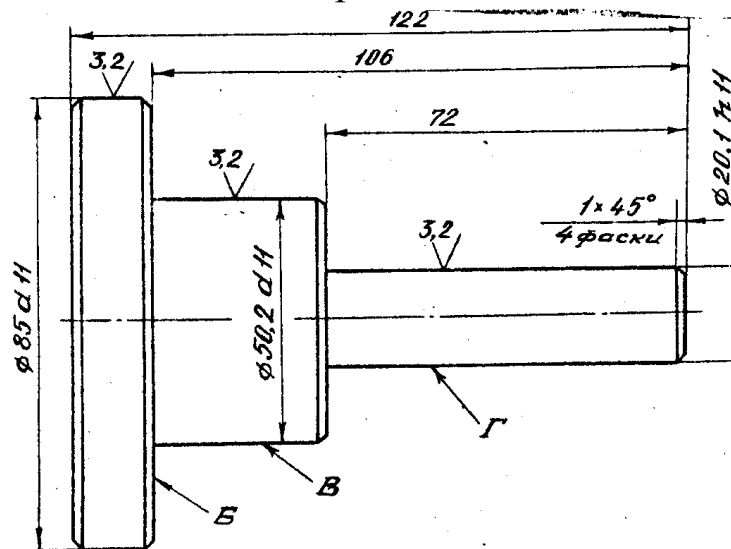
9. Як позначається база на кресленнях?

10. Дайте визначення залежного допуску розташування.
11. Як визначається додаткова частина залежного допуску?
12. Як позначається на кресленнях залежний допуск?

Література

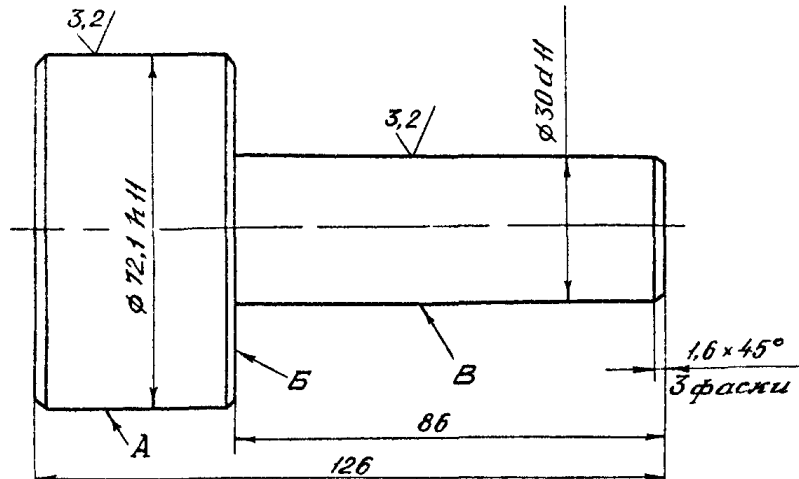
1. Белкин И.М. Средства линейно-угловых измерений. Справочник. – М.: Машиностроение, 1987. – 368 с.
2. Ганевский Г.М., Голдин Н.И. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении. – М: Машиностроение, 1987. – 270 с.
3. Допуски и посадки: Справочник. Ч. 1 / Под ред. В. Д. Мягкова. - Л.: Машиностроение, 1982. - 543 с
4. Скварок Ю.Ю. Засоби вимірювальної техніки для вимірювання лінійних і кутових розмірів. – Дрогобич, РВВ ДДПУ, 2006. – 65 с.
5. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М: Машиностроение, 1986. – 352 с.

Варіант 1



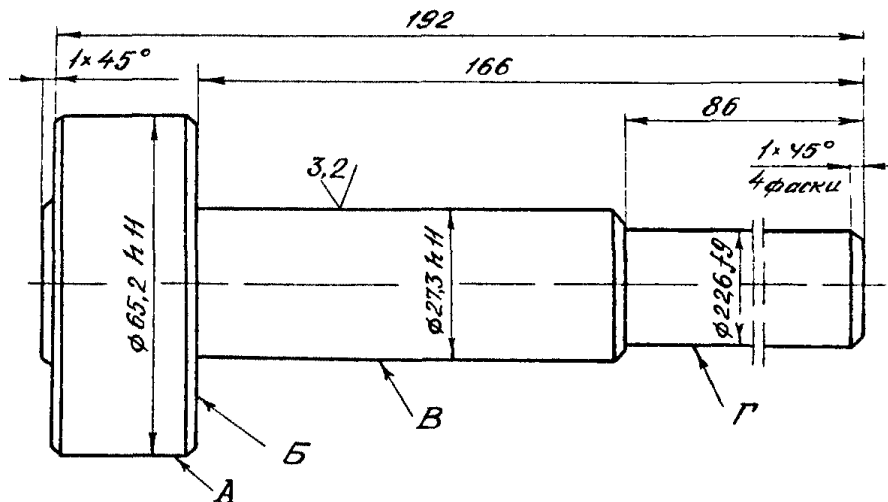
1. Допуск радіального биття поверхні A щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
2. Допуск радіального биття поверхні B щодо загальної осі центрових отворів 0,3 мм.
3. Допуск повного радіал. биття поверхні Γ щодо загальної осі центрових отворів 0,5 мм.
4. Допуск співвісності поверхні Γ щодо поверхні B $\varnothing$ 0,62 мм (допуск залежний).
5. Допуск співвісності поверхні A щодо поверхні B $\varnothing$ 0,12 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні B щодо загальної осі центрових отворів 0,4 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по h 14, інших $\pm 1/2$ IT 14.
8. Невказані радіуси округлень $R = 0,5$ мм.

Варіант 2



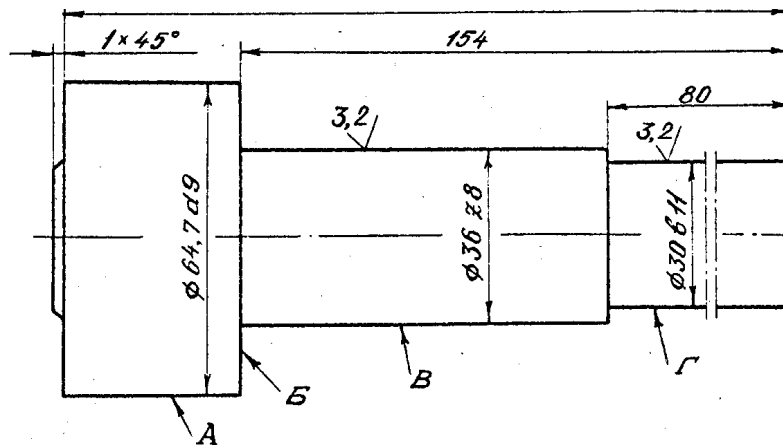
1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,4 мм.
2. Допуск повного радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,12 мм.
3. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* $\varnothing$ 0,3 мм (допуск залежний).
4. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
5. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інших $\pm \varnothing 1/2$ IT 14.
6. Невказані радіуси округлень $R = 0,5$ мм.

Варіант 3



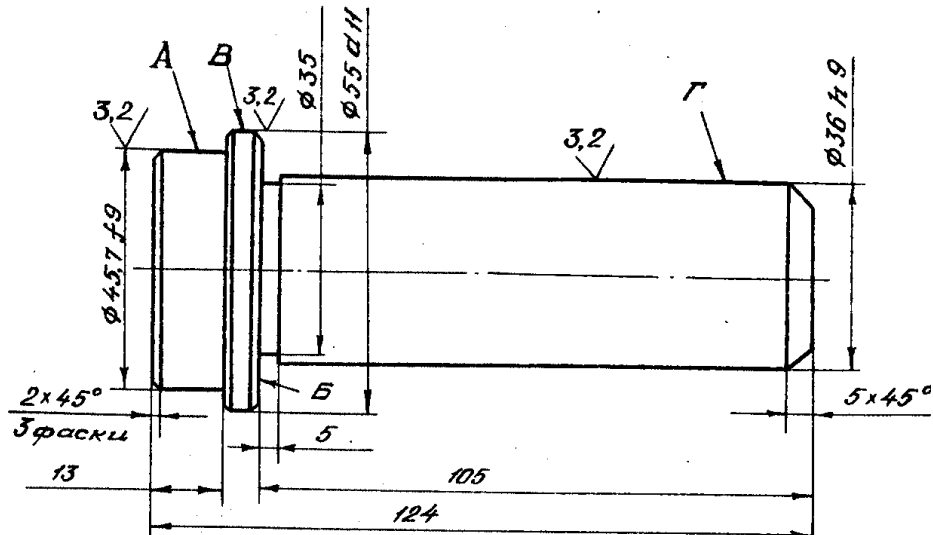
1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,2 мм.
2. Допуск повного радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,25 мм.
3. Допуск повного радіального биття поверхні *Г* щодо загальної осі центрових отворів 0,15 мм.
4. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* $\varnothing$ 0,3 мм (допуск залежний).
5. Допуск співвісності поверхні *Г* щодо поверхні *B* $\varnothing$ 0,06 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інших $\pm 1/2$ IT 14.
8. Невказані радіуси округлень $R = 0,5$ мм.

Варіант 4



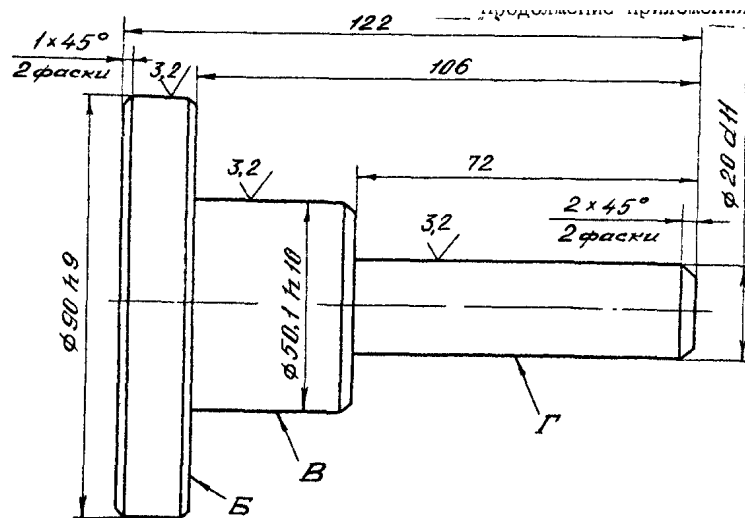
1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,15 мм.
2. Допуск повного радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,25 мм.
3. Допуск повного радіального биття поверхні *Г* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
4. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* $\varnothing$ 0,18 мм (допуск залежний).
5. Допуск співвісності поверхні *Г* щодо поверхні *B* $\varnothing$ 0,05 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інших $\pm 1/2$ IT 14.

Варіант 5



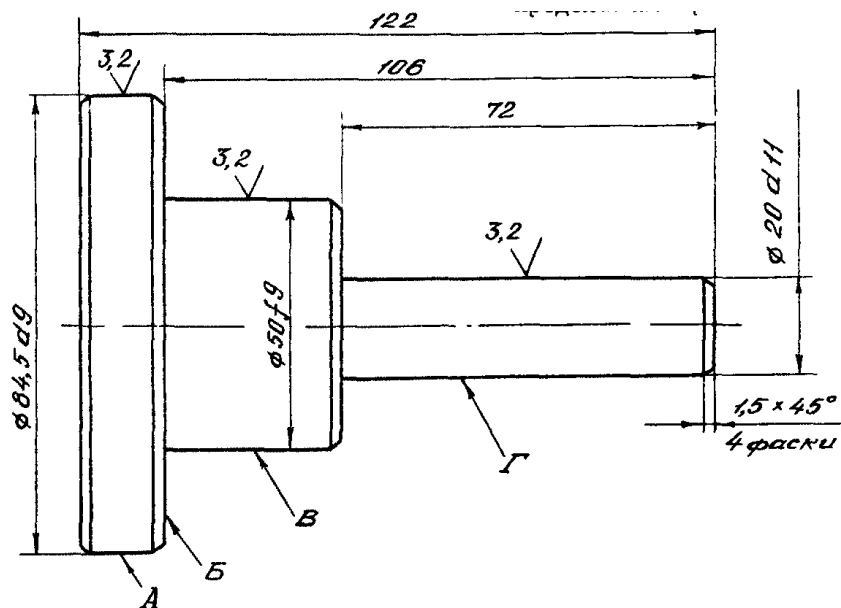
1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,25 мм.
2. Допуск радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,35 мм.
3. Допуск повного радіального биття поверхні *Г* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
4. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *Г* $\varnothing$ 0,5 мм (допуск залежний).
5. Допуск співвісності поверхні *B* щодо поверхні *Г* $\varnothing$ 0,33 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інші $\pm 1/2$ IT 14.
8. Невказані радіуси округлень $R = 0,5$ мм.

Варіант 6



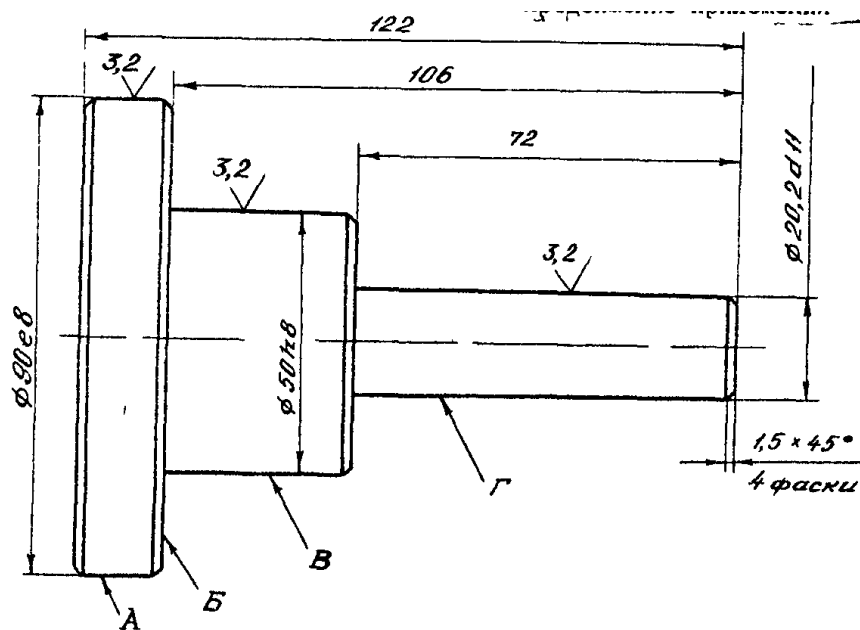
1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,2 мм.
2. Допуск радіального биття поверхні *Г* щодо загальної осі центрових отворів 0,08 мм.
3. Допуск радіального биття поверхні *Г* щодо загальної осі центрових отворів 0,12 мм.
4. Допуск співвісності поверхні *Г* щодо поверхні *B* 0,02 мм (допуск залежний).
5. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* 0,05 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,15 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інших $\pm 1/2$ IT 14.

Варіант 7



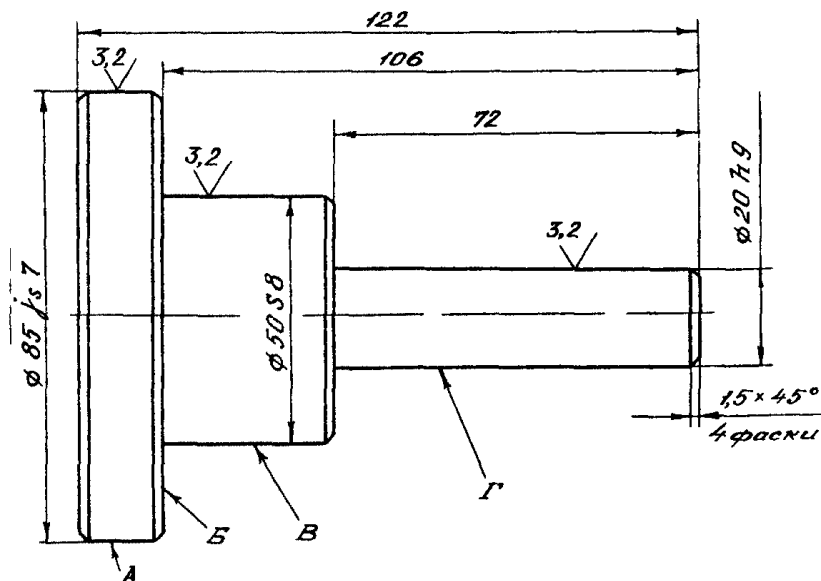
1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,25 мм.
2. Допуск радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,20 мм.
3. Допуск радіального биття поверхні *Г* щодо загальної осі центрових отворів 0,25 мм.
4. Допуск співвісності поверхні *Г* щодо поверхні *B* 0,22 мм (допуск залежний).
5. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* 0,17 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,1 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інших $\pm 1/2$ IT 14.
8. Невказані радіуси округлень $R = 0,5$ мм.

Варіант 8



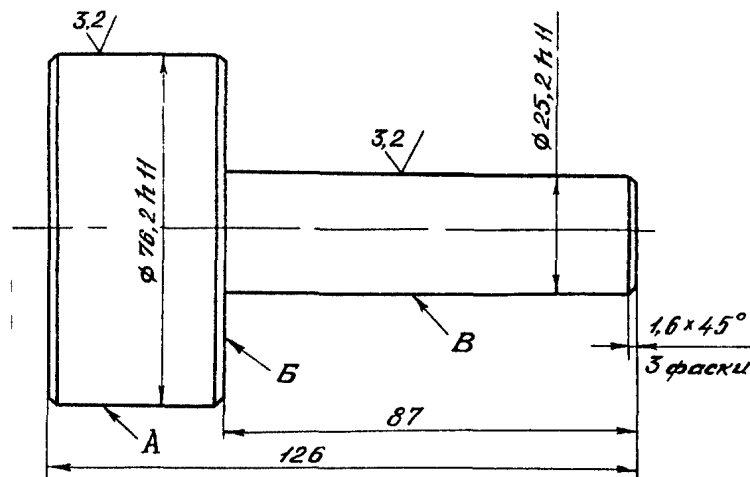
1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,1 мм.
2. Допуск радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
3. Допуск радіального биття поверхні *Γ* щодо загальної осі центрових отворів 0,02 мм.
4. Допуск співвісності поверхні *Γ* щодо поверхні *B* 0,12 мм (допуск залежний).
5. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* 0,3 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,2 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інших $\pm 1/2$ IT 14.

Варіант 9



1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,2 мм.
2. Допуск радіального биття поверхні *У* щодо загальної осі центрових отворів 0,3 мм.
3. Допуск радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,45 мм.
4. Допуск співвісності поверхні *Г* щодо поверхні *B* 0,2 мм (допуск залежний).
8. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* 0,03 мм (допуск залежний).
6. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,12 мм.
7. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h14*, інших $\pm 1/2$ IT 14.
8. Невказані радіуси округлень $R = 0,5$ мм.

Варіант 10



1. Допуск радіального биття поверхні *A* щодо загальної осі центрових отворів 0,05 мм.
2. Допуск повного радіального биття поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,12 мм.
3. Допуск співвісності поверхні *A* щодо поверхні *B* мм (допуск залежний).
4. Допуск перпендикулярності поверхні *B* щодо загальної осі центрових отворів 0,1 мм.
5. Невказані граничні відхилення розмірів: валів по *h* 14, інших $\pm 1/2$ IT 14.
6. Невказані радіуси заокруглень $R = 0,5$ мм.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №12

Дослідження перехідних посадок на імовірність отримання натягів і зазорів

Мета роботи: закріпити знання з визначення основних параметрів перехідних посадок та імовірності отримання натягів і зазорів.

Обладнання: довідкові таблиці.

1. Питання для самопідготовки

1. Що таке посадка. Види посадок.
2. Позначення посадок.
3. Призначення посадок з зазором.
4. Призначення посадок з натягом.
5. Призначення перехідних посадок.

2. Теоретичні відомості

Перехідні посадки призначені для нерухомих роз'ємних з'єднань деталей і забезпечують добре центрування з'єднуваних деталей.

При виборі перехідних посадок необхідно враховувати, що для них характерна можливість отримання натягів та зазорів.

Натяги в перехідних посадках мають відносно малу величину та, як правило, не потребують перевірки деталей на міцність. Ці натяги недостатні для передавання зусиль чи крутних моментів, до того ж отримання натягу в посадках не гарантоване. Тому перехідні посадки використовують з додатковим кріпленням з'єднуваних деталей.

Зазори, що утворюються в перехідних посадках, також відносно малі, що запобігає значному зміщенню (утворенню ексцентриситету) з'єднуваних деталей.

Для утворення полів допусків посадок використовують основні відхилення $J_s(j_s)$, $K(k)$, $M(m)$, $N(n)$ у відносно точних квалітетах: вали - в 4–7, отвори - в 5–8. Відхилення розмірів отворів в перехідних посадках, як правило, приймають на один квалітет нижчими, ніж валів.

Вибір перехідних посадок частіше за все виконується за аналогією з відомими та надійно працюючими з'єднаннями. Розрахунки виконуються в основному як перевірні, та містять:

- визначення максимального зазору за радіальним биттям деталі;
- імовірність отримання зазорів та натягів в з'єднанні;
- перевірку міцності деталей;
- визначення зусилля складання за максимальним натягом.

Точність центрування визначається величиною F_r радіального биття втулки (колеса) на валу, що виникає при зазорі та однобічному зміщенні вала та отвору. Максимальний зазор посадки:

$$S_{\max} = F_r / K_T, \quad (1)$$

де $K_T = 2-5$ - коефіцієнт запасу точності.

Трудомісткість складання та розбирання з'єднань з перехідними посадками, як і характер цих посадок, залежить від ймовірності отримання в них натягів та зазорів. При розрахунку ймовірності отримання натягів та зазорів роблять такі припущення:

- розсіювання дійсних розмірів деталей підлягає закону нормального розподілу;
- теоретичне розсіювання дорівнює допуску деталі;
- центр розсіювання співпадає із серединою поля допуску.

Із теорії ймовірності відомо, що, якщо дійсні розміри підлягають закону нормального розподілу, то і посадки, які отримують внаслідок їхніх довільних поєднань з цілком певними значеннями натягів та зазорів, також визначаються цим же законом. Центр розподілу посадки знаходять шляхом алгебраїчного додавання відповідних центрів відхилень середин полів допусків деталей, а величину розподілу - шляхом додавання середніх квадратичних відхилень дійсних розмірів. Розподіл натягів та зазорів буде підлягати нормальному закону, а ймовірність їх отримання визначатись за допомогою інтегральної функції ймовірності $\Phi(z)$ (табл. 2 або [1, табл. 1.1]).

3. Послідовність виконання роботи

Розрахувати та побудувати:

- схеми розташування полів допусків посадок із діаметрами спряження d_1 та d_2 ;
- очікувану при складанні частку з'єднань з натягом (ймовірність натягу);
- частку з'єднань із зазором (ймовірність зазору) заданих посадок.

3.1. Розрахувати посадку та визначити:

- максимальний та мінімальний натяги (зазори) $N_{\max}$, $N_{\min}$, ($S_{\max}$, $S_{\min}$);
- середній натяг (зазор) N_m (S_m);
- допуски розмірів отвору та вала T_D , T_d .

3.2. Розрахувати середнє квадратичне відхилення допуску розмірів отвору σ_D , вала σ_d та посадки σ_{Π} .

$$\sigma_D = T_D / 6, \quad \sigma_d = T_d / 6,$$

$$\sigma_{\Pi} = \sigma_N = \sigma_S = \sqrt{\sigma_D^2 + \sigma_d^2} = \sqrt{T_D^2 + T_d^2} / 6. \quad (2)$$

3.3. Побудувати криву розподілу натягів-зазорів для даної посадки (рис. 1). Центром групування є середнє значення N_m , а граничні значення рівні $\pm 3 \cdot \sigma_{\Pi}$. Незаштрихована площа характеризує ймовірність отримання з'єднань з натягом.

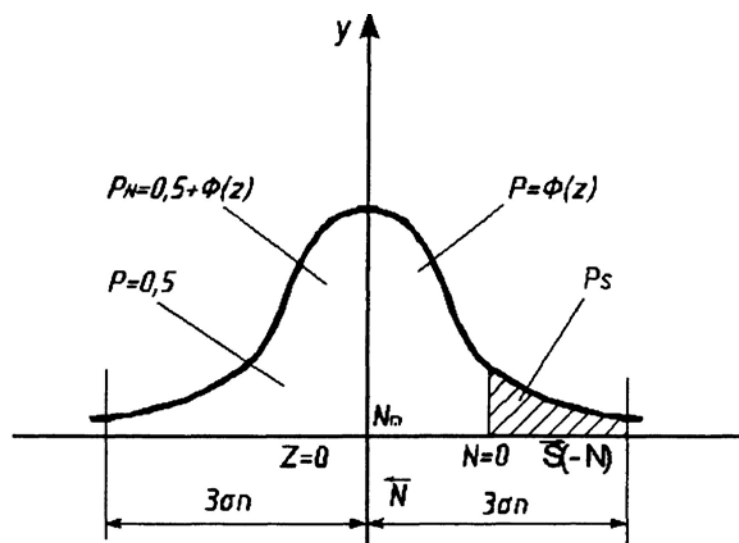


Рис. 1. Крива розподілу натягів-зазорів

3.4. Визначити границю інтегрування при $N_i = 0$:

$$Z = N_m / \sigma_{\Pi}. \quad (3)$$

3.5. Розрахувати ймовірність значень натягу в межах від 0 до N_m , тобто площу, обмежену лінією симетрії кривої Гауса та ординатою, розташованою на відстані N_m , від лінії симетрії. Імовірність натягів від 0 до N_m знаходять із таблиці значень функції $\Phi(z)$ при $z = N_m/\sigma$ (табл. 2 або [1, табл. 1.1]). Імовірність отримання натягів в з'єднанні:

при $z > 0$:

$$P'_N = 0.5 + \Phi(z); \quad (4)$$

при $z < 0$:

$$P'_N = 0.5 + \Phi(z). \quad (5)$$

Відсоток з'єднань з натягом:

$$P_N = P'_N \cdot 100\%. \quad (6)$$

Імовірність зазорів:

$$P'_S = 1 - P'_N. \quad (7)$$

Відсоток з'єднань із зазором:

$$P_S = P'_S \cdot 100\%. \quad (8)$$

Значення P_N та P_S для перехідних посадок наведені в табл. 3.

Приклад. Розрахувати очікувані при складанні частки з'єднань з натягом та зазором (імовірність натягу та зазору) для посадки

$$\varnothing 65 \frac{H7}{h6} \left[\begin{array}{c} +0.030 \\ +0.039 \\ +0.020 \end{array} \right].$$

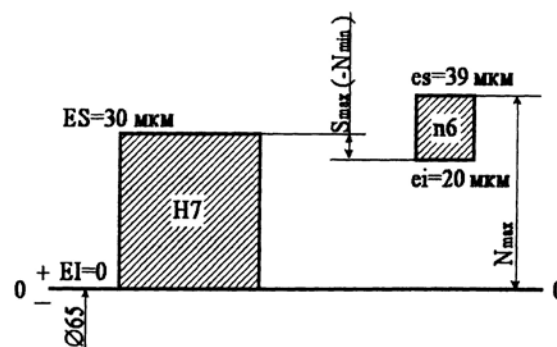


Рис. 2. Схема розташування полів допусків посадки 65 H7/h6

Розраховуємо посадку. Максимальний та мінімальний натяги:

$$N_{\max} = es - EI = 39 - 0 = 39 \text{ мкм};$$

$$N_{\min} = ei - ES = 20 - 30 = -10 \text{ мкм}.$$

Або

$$S_{\max} = -N_{\min} = 10 \text{ мкм}.$$

Середній натяг:

$$N_m = (N_{\max} + N_{\min})/2 = (39 - 10)/2 = 14,5 \text{ мкм}.$$

Допуски: отвору $T_D = ES - EI = 30 - 0 = 30 \text{ мкм};$
 вала: $T_d = es - ei = 39 - 20 = 19 \text{ мкм}.$

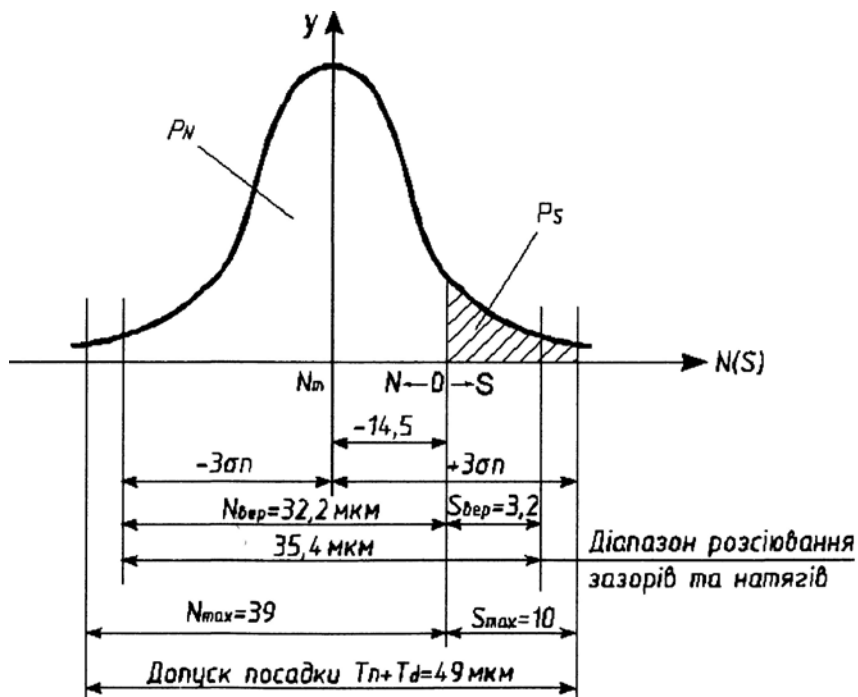


Рис. 3 Крива розподілу натягів-зазорів для посадки 65 H7/n6

Схема розташування полів допусків посадки зображена на рис. 2.

Визначаємо середнє квадратичне відхилення посадки за формулою (2):

$$\sigma_{\Pi} = \sqrt{T_D^2 + T_d^2} / 6 = \sqrt{30^2 + 19^2} / 6 = 5,9 \text{ мкм}.$$

Визначаємо границю інтегрування:

$$Z = N_m / \sigma_{II} = 14.5 / 5.9 = 2.46$$

Будуємо криву розподілу натягів-зазорів для даної посадки (рис. 3).

Розраховуємо ймовірність отримання натягу в межах від 0 до $N_m = 14,5$ мкм.

$$\Phi(2) = \Phi(2,46) = 0,493.$$

Імовірність натягів за формулою (4) при $z > 0$:

$$P'_N = 0.5 + \Phi(z) = 0.993, \text{ або } P_N = P'_N \cdot 100\% = 0.993 \cdot 100\% = 99.3.$$

Імовірність зазорів визначається за формулою (7):

$$P'_S = 1 - 0.993 = 0.007, \text{ або } P_S = P'_S \cdot 100\% = 0.007 \cdot 100\% = 0.7\%.$$

Значення P_N та P_S відповідають даним табл. Д.1:

$$P_{N_{табл.}} = (99.1 - 99.6)\% , \quad P_{S_{табл.}} = (0.9 - 0.4)\%.$$

Імовірнісний максимальний натяг:

$$N_{iM} = N_m + 3 \cdot \sigma_{II} = 14.5 + 3 * 5.9 = 32,2 \text{ мкм.}$$

Максимальний імовірнісний зазор:

$$S_{iM} = 3 \cdot \sigma_{II} - N_m = 3 * 5.9 - 14.5 = 3,2 \text{ мкм.}$$

Таким чином, імовірнісні зазори та натяги S_{iM} , N_{iM} значно менші за граничні зазори та натяги S_{max} , N_{max} .

4. Звіт про виконану роботу

Звіт повинен містити розрахунки посадки за схемою, наведеною у прикладі (пункт 3 методичних вказівок) для вихідних даних, заданих викладачем (таблиця 1).

5. Питання для самоконтролю

1. Призначення перехідних посадок.
2. Поля допусків, що використовуються для утворення перехідних посадок.
3. Вибір та розрахунок перехідних посадок.
4. Визначення граничних та середнього натягів посадки, середнього квадратичного відхилення посадки при нормальному законі розподілу розмірів, ймовірності отримання зазорів та натягів посадки, ймовірнісних зазорів та натягів.

Література

1. Допуски и посадки: Справочник. Ч. 1 / Под ред. В. Д. Мягкова. - Л.: Машиностроение, 1982. - 543 с.
2. Якушев А. И., Воронцов А. Н., Федотов Н. М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1987. - 352 с.
3. Зимин Б. С., Ройтенберг Б. Н. Сборник задач по допускам и техническим измерениям. - М.: Высш. школа, 1983. - 111 с.

Додаток ЛР12

Таблиця 1. Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	d ₁ , мм	d ₂ , мм	Варіант	d ₁ , мм	d ₂ , мм
1	30H7/n6	60 K8/h7	11	60 H8/k7	30 N7/h6
2	45H7/m6	30 Js/h7	12	30 H8/js7	45 M7/h6
3	60 H7/k6	45 M8/h7	13	45 H8/m7	60 K7/h6
4	60 H7/js6	30 N8/h7	14	30 H8/n7	60 Js7/h6
5	45 H8/n6	30 Js7/h7	15	30 H7/js6	45 N8/h7
6	60 8/m7	45 K7/h8	16	45 H7/k6	60 M8/h7
7	45 H8/k7	60 M7/h6	17	60 H7/m6	45 K8/h7
8	60 H8/js7	45N7/h6	18	45 H7/n6	60 Js8/h7
9	60 H6/k5	60 N8/h7	19	60 H8/n7	60 K6/h5
10	45 H6/n5	60 K7/h8	20	60 H7/k6	60 N6/h5

Таблиця 2. Значення функції $\Phi(z) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \times \int_a^z \text{Exp} \left[\frac{-z^2}{2} \right] dz$

z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$	z	$\Phi(z)$
0,01	0,0040	0,31	0,1217	0,72	0,2642	1,80	0,4641
0,02	0,0080	0,32	0,1255	0,74	0,2763	1,85	0,4678
0,03	0,0120	0,33	0,1293	0,76	0,2764	1,90	0,4713
0,04	0,0160	0,34	0,1331	0,78	0,2823	1,95	0,4744
0,05	0,0199	0,35	0,1368	0,80	0,2881	2,00	0,4772
0,06	0,0239	0,36	0,1406	0,82	0,2939	2,10	0,4821
0,07	0,0279	0,37	0,1443	0,84	0,2995	2,20	0,4861
0,08	0,0319	0,38	0,1480	0,86	0,3051	2,30	0,4893
0,09	0,0359	0,39	0,1517	0,88	0,3106	2,40	0,4918
0,10	0,0398	0,40	0,1554	0,90	0,3159	2,50	0,4938
0,11	0,0478	0,41	0,1591	0,92	0,3212	2,60	0,4953
0,12	0,0478	0,42	0,1628	0,94	0,3264	2,70	0,4965
0,13	0,0517	0,43	0,1664	0,96	0,3315	2,80	0,4974
0,14	0,0557	0,44	0,1700	0,98	0,3365	2,90	0,4981
0,15	0,0596	0,45	0,1736	1,00	0,3413	3,00	0,4986
0,16	0,0639	0,46	0,1772	1,05	0,3531	3,20	0,49931
0,17	0,0675	0,47	0,1808	1,10	0,3643	3,40	0,48966
0,19	0,0753	0,49	0,1879	1,20	0,3849	3,80	0,49992
0,20	0,0793	0,50	0,1915	1,25	0,3944	4,00	0,49996
0,21	0,0832	0,52	0,1985	1,30	0,4032	4,50	0,49999
0,22	0,0871	0,54	0,2054	1,35	0,4115	5,00	0,49999
0,23	0,0910	0,56	0,2123	1,40	0,4192		
0,24	0,0948	0,58	0,2190	1,45	0,4265		
0,25	0,0987	0,60	0,2257	1,50	0,4332		
0,26	0,1020	0,62	0,2324	1,55	0,4394		
0,27	0,1064	0,64	0,2389	1,60	0,4452		
0,28	0,1103	0,66	0,2454	1,65	0,4505		
0,29	0,1141	0,68	0,2517	1,70	0,4554		
0,30	0,1179	0,70	0,2580	1,75	0,4599		

Таблиця 3. Відсоток натягів P_N для перехідних посадок при розмірах від 3 мм до 500 мм

Посадка		Відсоток натягів P_N	Посадка		Відсоток натягів P_N
H5/m4	M5/h4	99.93-99.98	H7/k6	K7/h6	24-34
H5/k4	K5/h4	38-68	H7/j6	J7/h6	0.5-4.0
H5/j4		0,5-1.0	H7/j6		0.5-0.6
	J5/h4	3-6		J7/h6	5-6
H6/m5	M6/h5	94-99	H8/n7	N8/h7	88-93
H6/k5	K6/h5	38-50	H8/m7	M8/h7	60-71
H6/j5	J6/h5	0,1-2,6	H8/k7	K8/h7	24-29
H6/j5		0.5-0.Я	H8/j7	J8/h7	0.6—2. 7
	J6/h5	4-5	H8/j7		0.6-0.7
H7/n4	N7/h6	99,1-99,6		J8/h7	4-5
H7/m6	M7/h6	80-85			
Примітка: відсоток зазорів P_S отримується за формулою: $P_S = 100 - P_N$. Наприклад, при $P_N = 24\%$. $P_S = 100 - 24 = 76 (\%)$.					

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №13

Дослідження розмірних ланцюгів

Мета роботи: засвоїти методику розрахунку розмірних ланцюгів методами повної взаємозамінності, імовірнісним та з використанням компенсатора.

Обладнання: довідкові таблиці.

1. Питання для самопідготовки

1. Що називають розмірним ланцюгом?
2. Яка ланка називається замикаючою?
3. Яка ланка називається зменшувальною, яка збільшувальною?
4. Як класифікуються розмірні ланцюги?
5. Які завдання розрахунку розмірних ланцюгів?

2. Теоретичні відомості

Основні поняття та визначення в області розмірних ланцюгів викладені в рекомендованій літературі. При встановленні допусків на лінійні розміри, що входять до розмірних ланцюгів, користуються таблицями ГОСТ 2537-89.

Розрахунком розмірного ланцюга називають визначення граничних розмірів, граничних відхилень та допусків усіх ланок ланцюга.

Розмірні ланцюги використовують при розв'язуванні практичних задач двох типів:

- **пряма задача** - визначення номінального розміру, допуску та граничних відхилень замикаючої ланки за заданими розмірами та відхиленнями складових ланок;
- **обернена задача** - визначення допусків та граничних відхилень складових ланок за заданими номінальними розмірами всіх ланок ланцюга та заданими розмірами вихідної ланки.

В конструкторських завданнях переважно розв'язують задачі другого типу.

2.1. Для розрахунку розмірних ланцюгів з паралельними ланками методом повної взаємозамінності використовують наступні формули.

Номінальні розміри в розмірному ланцюгу зв'язані рівнянням:

$$A_{\Sigma} = \sum A_{i\text{ зб}} - \sum A_{i\text{ зм}}, \quad (1)$$

де A_{Σ} – номінальний розмір замикаючої ланки; $A_{i\text{ зб}}$, $A_{i\text{ зм}}$ – збільшувальні $\overline{A}_i$, та зменшувальні $\overline{A}_i$, ланки розмірного ланцюга;

$$A_{\Sigma\text{ max}} = A_{\Sigma i\text{ max}} - A_{\Sigma i\text{ min}}. \quad (2)$$

Граничні розміри замикаючої ланки:

$$\begin{cases} A_{\Sigma\text{ max}} = A_{\Sigma i\text{ зб max}} - A_{\Sigma i\text{ зм max}} \\ A_{\Sigma\text{ min}} = A_{\Sigma i\text{ зб min}} - A_{\Sigma i\text{ зм min}} \end{cases} \quad (3)$$

де $A_{i\text{ зб}}$, $A_{i\text{ зм}}$ – збільшувальні та зменшувальні складові ланки.

Рівняння, що зв'язують граничні відхилення ланок:

$$\begin{cases} ES_{A_{\Sigma}} = \sum ES_{A_{i\text{ зб}}} - \sum EI_{A_{i\text{ зм}}} \\ EI_{A_{\Sigma}} = \sum EI_{A_{i\text{ зб}}} - \sum ES_{A_{i\text{ зм}}} \end{cases} \quad (4)$$

Рівняння, що зв'язує допуски в розмірному ланцюзі:

$$TA_{\Sigma} = \sum TA_{i\text{ зб}} + \sum TA_{i\text{ зм}} = \sum TA_i, \quad (5)$$

тобто допуск замикаючої ланки дорівнює сумі допусків складових ланок.

Задачі першого типу (прямі) розв'язують за допомогою рівнянь (1), (2) або (3), а перевірку роблять за рівнянням (4).

Задачі другого типу (обернені) розв'язують за допомогою рівнянь (1) - (4). При цьому допуск TA_{Σ} вихідної ланки між складовими частіше розподіляють способом рівноточних допусків,

призначаючи на всі складові ланки допуски одного квалітету з подальшим корегуванням відповідно до рівнянь (3) та (4).

Число одиниць допуску, за яким підбирають квалітет для допусків складових ланок з урахуванням стандартизованих деталей, дорівнює:

$$\alpha_{cp} = \frac{TA_{\Sigma} - f}{\Sigma i_i}, \quad (6)$$

де f – сума допусків стандартних деталей; Σi_i – сумарне значення чисел одиниць допуску складових ланок (без стандартних деталей); i – одиниця допуску, що залежить від інтервалу розмірів (приймається за табл. 2 додатку ЛР13).

За середнім числом одиниць допуску та згідно з ГОСТ 25346-89 (табл. 3 додатку ЛР13) підбирають квалітет та призначають допуски та граничні відхилення складових ланок з подальшим корегуванням за рівняннями (3) та (4).

Знаки граничних відхилень для складових ланок рекомендується приймати такими, щоб поля допусків були направлені в тіло виробу за ходом обробки, тобто:

“+” – для полів допусків розмірів, що охоплюють ланку;

“–” – для охоплюваних розмірів.

Допускається також симетричне розташування відхилень.

2.2. При розрахунку розмірних ланцюгів імовірнісним методом використовують наступні формули:

- допуски замикальної (вихідної) ланки:

$$TA_{\Sigma} = \sqrt{\Sigma TA_i^2} \quad (7)$$

- число одиниць допуску:

$$\alpha_{cp} = \frac{TA_{\Sigma}}{\sqrt{\Sigma i_i^2}} \quad (8)$$

При розрахунку розмірних ланцюгів **імовірнісним методом** рівняння (2) та (3) виконуватись не будуть, оскільки вони розраховані на найгірші та малоімовірні випадки.

Для визначення граничних відхилень вводять середнє відхилення:

$$E_{m_{Ai}} = \frac{ES_{Ai} + EI_{Ai}}{2} \quad (9)$$

При цьому граничні відхилення ланок, що виражаються через координати середини полів допусків, дорівнюють:

$$\begin{cases} ES_{Ai} = \Sigma E_{m_{Ai}} + \frac{TA_i}{2} \\ EI_{Ai} = \Sigma E_{m_{Ai}} - \frac{TA_i}{2} \end{cases} \quad (10)$$

Аналогічно і для замикаючої ланки:

$$\begin{cases} ES_{A\Sigma} = \Sigma E_{m_{A\Sigma}} + \frac{TA_\Sigma}{2} \\ EI_{A\Sigma} = \Sigma E_{m_{A\Sigma}} - \frac{TA_\Sigma}{2} \end{cases} \quad (11)$$

Співвідношення між середніми відхиленнями замикаючої та складових ланок:

$$E_{m_{A\Sigma}} = \Sigma E_{m_{Ai \text{ зб}}} - \Sigma E_{m_{Ai \text{ зм}}} \quad (12)$$

Послідовність розрахунку розмірних ланцюгів **методом повної взаємозамінності та імовірнісним методом** більш детально викладена в [1] та [2].

2.3. Якщо середня точність розмірів ланцюга, яка розрахована методом повної взаємозамінності або імовірнісним методом, є дуже високою та економічно неприйнятною, використовують **метод регулювання**.

Суть методу полягає в тому, що допуски складових ланок призначають за економічно прийнятними квалітетами (IT10–IT12), а

необхідна точність замикаючої ланки розмірного ланцюга досягається введенням в ланцюг компенсуючої ланки K для того, щоб шляхом зміни розміру K (без зняття шарів матеріалу) отримати замикаючий розмір у встановлених межах.

Розмір компенсуючої ланки може входити в ланцюг як збільшувальний або як зменшувальний.

Номинальний розмір компенсуючої ланки згідно виразу (1):

$$A = A_{i\text{ зб}} - A_{i\text{ зм}} + K \quad (13)$$

Значення K беруть із знаком "+", коли K – збільшувальний розмір, та "-" – при K зменшувальному.

Співвідношення між допусками замикаючої ланки, складових ланок та можливою зміною розміру компенсуючої ланки має вигляд:

$$TA_{\Sigma} = \sum TA_i - V_k, \quad (14)$$

де V_k – необхідна компенсація (вона не є допуском на розмір K , чим пояснюється знак "-" перед V_k),

$$V_k = ESK - EIK.$$

Якщо K є збільшувальним, то при найбільших значеннях збільшувальних ланок потрібно поставити компенсатор найменшої величини.

Якщо K є зменшувальним, то при найбільших значеннях зменшувальних ланок потрібно поставити компенсатор найбільшої величини.

Виходячи з цього у відповідності з виразами (2) та (3) отримуємо формули граничних розмірів та відхилень K :

- для K - збільшувальної ланки:

$$\begin{cases} A_{\Sigma} = \sum A_{i \text{ зб}} - \sum A_{i \text{ зм}} + K \\ A_{\Sigma \max} = \sum A_{i \text{ зб max}} - \sum A_{i \text{ зм min}} + K_{\min} \\ A_{\Sigma \min} = \sum A_{i \text{ зб min}} - \sum A_{i \text{ зм max}} + K_{\max} \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} ES_{A_{\Sigma}} = \sum ES_{Ai \text{ зб}} - \sum EI_{Ai \text{ зм}} + EIK \\ EI_{A_{\Sigma}} = \sum EI_{Ai \text{ зб}} - \sum ES_{Ai \text{ зм}} + ESK \end{cases} \quad (16)$$

- для K - зменшувальної ланки:

$$\begin{cases} A_{\Sigma} = \sum A_{i \text{ зб}} - \sum A_{i \text{ зм}} - K \\ A_{\Sigma \max} = \sum A_{i \text{ зб max}} - \sum A_{i \text{ зм min}} - K_{\max} \\ A_{\Sigma \min} = \sum A_{i \text{ зб min}} - \sum A_{i \text{ зм max}} - K_{\min} \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} ES_{A_{\Sigma}} = \sum ES_{Ai \text{ зб}} - \sum EI_{Ai \text{ зм}} - EIK \\ EI_{A_{\Sigma}} = \sum EI_{Ai \text{ зб}} - \sum ES_{Ai \text{ зм}} - ESK \end{cases} \quad (18)$$

В наборі прокладок компенсатора товщину постійної прокладки приймають рівною (з заокругленням у менший бік):

$$S_{\text{пост}} \leq K_{\min}.$$

Товщина змінних прокладок повинна бути меншою за величину допуску замикаючої ланки, тобто:

$$S \leq TA_{\Sigma}.$$

В іншому випадку встановлення або зняття прокладки змінить розмір замикаючої ланки. Для регулювання краще мати більшу кількість тонких прокладок.

Кількість змінних прокладок з заокругленням до цілого числа дорівнює:

$$n = \frac{V_k}{TA_{\Sigma}} + 1. \quad (19)$$

Товщина змінних прокладок з заокругленням у бік зменшення:

$$S = \frac{V_k}{n}. \quad (20)$$

Допустимі похибки вимірювань при контролі розмірів від 3 до 500 мм наведені в табл. 1 (додаток К), а граничні похибки засобів вимірювальної техніки - у табл. 2 (додаток К).

3. Послідовність виконання роботи

Потрібно розв'язати таку задачу. Підібрати товщину та кількість прокладок-компенсаторів (ланки A_2 та A_9), щоб у редукторі (рис.1) витримати розмір S у заданих межах.

Приклад розрахунку для вихідних даних: $S=0,5-1,0$ мм. Клас точності підшипника - 0. Інші розміри мають такі значення: $A_1=265$ мм; $A_5=20$ мм; $A_8=23$ мм; $A_3=16$ мм; $A_6=50$ мм; $A_{10}=15$ мм; $A_4=23$ мм; $A_7=120$ мм.

3.1. Виявляємо збільшувальні та зменшувальні складові ланки ланцюга (див. рис. 1). Сумарна величина $A_2 + A_9$ є компенсатором. В даному ланцюзі компенсатор K – збільшувальна ланка. Збільшувальною є також ланка A_1 , а решта ланок – зменшувальні. Зазор S може змінюватись в межах $(0,5-1,0)$ мм. Допустивши, що номінальний розмір дорівнює нулю, отримуємо

$$S = 0^{+1.0}_{+0.5} \text{ (мм)}.$$

Визначаємо за (12) номінальну величину K :

$$A_{\Sigma} = \sum A_{i \text{ зб}} - \sum A_{i \text{ зм}} + K,$$

$$0 = 265 - (16 + 23 + 20 + 50 + 120 + 23 + 15) + K, \text{ звідки}$$

$$K = 267 - 265 = 2 \text{ (мм)}.$$

Розділимо номінальний розмір так, щоб $A_2 = 1$ мм та $A_9 = 1$ мм.

3.2. Із розмірів складових ланцюга виділяємо розміри стандартних деталей. В даному ланцюгу стандартним є кульковий підшипник №308 ($D = 90$ мм; $d = 40$ мм; $B = 23$ мм).

З [1, табл. 4.82] (або з табл. 4, додатку ЛР13) для підшипника 0-го класу граничні розміри A_4 (ширини внутрішнього кільця підшипника):

$$ES = 0,$$

$$EI = -0.12 \text{ мм}.$$

3.3. Допускаємо, що виготовлення деталей, які входять у даний редуктор, виконується за 10-м квалітетом точності. Визначивши допуски згідно з ГОСТ 25346-89, ставимо граничні відхилення в тіло деталей, тобто за ходом обробки поверхонь, що спряжені.

Дані для розрахунку записуємо у таблицю 1.

Таблиця 1. Дані для розрахунку К

Розмір	Номінальний розмір	Ланка	ES	EI	Допуск, мм
A_1	265	збільшувальна	0	-210	210
A_2	1	К	Розраховуються		
A_3	16	зменшувальна	+70	0	70
A_4	23	зменшувальна	0	-120	120
A_5	20	зменшувальна	0	-84	84
A_6	50	зменшувальна	0	-100	100
A_7	120	зменшувальна	0	-140	140
A_8	23	зменшувальна	0	-120	120
A_9	1	К	Розраховуються		
A_{10}	15	зменшувальна	+70	0	70
A_Σ	0		+1000	+500	500

Обчислюємо величини, що необхідні для розрахунку:

$$TA_\Sigma = 500 \text{ мкм}$$

$$\Sigma ES_{A_{зб_i}} = 0$$

$$\Sigma ES_{A_{зм_i}} = +140 \text{ мкм}$$

$$TA_i = 914 \text{ мкм}$$

$$\Sigma ES_{A_{зб_i}} = -210 \text{ мкм}$$

$$\Sigma ES_{A_{зм_i}} = -546 \text{ мкм}$$

3.4. Визначаємо граничні відхилення для K :

$$EI_{A_{\Sigma}} = \Sigma ES_{A_{зб_i}} - \Sigma EI_{A_{зм_i}} + EIK ;$$

$$+1000 = 0 - (-564) + EIK .$$

Звідки

$$EIK = 1000 - 564 = 464 \text{ мкм};$$

$$ES_{A_{\Sigma}} = \Sigma ES_{A_{i зб}} - \Sigma ES_{A_{i зм}} + ESK ;$$

$$+500 = -210 - 140 + ESK .$$

Звідки $ESK = +850 \text{ мкм}$.

Перевіряємо величину V_k за формулою (13):

$$V_k = \Sigma TA_i - TA_{\Sigma} = 914 - 500 = 414 \text{ (мкм)};$$

$$V_k = ESK - EIK ;$$

$$414 = 850 - 436 = 414 \text{ (мкм)};$$

$$K_{\max} = 2.850 \text{ (мм)};$$

$$K_{\min} = 2.436 \text{ (мм)}.$$

3.5. Визначаємо товщину та кількість прокладок. Приймаємо $A_{2\min} = A_{9\min} = 1,2 \text{ мм} = S_{\text{пост}}$ за постійні прокладки. Число змінних прокладок обчислюємо за (18):

$$n = \frac{V_k}{TA_{\Sigma}} + 1 = \frac{414}{500} + 1 \approx 2,$$

а товщину змінних прокладок за (19):

$$S = \frac{V_k}{n} = \frac{414}{2} = 207 \approx 0.2 \text{ (мм)}.$$

Перевіримо розрахунок компенсатора:

$2 \cdot S_{\text{пост}} + n \cdot S = 2 \cdot 1.2 + 2 \cdot 0.2 = 2.8 < K_{\min}$, що задовольняє вимоги складання.

4. Звіт про виконану роботу

Звіт повинен містити розв'язок задачі за схемою, наведеною у прикладі (пункт 3 методичних вказівок) для вихідних даних, заданих викладачем (таблиця 1 додатку ЛР13).

4. Питання для самоконтролю

1. Що називають розмірним ланцюгом? Для вирішення яких задач використовують розрахунки розмірних ланцюгів?

2. Які ознаки та відмінності:

замикальної (вихідної) та складових ланок;

збільшувальних та зменшувальних ланок?

3. Рівняння та методика розрахунку розмірних ланцюгів за методом повної взаємозамінності.

4. На яких положеннях базується розрахунок розмірних ланцюгів імовірнісним методом?

5. Література

1. Допуски и посадки: Справочник. Ч.II / Под ред. В. Д. Мягкова. - Л.: Машиностроение, 1982. - 448 с.
2. Зябрева Н. Н., Перельман Е. И., Шегал М. Я. Пособие к решению задач по курсу "Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения", - М.: Высш. школа, 1977. - 208 с.
3. Якушев А. И., Воронцов А. Н., Федотов Н. М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. - М.: Машиностроение, 1987. - 352 с.

Додаток ЛР13

У редукторі (рис. 1) необхідно витримати зазор S в заданих межах. Клас точності підшипника - 6. Ланки A_2 та A_9 - прокладки-компенсатори. Інші дані вибрати згідно з табл. 1.

Таблиця 1. Варіанти індивідуальних завдань

Варіант	Номинальні розміри, мм								Серія кулькового підшипник а	Межі зміни S , мм	Метод розрахунку*
	A_1	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_{10}			
1	260	15	21	20	45	123	21	15	0	0,3–0,8	1
2	260	15	21	20	45	123	21	15	6	0,3–0,8	2
3	260	15	21	20	45	122	21	15	5	0,3–0,8	3
4	240	16	19	20	40	110	19	16	4	0,2–0,6	1
5	240	16	19	20	40	110	19	16	2	0,2–0,6	2
6	240	16	19	20	40	108	19	16	0	0,2–0,6	3
7	290	20	23	25	50	130	23	19	6	0,3–0,8	1
8	290	20	23	25	50	130	23	19	5	0,3–0,8	2
9	290	20	23	25	50	130	23	17	4	0,3–0,8	3
10	350	25	25	30	60	155	25	30	2	0,3–0,9	1
11	350	25	25	30	60	155	25	30	0	0,3–0,9	2
12	350	25	25	30	60	155	25	28	6	0,3–0,9	3
13	370	30	27	35	65	160	27	26	5	0,2–0,8	1
14	370	30	27	35	65	160	27	26	4	0,2–0,8	2
15	370	30	27	35	65	160	27	25	2	0,2–0,8	3
16	400	30	29	40	70	175	29	27	0	0,4–1,0	1
17	400	30	29	40	70	175	29	27	6	0,4–1,0	2
18	400	30	29	40	70	175	29	25	5	0,4–1,0	3
19	400	30	29	40	70	175	29	25	4	0,4–0,9	1
20	400	30	29	40	70	175	29	25	2	0,4–0,9	2

* Цифрами позначені методи:

- 1- повної взаємозамінності;
- 2- імовірнісний;
- 3- регулювання.

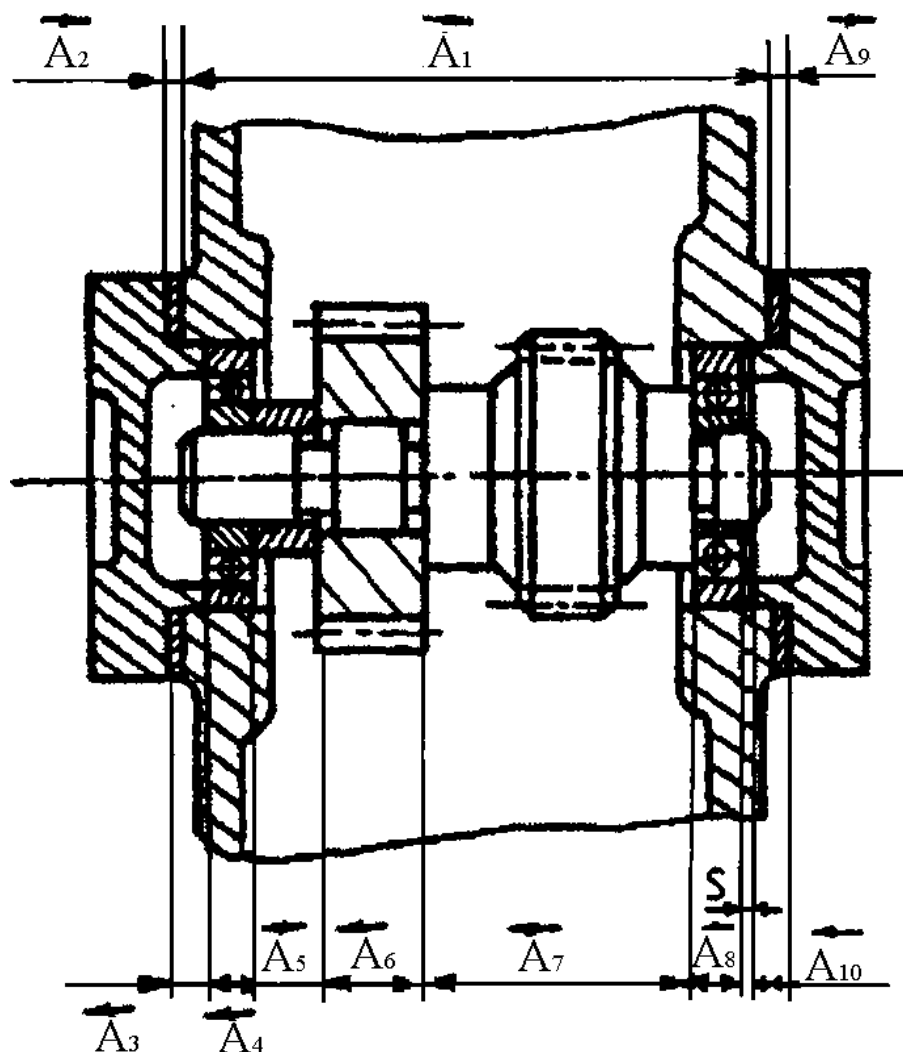


Рис. 1. Креслення та розмірний ланцюг редуктора

Таблиця 2. Одиниці допуску $i(I)$, мкм, для основних інтервалів номінальних розмірів ЄСДП

Номінальні розміри, мм	$i(I)$	Номінальні розміри, мм	$i(I)$
до 3	0,55	180-250	2,89
3-6	0,73	250-315	3,22
6-10	0,90	315-400	3,54
10-18	1,08	400-500	3,89
18-30	1,31	500-630	4,35
30-50	1,56	630-800	5,00
50-80	1,86	800-1000	5,70
80-120	2,17	1000-1250	6,60
120-180	2,52	1250-1600	7,70

Таблиця 3. Числа одиниць допуску а для квалітетів ЄСДП
(згідно з ГОСТ 25346-89)

Квалітет	а	Наближене значення квалітету
01	1	Кінцеві міри довжини
0	1,41	
1	2	
2	2,74	Калібри, особливо точні міри
3	3,74	
4	5,12	
5	7	Спряжені розміри
6	10	
7	16	
8	25	
9	40	
10	64	
11	100	
12	160	Розміри з невказаними допусками
13	250	
14	400	
15	640	
16	1000	
17	1600	

Таблиця 4. Точність розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь. Підшипники кулькові, роликові радіальні та кулькові радіально-упорні. Кільця внутрішні

Номінальний діаметр отвору d, мм	Отвір циліндричний				Ширина кільця		U _D	R _i
	d _m		d					
	Відхилення, мкм							
	верхнє	нижнє	верхнє	нижнє	верхнє	нижнє	не більше	
Клас точності P0								
50-80	0	-15	+4	-19	0	-150	25	20
80-120	0	-20	+5	-25	0	-200	25	25
120-180	0	-25	+6	-31	0	-250	30	30
180-250	0	-30	+8	-38	0	-300	30	40

Клас точності Р6								
2,5-10	0	-7	+1	-8	0	-120	15	6
10-18	0	-7	+1	-8	0	-120	20	7
18-30	0	-8	+1	-9	0	-120	20	8
30-50	0	-10	+1	-11	0	-120	20	10
50-80	0	-12	+2	-14	0	-150	25	10
80-120	0	-15	+3	-18	0	-200	25	13
120-180	0	-18	+3	-21	0	-250	30	18
180-250	0	-22	+4	-26	0	-300	30	20
Клас точності Р5								
2,5-10	0	-5	0	-5	0	-40	5	3,5
10-18	0	-5	0	-5	0	-40	5	3,5
18-30	0	-6	0	-6	0	-80	5	4
30-50	0	-8	0	-8	0	-120	5	5
50-80	0	-9	0	-9	0	-150	6	
80-120	0	-10	0	-10	0	-200	7	6
120-180	0	-13	0	-13	0	-250	8	8
180-250	0	-15	0	-15	0	-300	10	10
Клас точності Р4								
2,5-10	0	-4	0	-4	0	-40	2,5	2,5
10-18	0	-4	0	-4	0	-80	2,5	2,5
18-30	0	-5	0	-5	0	-120	3	4
30-50	0	-6	0	-6	0	-120	3	4
50-80	0	-7	0	-7	0	-150	4	4
80-120	0	-8	0	-8	0	-200	4	5
120-180	0	-10	0	-10	0	-250	5	6
180-250	0	-12	0	-12	0	-300	8	7
Клас точності Р2								
2,5-10	0	-2,5	0	-2 5	0	-40	1,5	1,5
10-18	0	-2,5	0	-2,5	0	-80	1,5	1,5
18-30	0	-2,5	0	-2,5	0	-120	1,5	2,5
30-50	0	-2,5	0	-2,5	0	-120	1,5	2,5
50-80	0	-4	0	-4	0	-150	1,5	2,5
80-120	0	-5	0	-5	0	-200	2,5	2,5
120-150	0	-7	0	-7	0	-250	2,5	2,5
150-180	0	-7	0	-7	0	-250	5	4
180-250	0	-8	0	-8	0	-300	5	5

Таблиця 5. Точність розмірів поверхонь. Підшипники кулькові, роликові радіальні та кулькові радіально-упорні.

Кільця зовнішні

Номінальн зовнішній діаметр D, мм	Допустимі відхилення зовнішнього діаметра кільця, мкм										
	D _m			D				D _m та D			
	Класи точності										
	0,6	0	6	0		6		5,4,2	5	4	6
	верх.	нижнє		верхнє	нижнє	верхн є	нижнє	верхнє	нижнє		
2,5-6	0	-8	-7	+1	-9	+1	-8	0	-5	-4	2,5
6-18	0	-8	-7	+2	-10	+1	-8	0	-5	-4	2,5
18-30	0	-9	-8	+2	-11	+1	-7	0	-6	-5	-4
30-50	0	-11	-9	+3	-14	+2	-11	0	-7	-6	-4
50-80	0	-14	-11	+4	-17	+2	-14	0	-9	-7	-4
80-120	0	-15	-13	+5	-20	+2	-15	0	-10	-8	-5
120-150	0	-18	-15	+6	-24	+3	-18	0	-11	-0	-5
150-180	0	-25	-18	+7	-32	+3	-21	0	-13	-10	-7
180-250	0	-30	-20	+8	-38	+4	-24	0	-15	-11	-8
250-315	0	-35	-25	+9	-44	+4	-29	0	-18	-13	-8

ДОДАТКИ

Таблиця 1. Допустимі похибки вимірювання δ (мкм) в залежності від допусків розмірів T (мкм)

Номінальні розміри, мм	Квалітети															
	2		3		4		5		6		7		8		9	
	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ	T	δ
До 3	1,2	0,4	2,0	0,8	3	1	4	1,4	6	1,8	10	3	14	3	25	6
3 – 6	1,5	0,6	2,5	1,0	4	1,4	5	1,6	8	2,0	12	3	18	4	30	8
6 – 10	1,5	0,6	2,5	1,0	4	1,4	6	2	9	2,0	15	4	22	5	36	9
10 – 18	2,0	0,8	3,0	1,2	5	1,6	8	2,8	11	3	18	5	27	7	43	10
18 – 30	2,5	1,0	4,0	1,4	6	2	9	3	13	4	21	6	33	8	52	12
30 – 50	2,5	1,0	4,0	1,4	7	2,4	11	4	16	5	25	7	39	10	62	16
50 – 80	3,0	1,2	5,0	1,8	8	2,8	13	4	19	5	30	9	46	12	74	18
80 – 120	4,0	1,6	6,0	2,0	10	3	15	5	22	6	35	10	54	12	87	20
120 – 180	5,0	2,0	8,0	2,8	12	4	18	6	25	7	40	12	63	16	100	30
180 – 250	7,0	2,8	10,0	4,0	14	5	20	7	29	8	46	12	72	18	115	30
250 – 315	8,0	3,0	12,0	4,0	16	5	23	8	32	10	52	14	81	20	130	30
315 – 400	9,0	3,0	13,0	5,0	18	6	25	9	36	10	57	16	89	24	140	40
400 - 500	10,0	4,0	15,0	5,0	20	6	27	9	40	12	63	18	97	26	155	40

Продовження таблиці 1

Номінальні розміри, мм	Квалітети															
	10		11		12		13		14		15		16		17	
	Т	δ	Т	δ	Т	δ	Т	δ	Т	δ	Т	δ	Т	δ	Т	δ
До 3	40	8	60	12	100	20	140	30	250	50	400	80	600	120	1000	200
3 – 6	48	10	75	16	120	30	180	40	300	60	480	100	750	160	1200	240
6 – 10	58	12	90	18	150	30	220	50	360	80	580	120	900	200	1500	300
10 – 18	70	14	110	30	180	40	270	60	430	90	700	140	1100	240	1800	380
18 – 30	84	18	130	30	210	50	330	70	520	120	840	180	1300	280	2100	440
30 – 50	100	20	160	40	250	50	390	80	620	140	1000	200	1600	320	2500	500
50 – 80	120	30	190	40	300	60	460	100	740	160	1200	240	1900	400	3000	600
80 – 120	140	30	220	50	350	70	540	120	870	180	1400	280	2200	440	3500	700
120 – 180	160	40	250	50	400	80	630	140	1000	200	1600	320	2500	500	4000	800
180 – 250	185	40	290	60	460	100	720	160	1150	240	1850	380	2900	600	4600	1000
250 – 315	210	50	320	70	520	120	810	180	1300	260	2100	440	3200	700	5200	1100
315 – 400	230	50	360	80	570	120	890	180	1400	280	2300	460	3600	800	5700	1200
400 - 500	250	50	400	80	630	140	970	200	1550	320	2500	500	4000	800	6300	1400

Таблиця 2. Граничні похибки вимірювання Δ (мкм) зовнішніх розмірів і биття універсальними засобами вимірювальної техніки

Засіб вимірювальної техніки	Хід стер-жня, мм	Номинальний розмір, мм									
		1-6	6-10	10-18	18-50	50-80	80-120	120-180	180-260	260-360	360-500
Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,1 мм	-	150	150	150	150	200	200	200	200	200	250
Штангенциркулі з відліком по ноніусу 0,05 мм	-	100									
Індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм при вимірюванні розміру	10	20	20	20	0	20	20	25	30	30	40
	1	10									
	0,1	5	5	5	10	10	10	10	10	10	10
Індикатори годинникового типу з ціною поділки 0,01 мм при вимірюванні биття	10	15	15	15	15	15	15	15	15	20	20
	0,1	10									
	0,02-0,03	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10

Продовження таблиці 2

Засіб вимірювальної техніки	Хід стер- жня, мм	Номинальний розмір, мм									
		1-6	6- 10	10- 18	18- 50	50- 80	80- 120	120 - 180	180 - 260	260 - 360	360 - 500
Індикатори важільно- зубчасті з ціною поділки 0,01 мм при вимірюванні биття	0,8	15									
	0,1	10									
	0,02	5									
Головки пружинні з ціною поділки 0,001 мм	-	0,5	1	1	1	1	1	1	1	-	-
Головки пружинні з ціною поділки 0,001 мм	-	1	1	2	2	2	2	2	2	-	-
Головки важільно-зубчасті з ціною поділки 0,001 мм	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-

Продовження таблиці 2

Засіб вимірювальної техніки	Хід стержня, мм	Номінальний розмір, мм													
		0-25	25-50	50-75	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-225	225-250	250-275	275-300	300-400	400-500
Скоби інди-каторні з ціною поділки 0,01 мм (в руках)	3	15		20						40				50	60
	0,1	10													
Мікрометри гладкі з ціною поділки 0,01 мм (в руках)	-	5	10		15			20		25		30		40	50
Мікрометри важільні з ціною поділки 0,002 і 0,01 мм	-	4	6	10		15		20		25		30		40	50
Скоби важільні з ціною поділки 0,002 і 0,01 мм	Вся шкала	4	5	10		20	25	-							
	10 поділок	2		3		5		-							

Таблиця 3. Граничні похибки вимірювання Δ (мкм) внутрішніх лінійних розмірів універсальними засобами вимірювальної техніки

Засіб вимірювальної техніки	Засіб установки	Хід стержня, мм	Номинальний розмір, мм				
			3-18	18-50	50-120	120-260	260-500
Штангенциркуль з відліком по ноніусу 0,1 мм	-	-	200		250	300	300
Штангенциркуль з відліком по ноніусу 0,05 мм	-	-	150		200	200	250
Нутромір мікрометричний з ціною поділки 0,01 мм	Установочна міра	13	-		15	20	30
Нутромір індикаторний з відліковою головкою (ціна поділки 0,01 мм)	КМД 4-го класу або гладкий мікрометр	Весь хід	15	20	25	25	30
	Те ж	0,1	10	10	15	15	20
	КМД 3-го класу або кільце для встановлення	0,03	5	5	10	10	-