

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни

**«ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2025

Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт із навчальної дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Л. В. Саєнко, В. В. Блажко. – Харків : ХНУМГ імені О. М. Бекетова, 2025. – 88 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Л. В. Саєнко,
канд. техн. наук, доц. В. В. Блажко

Рецензент

С. М. Костенко, кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій, протокол № 7 від 20.12.2024

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ.....	5
Лабораторна робота № 1 Основні терміни й визначення метрології	8
2 ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТИ	16
Лабораторна робота № 2 Визначення відхилень циліндричних поверхонь ...	20
3 ГЛИБИНОМІРИ	23
Лабораторна робота № 3 Визначення глибини пазів та отворів	27
4 МІКРОМЕТРИ, МІКРОМЕТРИЧНІ ГОЛОВКИ І НУТРОМІРИ	30
Лабораторна робота № 4 Визначення конусоподібності циліндричних поверхонь	38
5 КУТОМІРИ	42
Лабораторна робота № 5 Визначення кута між поверхнями деталі за допомогою кутоміра	45
6 РІЗЬБОВІ КАЛІБРИ, ЗУБОМІРИ, РІЗЬБОВІ ШАБЛони І КАЛІБРИ ДЛЯ ВАЛІВ ТА ОТВОРІВ	47
Лабораторна робота № 6 Визначення допуску розміру циліндричних отворів	55
Лабораторна робота № 7 Визначення типорозміру різьблення	57
7 ЗУБОМІРИ	59
8 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЗОРІВ, ШОРСТКОСТІ	61
Лабораторна робота № 8 Визначення щілин та зазорів між деталями.....	81
9 СТІЙКИ Й ШТАТИВИ	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86

ВСТУП

У сучасному машинобудуванні в основу конструювання, виробництва й експлуатації виробів машинобудівної промисловості покладений принцип взаємозамінності.

Взаємозамінністю називаються принципи нормування вимог до деталей, вузлів і механізмів, використовуваних під час конструювання, завдяки яким видається можливим виготовляти їх незалежно й збирати або застосовувати без додаткової обробки за дотримання технічних вимог до виробу.

Взаємозамінність є однією з основоположних передумов серійного й масового виробництва, забезпечує кооперацію, концентрацію й спеціалізацію виробництва, значно знижує собівартість продукції, прискорює технологічний процес складання, дозволяє суттєво скоротити строки й підвищити якість ремонту в процесі експлуатації виробів. Основою взаємозамінності є стандартизація.

Вміння використовувати вимірювальний інструмент та допоміжне приладдя є, безумовно, способом втілення принципів взаємозамінності.

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ВЗАЄМОЗАМІННОСТІ І СТАНДАРТИЗАЦІЇ

Взаємозамінністю називаються принципи, що забезпечують складання деталей та вузлів і їхню заміну під час ремонту без додаткової обробки зі збереженням заданої якості. Взаємозамінність базується на нормуванні вимог до деталей, вузлів і механізмів, використовуваних під час конструювання, завдяки яким з'являється можливість виготовляти їх незалежно й збирати або замінювати без додаткової обробки за дотримання технічних вимог до виробу.

Деталі й вузли, виготовлені на основі принципів взаємозамінності, називаються взаємозамінними.

Взаємозамінність може бути:

1. *Повною* – за якої 100 % деталей і вузлів механізму встановлюються й замінюються під час складання без додаткової обробки, без регулювання й без добору.

2. *Неповною* (обмеженою) – за якої для забезпечення складання використовують: груповий добір деталей, регулювання положення деяких частин машин, компенсатори, пригін і інші технологічні заходи, що забезпечують виконання вимог до відповідності складальних одиниць і виробів.

3. *Зовнішньою* – за якої забезпечується взаємозамінність кооперованих (що монтуються в більш складні вироби) і покупних складальних одиниць за показниками експлуатації, а також за формою і розмірами приєднувальних поверхонь (електродвигуни, підшипники, редуктора тощо).

4. *Внутрішньою* – яка поширюється на ті вузли і деталі, що входять до складу виробу.

Взаємозамінність ґрунтується на стандартизації.

Стандартизація – це діяльність зі встановлення правил і характеристик для добровільного повторного використання з метою досягнення порядку у виробництві та розподілі продукції та підвищення конкурентоспроможності робіт і послуг.

Нормативний документ – документ, що містить загальні принципи, правила, характеристики або результатів певних видів діяльності, доступні широкому колу споживачів.

В Україні використовують такі категорії нормативних документів:

- 1) стандарти підприємств (СТП);
- 2) технічні умови України (ТУ);
- 3) стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок України (СТТУ);
- 4) галузеві стандарти (ГСТУ);
- 5) державні стандарти України (ДСТУ);
- 6) міждержавні стандарти (ГОСТ);

Стандарти – нормативні документи, які розроблено за принципом відсутності суперечностей із суттєвих питань у більшості зацікавлених сторін та затверджені визнаними органами. Стандартом встановлюються правила, характеристики, загальні принципи чи вимоги, які стосуються різних видів діяльності чи їхніх результатів для досягнення оптимального ступеня упорядкування в певній галузі.

Державною системою стандартів України передбачаються категорії стандартів, що подані нижче.

Регіональний стандарт – стандарт затверджений регіональною організацією зі стандартизації.

Національний стандарт – стандарт, затверджений національним органом стандартизації однієї держави.

Державний стандарт України (ДСТУ) – національний стандарт, прийнятий Державним комітетом України зі стандартизації, метрології та сертифікації (Держстандарт України).

Міжнародний стандарт – стандарт, прийнятий міжнародною організацією зі стандартизації.

Міждержавний стандарт (ГОСТ) – стандарт, прийнятий державами, що приєдналися до Угоди про проведення погодженої політики в галузі

стандартизації, метрології та сертифікації й застосовуваний ними безпосередньо. Він ухвалюється Міждержавною радою із стандартизації, метрології й сертифікації.

Стандарти ISO – міжнародні стандарти, випускаються Міжнародною організацією із стандартизації (International Organization for Standardization, ISO) й розроблені спільними зусиллями делегатів від різних країн.

Галузевий стандарт (ГСТУ) – стандарт затверджений, міністерством (відомством) України.

Стандарт підприємства (СТП) – стандарт, затверджений підприємством і застосовуваний тільки на цьому підприємстві.

Технічні умови (ТУ) – нормативний документ на конкретну продукцію (послугу), затверджений підприємством, зазвичай за узгодженням з підприємством замовником (споживачем).

Лабораторна робота № 1

Основні терміни й визначення метрології

Невід'ємною частиною курсу є метрологічне забезпечення взаємозамінності, пов'язане з контролем і виміром геометричних параметрів деталей.

Метрологія – наука про виміри, засоби й методи забезпечення їхньої єдності і способи досягнення необхідної точності.

Нормативно-правовою основою метрологічного забезпечення вимірів є державна система забезпечення єдності вимірів.

Терміни й визначення в області метрології наведені в ДСТУ 2681-94.

Фізичні величини

Фізична величина – властивість, спільна в якісному відношенні у багатьох матеріальних об'єктів та індивідуальна в кількісному відношенні у кожного з них (довжина, маса, температура тощо).

Міжнародна система одиниць – когерентна система одиниць, прийнята та рекомендована Генеральною конференцією з мір та ваг (ГКМВ).

Розмір фізичної величини – якісна означеність фізичної величини.

Значення фізичної величини – відображення фізичної величини у вигляді числового значення величини з позначенням її одиниці. Наприклад: діаметр отвору $\varnothing 10$ мм; площа 15 м^2 .

Числове значення фізичної величини – число, що дорівнює відношенню розміру фізичної величини, що вимірюється, до розміру одиниці цієї фізичної величини, чи кратної (часткової) одиниці.

Істинне значення фізичної величини – значення фізичної величини, яке ідеально відображало б певну властивість об'єкта.

Умовно істинне значення фізичної величини (дійсне значення фізичної величини) – значення фізичної величини, знайдене експериментальним шляхом і настільки наближене до істинного значення, що його можна використати замість істинного для певної мети.

Вимірювання

Вимірювана величина – фізична величина чи параметри її залежності, що підлягають вимірюванню.

Вимірювальна інформація – інформація про вимірювані величини та залежності між ними у вигляді сукупності їхніх значень.

Об'єкт вимірювання – матеріальний об'єкт, одна чи декілька властивостей якого підлягають вимірюванню.

Пряме вимірювання – вимірювання однієї величини, значення якої знаходять безпосередньо без перетворення її роду та використання відомих властивостей.

Непряме вимірювання – вимірювання, у якому значення однієї чи декількох вимірюваних величин знаходять після перетворення роду величини чи обчислення за відомими залежностями їх від декількох величин аргументів, що вимірюються прямо.

Опосередковане вимірювання – непряме вимірювання однієї величини з перетворенням її роду чи обчисленнями за результатами вимірювань інших величин, з якими вимірювана величина пов'язана явною функційною залежністю.

Сукупне вимірювання – непряме вимірювання, у якому значення декількох одночасно вимірюваних однорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, що пов'язують різні сполучення цих величин, які вимірюються прямо чи опосередковано.

Сумісне вимірювання – непряме вимірювання, у якому значення декількох одночасно вимірюваних різнорідних величин отримують розв'язанням рівнянь, які пов'язують їх з іншими величинами, що вимірюються прямо чи опосередковано.

Статичне вимірювання – вимірювання величини, яку можна вважати незмінною за час вимірювання.

Динамічне вимірювання – вимірювання величини, що змінюється за час вимірювання їх від декількох величин аргументів, які вимірюються прямо.

Вимірювальна операція – операція з фізичними величинами чи їхніми значеннями під час вимірювань.

Процедура вимірювання – послідовність вимірювальних операцій, що забезпечують вимірювання згідно з обраним методом.

Порівняння фізичних величин – вимірювальна операція, що полягає у відображенні співвідношення між розмірами двох однорідних фізичних величин відповідним висновком: більша, менша чи однакова за розміром.

Характеристики вимірювань

Результат вимірювання – значення фізичної величини, знайдене шляхом її вимірювання.

Абсолютна похибка вимірювання – різниця між результатом вимірювання та умовно істинним значенням вимірюваної величини.

Відносна похибка вимірювання – відношення абсолютної похибки вимірювання до умовно істинного значення вимірюваної величини.

Систематична похибка вимірювання – складова похибки, що залишається сталою або прогнозовано змінюється у ряді вимірювань тієї ж величини.

Випадкова похибка вимірювання – складова похибки, що неспрогнозовано змінюється в ряді вимірювань тієї ж величини.

Методична похибка вимірювання – складова похибки вимірювання, що зумовлена неадекватністю об'єкта вимірювання та його моделі, прийнятою при вимірюванні.

Інструментальна похибка вимірювання – складова похибки вимірювання, обумовлена властивостями засобів вимірювальної техніки.

Похибка вимірювання від взаємодії – складова інструментальної похибки, що виникає внаслідок впливу засобу вимірювальної техніки на стан об'єкта вимірювання.

Статична похибка вимірювання – похибка статичного вимірювання.

Динамічна похибка вимірювання – складова похибки, що виникає додатково до статичної під час динамічних вимірювань.

Надмірна похибка вимірювання – похибка вимірювання, що суттєво перебільшує очікувану (у цих умовах) похибку.

Точність вимірювання – головна характеристика якості вимірювання, що відображає близькість результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини.

Правильність вимірювання – характеристика якості вимірювання, що відображає близькість до нуля систематичної похибки вимірювання.

Засоби вимірювальної техніки та методів вимірювань

Сигнал – фізичний процес, властивості якого визначаються взаємодією між матеріальним об'єктом та засобом його дослідження.

Параметр сигналу – одна із властивостей сигналу, яка є фізичною величиною.

Вимірювальний сигнал – сигнал, один чи декілька параметрів якого є інформативними.

Вхідний вимірювальний сигнал – вимірювальний сигнал, що виникає під час взаємодії об'єкта вимірювання та засобу вимірювальної техніки.

Зразковий сигнал – вимірювальний сигнал, один чи декілька параметрів якого мають задане значення.

Кодовий сигнал вимірювальної інформації – сигнал вимірювальної інформації, що призначається для сприйняття технічними пристроями.

Засіб вимірювальної техніки – технічний засіб, який застосовується під час вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

Засіб вимірювань – засіб вимірювальної техніки, який реалізує процедуру вимірювань.

Міра величини – вимірювальний пристрій, що реалізує відтворення та (або) збереження фізичної величини заданого значення.

Компаратор – вимірювальний пристрій, що реалізує порівняння однорідних фізичних величин.

Вимірювальний перетворювач – вимірювальний пристрій, що реалізує вимірювальне перетворення.

Вимірювальний прилад – засіб вимірювань, у якому створюється візуальний сигнал вимірювальної інформації.

Показувальний пристрій – сукупність елементів або вузол засобу вимірювань, що подає візуальний сигнал вимірювальної інформації.

Реєструвальний пристрій – сукупність елементів або вузол засобу вимірювань, що реєструє (на носії) сигнал вимірювальної інформації.

Шкали (аналогового вимірювального приладу) – частина показу вального пристрою у вигляді впорядкованої сукупності позначок разом із пов'язаною з нею певною послідовністю чисел.

Позначка шкали – риска або інший знак на шкалі, що відповідають одному або декільком значенням вимірюваної величини.

Поділка шкали – частина шкали між двома сусідніми позначками шкали.

Вказівник – частина чи елемент показувального пристрою у вигляді стрілки, променя чи верхнього рівня стовпчика рідини чи газу, які відносно позначок шкали визначають показ приладу.

Метод вимірювання – сукупність способів використання засобів вимірювальної техніки та принципу вимірювань для створення вимірювальної інформації.

Методика виконання вимірювання – сукупність процедур і правил, виконання яких забезпечує одержання результатів вимірювання з потрібною точністю.

Характеристики засобів вимірювальної техніки

Метрологічні характеристики – характеристики засобів вимірювальної техніки, які нормуються для визначення результату вимірювання та його похибок.

Точність засобу вимірювань – характеристика засобу вимірювань, яка визначає близькість його показів до істинного значення вимірюваної величини.

Ціна поділки шкали аналогового вимірювального приладу – різниця значень вимірюваної величини, що відповідає двом сусіднім позначкам шкали.

Номинальне значення міри – номінальне значення величини, яка відтворюється мірою.

Чутливість вимірювального перетворювача – відношення зміни вихідної величини вимірювального перетворювача до зміни вхідної величини, що її викликає.

Абсолютна похибка засобу вимірювань – різниця між показом засобу вимірювань та істинним значенням вимірюваної величини за відсутності методичних похибок і похибок від взаємодії засобу вимірювань з об'єктом вимірювання.

Вилівна величина – фізична величина, що впливає на результат вимірювання, але не є вимірюваною величиною.

Відносна похибка засобу вимірювань – відношення абсолютної похибки засобу вимірювань до істинного значення вимірюваної величини.

Абсолютна похибка міри – різниця між номінальним та істинним значенням величини, що відтворюється мірою.

Границя допустимої похибки засобу вимірювальної техніки – найбільше значення, без урахування знаку, похибки засобу вимірювальної техніки, за яким цей засіб ще може бути визнаний придатним до застосування.

Основна похибка засобу вимірювальної техніки – похибка засобу вимірювальної техніки за нормальних умов його використання.

Додаткова похибка засобу вимірювальної техніки – похибка засобу вимірювальної техніки, яка додатково виникає під час використання засобу вимірювань в умовах відхилення хоча б однієї з впливних величин від нормального значення або її виходу за границі нормальної зони значень.

Метрологічна відмова засобу вимірювальної техніки – вихід метрологічної характеристики засобу вимірювальної техніки за нормовані границі.

Еталони одиниць фізичних величин

Еталон одиниці фізичної величини – засіб вимірювальної техніки, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці фізичної величини та

передавання її розміру відповідним засобам, що стоять нижче за повірочною схемою, офіційно затверджений як еталон.

Первинний еталон – еталон, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці фізичної величини з найвищою в країні (порівняно з іншими еталонами тієї ж одиниці) точністю.

Спеціальний еталон – еталон, що забезпечує відтворення та (або) зберігання одиниці в особливих умовах і замінює в цих умовах первинний еталон.

Державний еталон – первинний або спеціальний еталон, затверджений офіційно як державний.

Еталон-копія – вторинний еталон, який призначається для передавання розміру одиниці фізичної величини робочим еталонам (зразковим засобам вимірювальної техніки).

Робочий еталон – еталон, призначений для передачі розміру фізичної величини зразковим засобам вимірювальної техніки, а в окремих випадках – робочим засобам вимірювальної техніки.

Міжнародний еталон – еталон, який за міжнародною угодою призначений для погодження розмірів одиниць, що відтворюються і зберігаються державними (національними) еталонами.

Зразковий засіб вимірювальної техніки (засіб вимірювань) – засіб вимірювальної техніки, який використовується для перевірки інших засобів вимірювальної техніки (вимірювання) і затверджений як зразковий.

Повірочна установка – установка, укомплектована зразковими засобами вимірювальної техніки та допоміжними засобами і призначена для перевірки інших засобів вимірювальної техніки.

Звірення засобу вимірювальної техніки (засобу вимірювань) – порівняння засобу вимірювальної техніки з еталоном або зразковим засобом вимірювальної техніки того ж виду (міри з мірою, приладу з приладом) для визначення систематичної похибки.

Метрологічна служба і її діяльність

Метрологічна служба – мережа організацій, окрема організація або окремий підрозділ, на які покладена відповідальність за забезпечення єдності вимірювань у закріпленій сфері діяльності.

Державна метрологічна служба – система державних метрологічних органів, на які покладена відповідальність за забезпечення єдності вимірювань у державі.

Відомча метрологічна служба – метрологічна служба міністерства або іншого центрального органу державної виконавчої влади, об'єднання підприємств, підприємства, установи, організації.

Метрологічна експертиза документації – аналіз і оцінка правильності прийнятих в документації технічних рішень щодо реалізації метрологічних норм і правил.

Державний метрологічний нагляд – діяльність спеціально уповноважених органів державної метрологічної служби з метою перевірки дотримання метрологічних норм і правил.

Повірка засобів вимірювальної техніки (засобів вимірювання) – повірка засобів вимірювальної техніки (засобів вимірювань) визначення похибок засобів вимірювальної техніки (засобів вимірювань) і встановлення їхньої придатності до застосування.

Первинна повірка вимірювальної техніки (засобів вимірювання) – повірка, що виконується вперше після виготовлення засобів вимірювальної техніки (засобів вимірювань) або після ремонту, а також при імпорті партіями.

Періодична повірка вимірювальної техніки (засобів вимірювання) – повірка, що виконується протягом експлуатації засобів вимірювальної техніки (засобів вимірювань) через встановлений проміжок часу (міжповірочний інтервал).

2 ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТИ

Для вимірювання лінійних розмірів (довжина, висота, внутрішній і зовнішній діаметри) застосовуються штангенциркулі (рис. 2.1).

На штанзі 1 інструмента нанесено міліметрову шкалу 2. Штанга є напрямною для переміщуваної по ній рамці 3, на якій закріплено розмічальні або вимірювальні ніжки 4. Розмічальну ніжку 4 обладнано наконечником з твердого сплаву. Рамка 3 має шкалу ноніуса 5, і для полегшення визначення необхідного розміру може бути забезпечена гвинтом мікрометричної подачі.

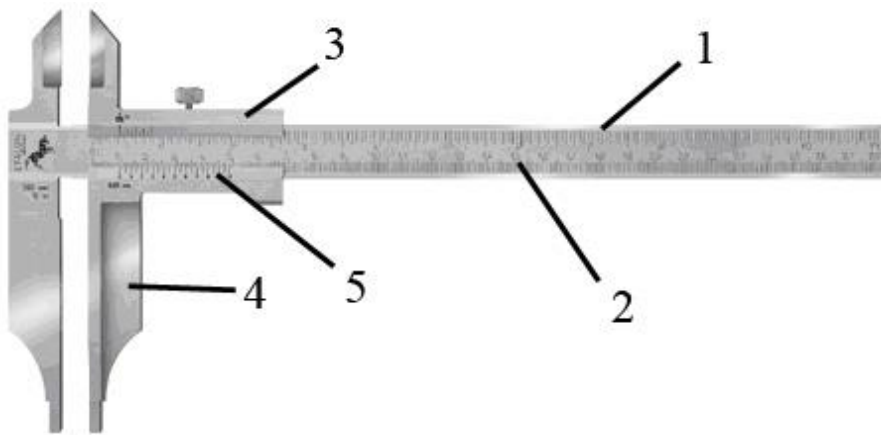


Рисунок 2.1 – Штангенциркуль:

1 – штанга; 2 – міліметрова шкала; 3 – переміщувана рамка; 4 – рухлива вимірювальна ніжка; 5 – шкала ноніуса

Штангенциркулі ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 виготовляються з нержавіючої або вуглецевої сталі з хромовим покриттям, зі значенням відліку за ноніусом 0,05 мм або 0,1 мм, 1 і 2 класів точності, з дюймовою чи метричною шкалами. Твердість вимірювальних поверхонь інструментальної і конструкційної сталі не менше ніж 51,5 HRC.



а



б

Рисунок 2.2 – Штангенрейсмус:

а – штангенрейсмус цифровий; б – штангенрейсмус зі шкалою ноніуса

Штангенрейсмус цифровий ШРЦ-200 /0-200/ (ц. п. 0,01) (рис. 2.2, а) призначений для вимірювання і розмічання розмірів.

Діапазон вимірювань, мм: 0–200.

Ціна поділки, мм: 0.01.

Габаритні розміри, мм: 290 × 120 × 590.

Штангенрейсмус ШР-250 /0-250/ (рис. 2.2, б) призначений для вимірювання і розмічання розмірів.

Діапазон вимірювань, мм: 0–250.

Ціна поділки, мм: 0.05.

Габаритні розміри, мм: 160 × 70 × 375.

Штангенциркулі для розмітки

Широка рухлива губка слугує опорною поверхнею для виконання розмітки, зворотне градуювання штанги – для вимірювання глибини циферблату штангенциркуля.

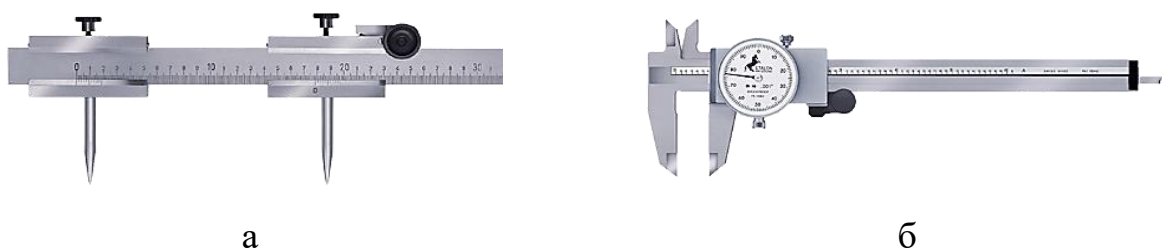


Рисунок 2.3 – Штангенциркуль для розмітки:

а – штангенциркуль для розмітки голчастий; б – штангенциркуль з круглою шкалою

Штангенциркуль ШЦК-125-0,1 з круглою шкалою (рис. 2.3, б).

Діапазон вимірювань, мм: 0–125.

Ціна поділки, мм: 0,1.

Електронний штангенциркуль



Рисунок 2.4 – Штангенциркулі з електронною шкалою:

а, б – моделі з радіусними поверхнями для вимірювання внутрішніх розмірів;
в – моделі з ножеподібними вимірювальними поверхнями для вимірювання внутрішніх і зовнішніх розмірів, радіусними поверхнями для вимірювання внутрішніх розмірів

Штангенциркулі за цим стандартом виготовляються з нержавіючої чи вуглецевої сталі з хромовим покриттям, зі значенням відліку за ноніусом 0,05 мм і 0,1 мм, 1 і 2 класів точності, з дюймовою і метричною шкалами. Твердість вимірювальних поверхонь конструкційної і інструментальної сталі не менш за 51,5 HRC.

Діапазон вимірювань, мм: 0–150.

Ціна поділки, мм: 0.01.



а



б

Рисунок 2.5 – Штангенциркулі для вимірювань

а – штангенциркуль типу ШЦІ; б – штангенциркуль типу ШЦІІІ.

Штангенциркуль ШЦІ-125-0,1 1 кл. (див. рис. 2.5, а)

Діапазон вимірювань, мм: 0–125.

Ціна поділки, мм: 0.1.

Клас точности: 1.

Штангенциркуль ШЦІІІ-1000-0,1 (див. рис. 2.5, б)

Діапазон вимірювань, мм: 500–1 000.

Ціна поділки, мм: 0.1.

Клас точности: 1.

Лабораторна робота № 2

Визначення відхилень циліндричних поверхонь

Мета роботи: набуття практичних навичок вимірювань штанген-інструментом і навичок вказівки умовних позначень допусків форми і розташування поверхонь у кресленнях.

1. Загальні вказівки щодо виконання роботи:

1.1. Робота виконується студентами самостійно під керівництвом викладачів.

1.2. Після завершення та оформлення роботи студент звітує викладачеві.

1.3. Інструменти та приладдя, необхідні для проведення роботи, студенти отримують у викладача і після закінчення роботи повертають їх.

2. Інструменти та приладдя для проведення роботи.

2.1. Деталь циліндричної форми (з явно вираженою бочкоподібністю або сідлоподібністю).

2.2. Штангенциркуль ДСТУ EN ISO 13385-1:2018.

3. Вимірювання цими інструментами здійснюється за абсолютними показниками контактним методом.

На рисунку 2.6 зображені основні типи штангенінструменту.

4. Визначення бочкоподібності і корсетності циліндричних поверхонь.

4.1. Бочкоподібність (рис. 2.6, а) – це відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому утворюються не прямолінійні і діаметри збільшуються від країв до середини перерізу.

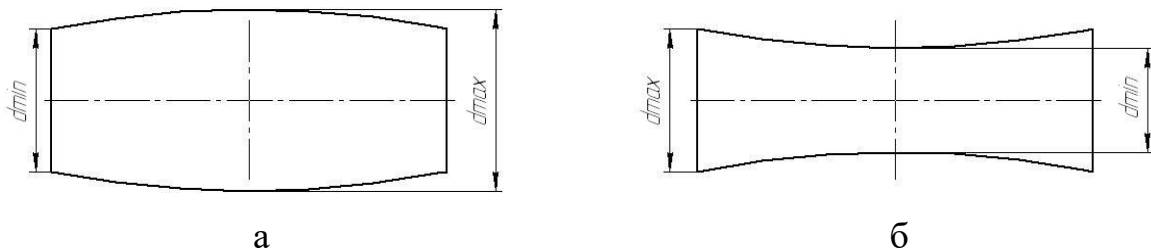


Рисунок 2.6 – Відхилення циліндричних поверхонь:

а – бочкоподібність; б – корсетність

4.2. Корсетність (рис. 2.6, б) – це відхилення профілю поздовжнього перерізу, при якому утворюються не прямолінійні і діаметри зменшуються від країв до середини перерізу.

5. Хід роботи.

5.1. Визначення бочкоподібності.

Штангенциркулем проводимо 5 вимірів в різних місцях кола більшого діаметра $d_{\max}$, дані заносимо в таблицю 2.1.

Аналогічні виміри проводимо на колі меншого діаметра, дані заносимо в таблицю 2.1.

Визначаємо середній фактичний розмір більшого і меншого діаметрів бочкоподібній деталі:

$$d_{\max}^{cp} = \frac{\sum d_{\max i}}{n}, \text{ мм} \qquad d_{\min}^{cp} = \frac{\sum d_{\min i}}{n}, \text{ мм}$$

Результат заносим у таблицю 2.1.

Визначаємо значення бочкоподібності: $\Delta_{\text{боч}} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для визначення бочкоподібності

Номер зміру	$d_{\max}$, мм	$d_{\max}^{cp}$, мм	$d_{\min}$, мм	$d_{\min}^{cp}$, мм	$\Delta_{\text{боч}}$, мм
1					
2					
3					
4					
5					

5.2. Визначення корсетності.

Штангенциркулем здійснюємо 5 вимірів у різних місцях кола більшого діаметра $d_{\max}$, дані заносимо в таблицю 2.2.

Аналогічні виміри проводимо на колі меншого діаметра, дані заносимо в таблицю 2.2.

Визначаємо корсетність деталі:

$$d_{\max}^{cp} = \frac{\sum d_{\max i}}{n}, \text{ мм} \qquad d_{\min}^{cp} = \frac{\sum d_{\min i}}{n}, \text{ мм}$$

Результат заносим в таблицю 2.2.

Визначаємо значення корсетності: $\Delta_{ce\partial} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для визначення корсетності

Номер зміру	$d_{\max}$, мм	$d_{\max}^{cp}$, мм	$d_{\min}$, мм	$d_{\min}^{cp}$, мм	$\Delta_{ce\partial}$, мм
1					
2					
3					
4					
5					

З ГЛИБИНОМІРИ

Призначений для вимірювання глибини пазів, отворів і висоти уступів.

Дозволяють вимірювати і кріпитися на будь-яких вузлах затискних пристосувань, пристроях для налаштування інструменту, верстатах і багато іншого. Гнучкий монтаж для використання в будь-якому положенні.

Глибиноміри поділяються на такі:

- глибиноміри з ноніусним відліком;
- електронні глибиноміри;
- глибиноміри зі шкальною індикацією (горизонтальною та вертикальною шкалою індикатора),
- з цифровою індикацією.

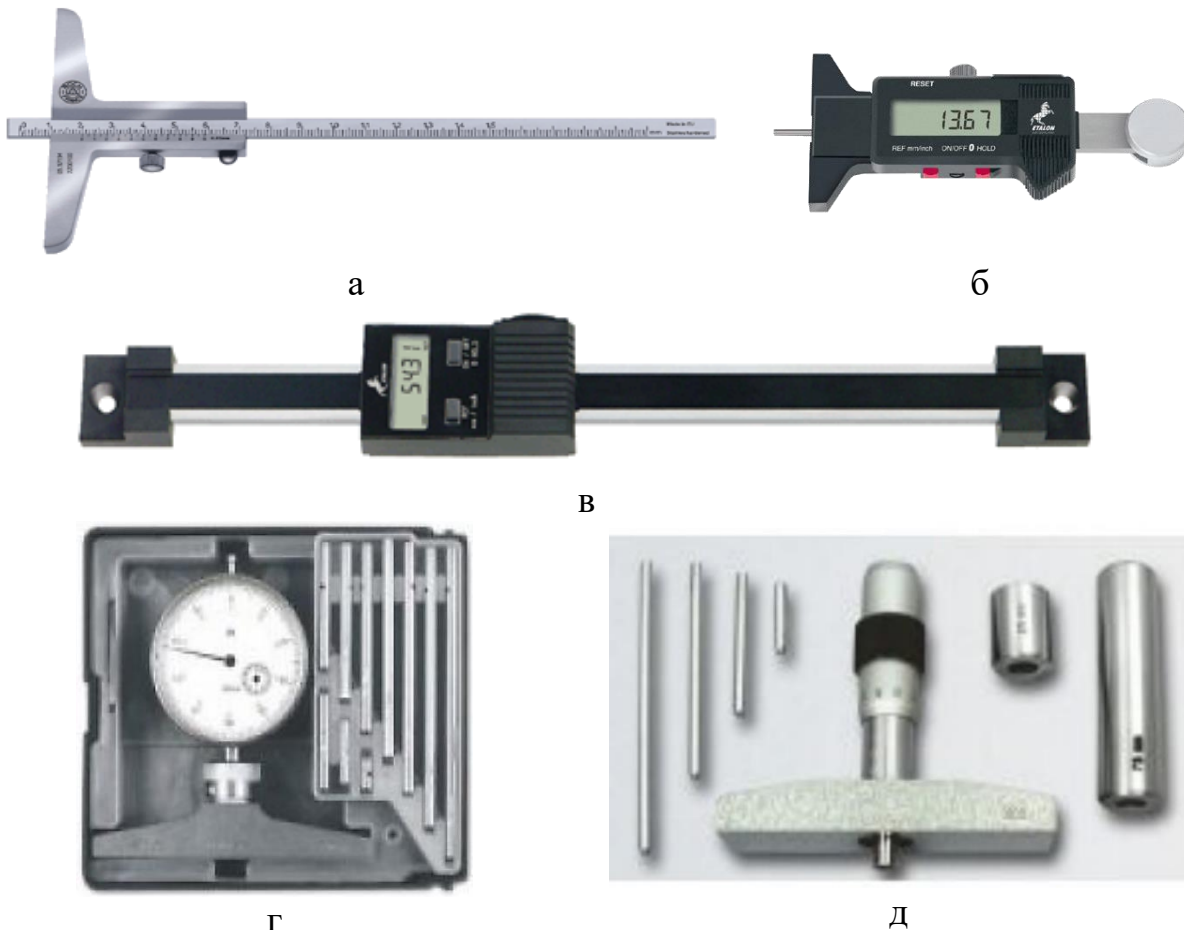


Рисунок 3.1 – Глибиноміри:

а – з ноніусним відліком; б – з електронною шкалою; в – з цифровою індикацією; г – глибиномір індикаторний; д – глибиномір мікрометричний

Глибиномір індикаторний ГІ-100

Обладнаний індикатором годинного типу. Діапазон вимірювання до 100 мм забезпечується набором вимірювальних стрижнів, що можна змінювати та які обдаднано твердим сплавом.

Діапазон вимірювань,

Ціна поділки, мм: 0.01.

Габаритні розміри, мм: 100 × 113 × 26.

Глибиномір мікрометричний ГМ-100

Діапазон вимірювань забезпечується набором змінних стрижнів, обладнаних твердим сплавом: ГМ100 (4 шт.) і ГМ150 (6 шт.).

Діапазон вимірювань, мм: 0–100.

Ціна поділки, мм: 0.01.

Габаритні розміри, мм: 100 × 103 × 34.

Глибиноміри з електронною індикацією розподіляються на моделі.



Рисунок 3.2 – Глибиноміри з електронною індикацією:

а – вимірювальна система, що має знімний вимірювальний місток;

б – модель з укороченими вимірювальними поверхнями або фіксованими вимірювальними губками; в – модель з укороченими вимірювальними поверхнями і знімним містком; г – моделі з поворотною упорною пластиною і знімним містком

Штангенглибиноміри

Призначені для вимірювання глибини пазів і висоти уступів. Інструмент складається з рухливої рамки і штанги з вимірювальною поверхнею. Рамка має гвинт для фіксації.



а



б

Рисунок 3.3 – Штангенглибиноміри:

а – штангенглибиномір зі шкалою ноніуса; б – штангенглибиномір з електронною шкалою

Штангенглибиномір ШГ-160 /0-160/

Призначені для вимірювання глибин. Інструмент складається з рухливої рамки із загартованою поверхнею для вимірювання і штанги з вимірювальною поверхнею, яку обладнано твердим сплавом. Рамку також обладнано шкалою ноніусом. Штанга виконана з заглибленою вимірювальною шкалою, завдяки чому виключається знос шкали при переміщенні штанги в рамці. На шкалу як штанги, так і ноніуса нанесено матове хромове покриття, що виключає блікування.

Діапазон вимірювань, мм: 0–160.

Ціна поділки, мм: 0.05.

Габаритні розміри, мм: 120 × 11 × 250.

Штангенглибиномір електронний ШГЦ-200 /0-200/ (ц. под. 0,01 мм)

Штангенглибиномір складається зі штанги, по якій переміщається рамка з електронним блоком, що має на лицьовій поверхні цифрове табло і кнопки управління. Штангенглибиномір виготовлено з нержавіючої сталі.

Штангенглибиномір виконує такі функції:

- видача цифрової інформації в прямому коді (з зазначенням знака і абсолютного значення);
- попередня установка нуля;
- можливість вимірювання величин, як в міліметрах, так і в дюймах;
- висновок результатів вимірювання на зовнішні пристрої (через цифровий інтерфейс RS-232);
- установка початку відліку в абсолютній системі координат.

Діапазон вимірювань, мм: 0–200.

Ціна поділки, мм: 0.01.

Габаритні розміри, мм: 120 × 12 × 250.

Лабораторна робота № 3

Визначення глибини пазів та отворів

Мета роботи: набуття практичних навичок виміру пазів та отворів (глухих) і навичок простановки умовних позначок розмірів у кресленнях.

1. Загальні вказівки щодо виконання роботи.

Робота виконується здобувачами самостійно під керівництвом викладачів.

Після завершення та оформлення роботи здобувач звітує викладачеві.

Інструменти й приналежності, необхідні для проведення роботи, здобувачі одержують у викладача і після закінчення роботи повертають їх.

2. Інструменти й приналежності для проведення роботи.

– деталь, що має отвір або паз;

– глибиномір.

3. Вимір цими інструментами здійснюється за абсолютними показниками контактним методом.

На рисунку 3.4 зображені основні типи глибиномірного інструменту.



а



б

Рисунок 3.4 – Основні типи глибиномірного інструменту:

а – глибиномір; б – штангенциркуль із глибиноміром «Колумбик»

4. Визначення глибини паза або отвору.

Паз / канавка (дивись деталь) – це вибірка в тілі деталі, яка може слугувати для установки шпонки, утвору шліцьового з'єднання тощо.

Отвір (глухий) (дивись деталь) – це вибірка в тілі деталі, яка може слугувати для утвору різьбового, штифтового з'єднання тощо.

5. Хід роботи.

Визначення розмірів паза

Глибиноміром робимо три виміри у різних місцях паза h , дані заносимо до таблиці 3.1.

Визначаємо середній фактичний розмір глибини паза деталі:

$$h_{cp} = \frac{\sum h}{n}, \text{ мм.}$$

Результат заносимо до таблиці 3.1.

Штангенциркулем робимо 3 виміри у різних місцях ширини пазу.

Визначаємо середній фактичний розмір ширини паза деталі:

Результат заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для визначення розміру паза

Номер виміру	h , мм	h_{cp} , мм	t , мм	t_{cp} , мм
1				
2				
3				

Визначення розмірів отвору

Глибиноміром робимо до 5 вимірів у різних місцях отвору (глухого) h , дані заносимо до таблиці 3.2.

Визначаємо середній фактичний розмір глибини отвору (глухого) деталі:

$$h_{cp} = \frac{\sum h}{n}, \text{ мм.}$$

Результат заносимо до таблиці 3.2.

Штангенциркулем робимо до 5 вимірів у різних місцях кола діаметра d , дані заносимо до таблиці 3.2.

$$d^{cp} = \frac{\sum d}{n}, \text{ мм.}$$

Результат заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для визначення розміру отвору

Номер виміру	h, мм	h _{ср} , мм	d, мм	d _{ср} , мм
1				
2				
3				

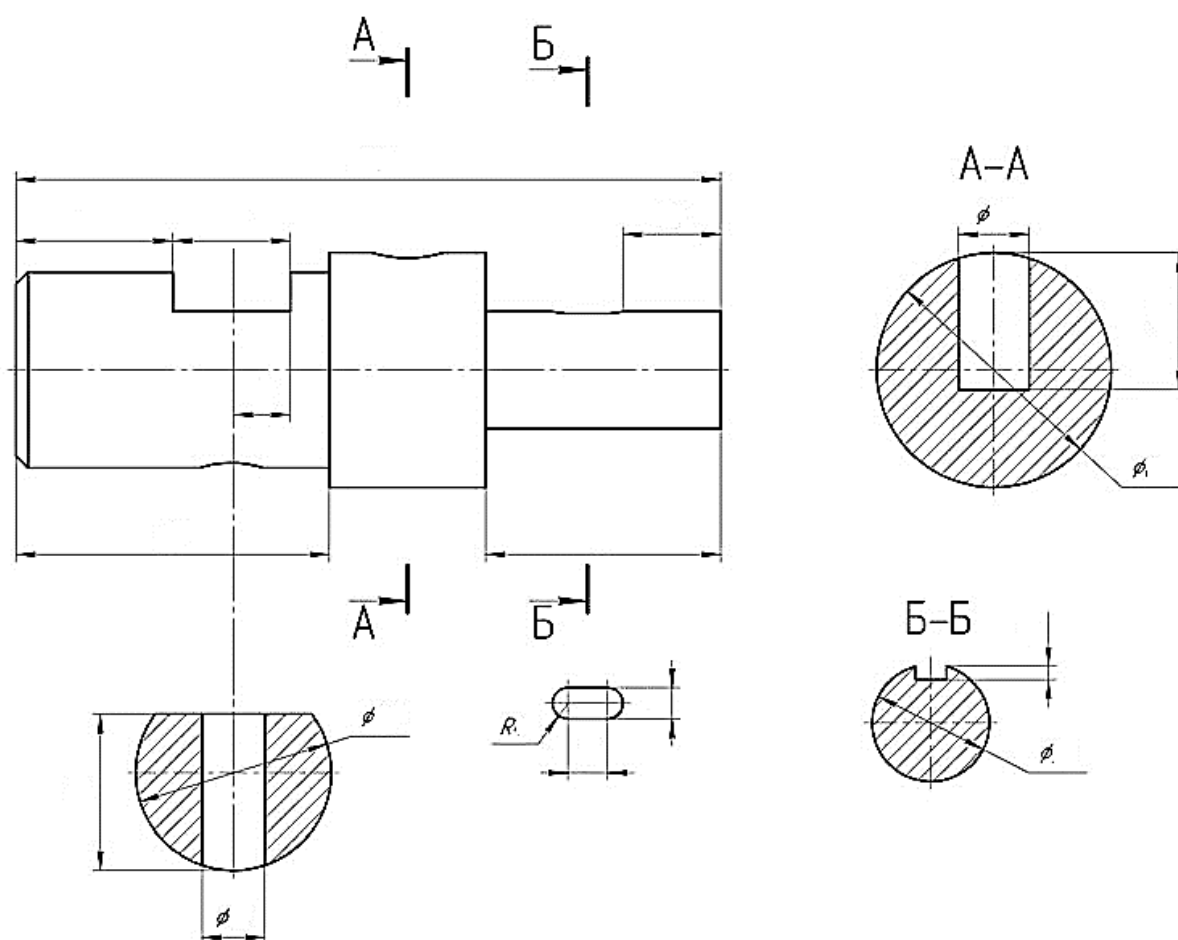


Рисунок 3.5 – Креслення деталі для вимірів

4 МІКРОМЕТРИ, МІКРОМЕТРИЧНІ ГОЛОВКИ І НУТРОМІРИ

Призначені як для відносних і абсолютних вимірів лінійних розмірів, так і для контролю відхилень від заданої геометричної форми, а також для контролю взаємного розташування поверхонь, для виміру довжини загальної нормалі зубчастих коліс, що мають модуль від 1 мм, для виміру товщини аркушів і стрічок, для виміру середнього діаметра метричних, дюймових і трубних різьблень, для виміру зовнішнього діаметра багатолезового інструмента: МТІ – для трилезового інструменту, МПІ – для п'ятилезового інструменту, МСІ – для семилезового інструменту. У комплект мікрометра входить установна міра.

Мікрометри важільні із ціною розподілу 0,001 і 0,002 мм призначені для виміру лінійних зовнішніх розмірів прецизійних деталей методом як безпосередньої оцінки, так і порівняння із мірою в умовах масового виробництва точного машинобудування й приладобудування. У конструкції використані уніфіковані важільно-зубчасті відлікові пристрої із ціною розподілу 0,001 мм для приладів з діапазоном вимірів до 50 мм і ціною розподілу 0,002 мм для приладів з діапазоном виміру понад 50 мм. Мікрометри важільні мають мікрогвинт із кроком 0,5 мм. Вимірювальні поверхні оснащені твердим сплавом.

Вимірювальні поверхні всіх мікрометрів оснащені твердим сплавом.

Індикатор ІРБ

Шкала індикатору типу ІРБ розміщена паралельно осі вимірювального важеля в середньому положенні та перпендикулярно до площини його повороту. Наявність поворотного вимірювального важеля, малі габарити й незначне вимірювальне зусилля дозволяють використовувати прилад у важкодоступних місцях, а також у тих випадках, коли потрібно мале вимірювальне зусилля. Для зручності виміру у важкодоступних місцях індикатор укомплектовано державкою та перехідною втулкою для кріплення в стійках або штативах.

Діапазон вимірів, мм: 0,8.

Ціна поділу, мм: 0,01.



а



б



в

Рисунок 4.1 – Індикатори важільні

а – індикатор типу ІРБ, з паралельним розміщенням вимірювальної шкали;

б – індикатор типу ІРТ, з паралельним розміщенням вимірювальної шкали;

в – індикатор типу ІЧ, годинникового типу.

Індикатор ІРТ

На відміну від індикатора ІРБ, тут шкалу розміщено перпендикулярно осі вимірювального важеля в середньому положенні.

Діапазон вимірів, мм: 0,8.

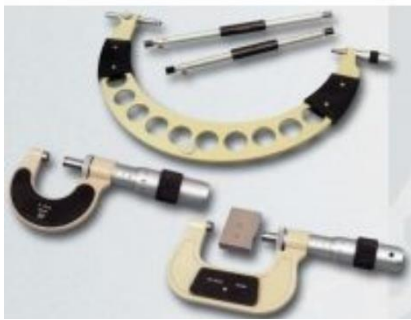
Ціна поділу, мм: 0,01.

Індикатор ІЧ 0–2 мм 0 кл.

Як самостійні вимірювальні пристрої, індикатори годинникового типу не застосовуються. Їх монтують на штативах, стійках або інтегрують у контрольно-вимірювальну апаратуру та прилади для проведення вимірювань.

Діапазон вимірів, мм: 0–2.

Ціна поділу, мм: 0.01.



а



б



в



г



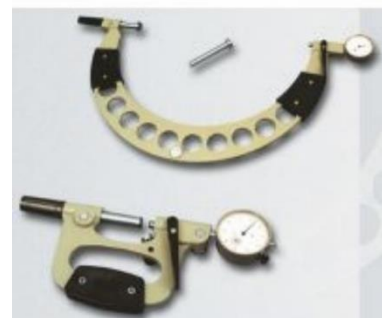
д



е



ж



и

Рисунок 4.2 – Мікрометри:

а – гладкий; б – гладкий цифровий; в – призматичний; г – листовий;
д, е – важільний; ж – трубний; и – скоба індикаторна

Мікрометр гладкий МК 0–25 (рис. 4.2, а)

Прилад укомплектовано установною мірою для проведення вимірів до 300 мм і двома установними мірами вимірів понад 300 мм.

Діапазон вимірів, мм: 0–25.

Ціна поділу, мм: 0,01.

Мікрометр гладкий цифровий МКЦ 0–25 (рис. 4.2, б)

Діапазон вимірів, мм: 0–25.

Ціна поділу, мм: 0,001.

Мікрометр призматичний МТИ-35/20-35/ трилезовий інструмент(рис. 4.2, в)

Діапазон вимірів, мм: 20–35.

Ціна поділу, мм: 0,01.

Мікрометр листовий МЛ-10/0-10/ (рис. 4.2, г)

Діапазон вимірів, мм: 0–10.

Ціна поділу, мм: 0,01.

Мікрометр важільний МР 0–25 (рис. 4.2, д, е)

Діапазон вимірів, мм: 0–25.

Ціна поділу, мм: 0,001.

Мікрометр важільний МРІ 125 /100-125/ (рис. 4.2, д, е)

У комплект мікрометра входять установні міри до мікрометрів з верхньою межею виміру до 300 мм, від 300 мм до 1 000 мм, понад 1 000 мм.

Діапазон вимірів, мм: 100–125.

Ціна поділу, мм: 0,002.

Мікрометр трубний МТ-25 кл.1 /0-25/(рис. 4.2, ж)

Діапазон вимірів, мм: 0–25.

Ціна поділу, мм: 0,01.

Скоба індикаторна СІ 50/0-50/(рис. 4.2, и)

Діапазон вимірів, мм: 0–50.

Ціна розподілу, мм: 0,01.

Скоби індикаторні призначені для лінійних вимірів. Вимірювальні поверхні оснащені твердим сплавом.

Стінкомір 3-2 /0-2/ (рис. 4.3, а)

Призначені для виміру товщини стінок труб і інших аналогічних виробів.

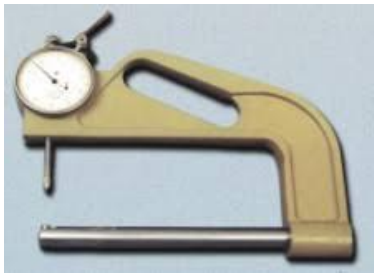
Діапазон вимірів, мм: 0–2.

Ціна розподілу, мм: 0.01.

Глибина виміру, мм: 25.

Найменший діаметр отвору, мм: 3.

Товщиномір індикаторний ТР 10-60 /0-10/ (рис. 4.3, б)



а



б



в

Рисунок 4.3 – Стінкоміри та товщиноміри:

а – стінкомір; б – товщиномір індикаторний; в – товщиномір настільний

Призначений для виміру товщини листових матеріалів. Типи товщиномірів:

- ТР-10, ТР-25 – з нормованим вимірювальним зусиллям;
- ТР-25Б, ТР-50Б – без нормованого вимірювального зусилля.

У верхній частині скоби вмонтовано відліковий пристрій, а в нижній частині запресована п'ята. Для установки вимірювального стрижня відлікового пристрою в робоче положення в товщиномірі з нормованим вимірювальним зусиллям є аретир. У товщиномірі без нормованого вимірювального зусилля вимірювальний стрижень вертається у вихідне положення зворотною пружиною. Діаметр вимірювальних поверхонь п'яти й наконечника 10 мм.

Ціна розподілу, мм: 0,01.

Діапазон вимірів, мм: 0–10.

Виліт корпусу, мм: 60.

Товщиномір настільний ТН 10-60 /0-10/ (рис. 4.3, в)

Призначений для виміру товщини листових матеріалів.

Типи товщиномірів: ТН-10, ТН-25 – настільні з нормованим вимірювальним зусиллям.

У верхню частину інструмента вмонтований відліковий пристрій, а в нижню запресована п'ята. Для установки вимірювального стрижня відлікового пристрою в робоче положення в товщиномірі з нормованим вимірювальним зусиллям є аретир. У товщиномірі без нормованого вимірювального зусилля

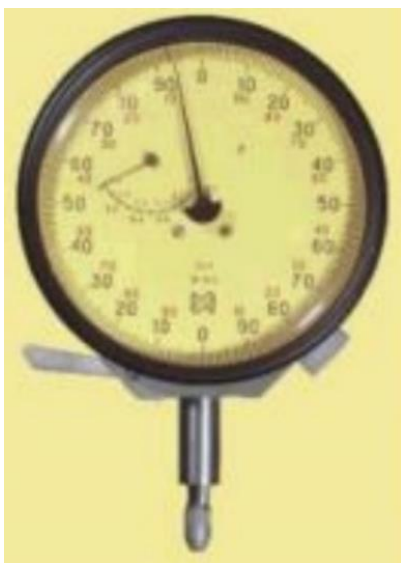
вимірювальний стрижень вертається у вихідне положення зворотною пружиною. Діаметр вимірювальних поверхонь п'яти й наконечника 10 мм.

Ціна розподілу, мм: 0,01.

Діапазон вимірів, мм: 0–10.

Виліт корпусу, мм: 60.

Головки призначені для лінійних вимірів методом безпосередньої оцінки або методом порівняння із мірою. Застосовуються як у вимірювальній стійці, так і в різних контрольних і вимірювальних приладах і пристосуваннях із приєднувальним діаметром 8 мм. Осі механізму встановлені в корундових підшипниках. Кінематичне замикання механізму забезпечується моментною пружиною-волоском. Вимірювальний стрижень виконаний з нержавіючої сталі, має глибоке аретирування – його переміщення на 1,5 мм перевищує межі виміру по шкалі.



а



б



в

Рисунок 4.4 – Індикатори і мікрометричні головки, що вимірюють зі стійки:

а – індикатор годинникового типу; б – мікрометрична головка зі шкалою ноніуса; в – мікрометрична головка з цифровим вимірюванням

Індикатор МІГ 0–2 мм (ц. под. 0,002 мм) (рис. 4.4, а)

Діапазон вимірів, мм: 0–2.

Ціна розподілу, мм: 0.002.

Мікрометрична головка МГ25-1(рис. 4.4, б)

Мікрометрична головка типу МГ (з відліком по шкалах стебла й барабана) випускається за ДСТ 6507, призначена для виміру переміщення. Вимірювальна поверхня оснащена твердим сплавом.

Таблиця 4.1 – Технічна характеристика мікрометричної головки

Переміщення мікрогвинта, мм	Ціна поділки, мм	Межа похибки, що допускається, мкм:		Вимірювальне зусилля, мН	Габарит, мм	Маса, кг
		1-й клас точності	2-й клас точності			
0–25	0,01	±1,5	±3,0	500–900	Ø 21×114	0,175

Нутроміри призначені для виміру внутрішніх розмірів. У нутромірах моделей НІ 10 і НІ 18 величина переміщення рухливого вимірювального стрижня передається на відліковий пристрій клинковою передачею, а в нутромірах НІ 50 - НІ 450 – важільною передачею. У моделях НІ 700 і НІ 1000 рухливий вимірювальний стрижень входить у контакт безпосередньо з відліковим пристроєм. Для сполучення лінії виміру з осью площину вимірюваного отвору нутроміри оснащені центрувальним містком (нутромір НІ 10 може не мати центрувального містка). На потрібний розмір інструмент встановлюють за допомогою змінних вимірювальних стрижнів (шайби, подовжувачі) на атестованих кільцях або на блоці кінцевих мір довжини з боковинами.

Нутроміри мікрометричні призначені для виміру внутрішніх розмірів деталей. Нутроміри мають вимірювальний наконечник. Вимірювальні поверхні наконечника оснащені твердим сплавом. Конструкція нутромірів має гарну твердість при мінімальній вазі. Нутроміри мають установну міру, яка дозволяє робити безпосередньо на робочому місці періодичну повірку й установку на нуль мікрометричної головки з вимірювальним наконечником.

Нутромір індикаторний НІ 6-10 (рис. 4.5)

Діапазон вимірів, мм: 6–10.

Ціна поділу, мм: 0,01.



Рисунок 4.5 – Нутромір індикаторний

Лабораторна робота № 4

Визначення конусоподібності циліндричних поверхонь

Мета роботи: набуття практичних навичок вимірів мікрометричним інструментом і навичок вказання умовних позначок допусків форми й розташування поверхонь на кресленнях.

1. Загальні вказівки щодо виконання роботи.

Робота виконується студентами самостійно під керівництвом викладачів.

Після завершення та оформлення роботи студент звітує викладачеві.

Інструменти й приналежності, необхідні для проведення роботи, студенти одержують у викладача й після закінчення роботи повертають їх.

2. Інструменти й приналежності для проведення роботи:

- деталь циліндричної форми (з явно вираженим конусом);
- мікрометр;
- штангенциркуль.

3. Опис конструкції мікрометричних інструментів.

Мікрометричні інструменти призначені для абсолютних або відносних вимірів геометричних параметрів виробів. Принциповою основою мікрометричного інструмента є виготовлена з великою точністю гвинтова мікрометрична пара з певною величиною кроку (зазвичай 0,5 мм). Гвинтова пара використовується як збільшувальний пристрій, тому що перетворює невеликі поздовжні переміщення гвинта в колові переміщення шкали барабана.

До мікрометричного інструменту відносять різні типи мікрометрів. На рисунку 4.6 зображено один з основних типів мікрометрів. Він складається з таких частин (рис. 4.6):



Рисунок 4.6 – Мікрометр гладкий:

1 – скоба; 2 – п'ята; 3 – мікрометричний гвинт; 4 – стебло; 5 – барабан;
6 – аретир

4. Визначення конусоподібності деталі.

Конусоподібність – це відхилення профілю по поздовжньому перетину, за якого утворюються прямолінійні, але не паралельні до поверхні тіла обертання.

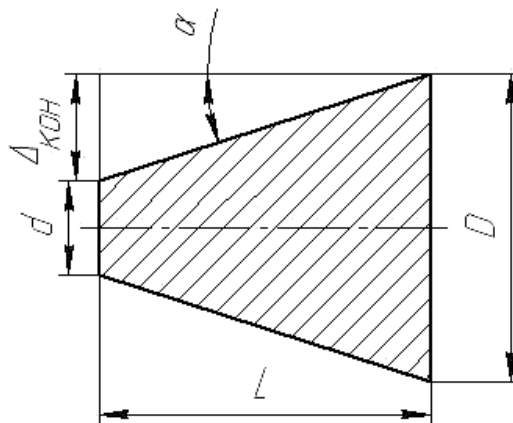


Рисунок 4.7 – Креслення конусності деталі

$$\Delta_{\text{кон}} = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2}$$

5. Хід роботи.

Мікрометром робимо в різних місцях по колу $n = 5$ разів, проводимо замір більшого діаметра конічної деталі й дані вимірів вносимо в таблицю 4.2.

Аналогічно робимо $n = 5$ разів у різних місцях заміри по колу меншого діаметра конічної деталі й дані вимірів вносимо в таблицю 4.2.

Визначаємо середній фактичний розмір більшого й меншого діаметрів конічної деталі за формулами:

$$d_{\max.ср\grave{e}д} = \frac{\sum d_{\max.i}}{n}, \text{ мм}$$

$$d_{\min.ср\grave{e}д} = \frac{\sum d_{\min.i}}{n}, \text{ мм.}$$

Результат підрахунку вносимо в таблицю 4.2.

За наведеною вище формулою визначаємо значення конусоподібності деталі й результат підрахунку вносимо в таблицю 4.2.

Штангенциркулем робимо замір $n = 5$ разів у різних місцях по колу довжини деталі й дані вимірів вносимо в таблицю 4.2.

Визначаємо середню фактичну довжину деталі за формулою:

$$L_{ср} = \frac{\sum L_i}{n}, \text{ мм}$$

і результат підрахунку затыгаємо в таблицю 4.2.

Визначаємо кут ухилу деталі за формулою

$$tg \frac{\alpha}{2} = \frac{\Delta_{кон}}{L}, \text{ град.}$$

Визначаємо кут конусності деталі

$$tg \alpha = 2tg \frac{\alpha}{2}, \text{ град.}$$

Приводимо умовну позначку відхилення від циліндричності деталі.

Наприклад:

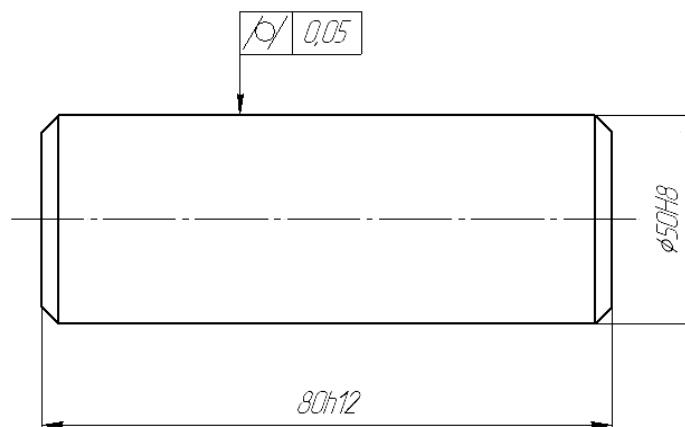


Рисунок 4.8 – Приклад позначення відхилення від проектованої форми

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для розрахунку конусності

Номер виміру	$d_{\max.i}$	$d_{\max.сред}$	$d_{\min.i}$	$d_{\min.сред}$	$\Delta_{кон} = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$	L_i	L_{cp}
1							
2							
3							
4							
5							

5 КУТОМІРИ

Призначені для виміру переднього й заднього кутів багатолезового інструмента із прямолінійними й спіральними зубами, з рівномірним кроком від 5 мм до 75 мм і із прямолінійною ділянкою по передній і задній гранях не менш ніж 1 мм.

Прилад складається із сектора 1 зі шкалою 2 переднього 3 і заднього 4 кутів і рухомої дуги 5 зі шкалою Ноніуса 6. До правого торця дуги прикріплена змінна лінійка 7: з вузькою вимірювальною поверхнею – для виміру фрез і плоских протягань; із широкою вимірювальною поверхнею – для виміру круглих протяжок.

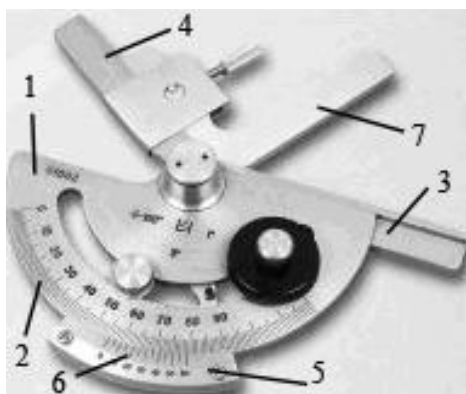


Рисунок 5.1 – Кутомір універсальний:

1 – основний сектор; 2 – шкала виміру кутів; 3 – нерухома лінійка; 4 – рухома лінійка; 5 – рухомий сектор; 6 – шкала ноніуса; 7 – додаткова лінійка для виміру гострих кутів



а



б



в

Рисунок 5.2 – Кутоміри:

а, б – універсальний; в – маятниковий

Кутомір 2УМ

Кутомір 2УМ призначений для виміру зовнішніх кутів виробів. Конструкція універсальних кутомірів дозволяє проводити розмічальні роботи на площині.

Прилад вимірювальний для кутів багатолезового різального інструменту
2УРІ /0-25/

Діапазон вимірів, град: 0-25/0–35.

Ціна розподілу, град: 1.

Кутомір моделі 127

Кутомір застосовується для виміру зовнішніх і внутрішніх кутів різних деталей.

Діапазон вимірів, град: 0-360/40–180.

Ціна розподілу, хв: 2.

Модель 1005 (127) призначена для виміру зовнішніх і внутрішніх кутів.

Модель УМ4 і УМ5

Межі виміру, град: 0–180.

Похибка виміру: 4' і 5'.

Модель 1005 (127)

Межі виміру кутів:

– зовнішніх 0–360.

– внутрішніх 40–180.

Значення відліку по ноніусу 2'.

Основна похибка 2'.

Кутомір маятниковий 3 УРІ-М

Призначений для вимірів кутів різальних інструментів різних видів. Робота кутоміра заснована на принципі дії маси маятника, жорстко з'єднаного зі показувальною стрілкою, що має загальну з нею вісь повороту. Кути повороту маятника відлічуються за допомогою стрілки по круговій шкалі. У процесі виміру контрольна лінійка кутоміра стикається з відповідною

поверхнею різального інструменту. Кутомір має пристрій для фіксації положення стрілки.

Діапазон вимірів, град: 0–360.

Ціна поділу, град: 1.

Лабораторна робота № 5

Визначення кута між поверхнями деталі за допомогою кутоміра

Мета роботи: вивчити конструкцію універсального кутоміра й набути навичок його використання при вимірах.

1. Порядок виконання роботи.

Робота виконується студентами відповідно до інструкції самостійно під керівництвом викладачів.

Після завершення роботи студент захищає роботу викладачеві.

До початку виконання роботи студент отримує вимірювальний інструмент у викладача й повертає його викладачеві після захисту роботи.

2. Вивчення конструкції кутоміра.

Кутоміри з Ноніусом застосовуються для виміру кутів від 0 до 360 градусів і розділяються на кутоміри транспортні й універсальні.

На рисунку 5.1 наведена схема кутоміра.

Кутомір складається з основи 1 зі шкалою 2 з дугою 120°, нерухомої лінійки 3, закріпленої на основі 1, рухомої лінійки 5 зі шкалою Ноніуса 6. За допомогою стопорного пристрою положення рухомої лінійки 5 фіксується. До того ж додаткова знімна лінійка 7, дозволяє вимірювати гострі кути.

Під час захисту практичної роботи викладачеві студентів необхідно:

- накреслити схему кутоміра транспортного з відповідними позначеннями;
- знати сферу застосування кутомірів;
- вміти користуватися кутоміром.

3. Вимір кутів між площинами деталі.

Вимір кутів проводиться для трьох кутів вимірюваної деталі в послідовності зростання кутів. При цьому проводиться п'ятикратний вимір кожного кута й дані вимірів заносяться в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати вимірювань кутів

Кут	α°_x	$\alpha_{\text{серед}}$
А	1	
	2	
	3	
Б	1	
	2	
	3	
В	1	
	2	
	3	



Рисунок 5.3 – Вимірювання кутоміром

6 РІЗЬБОВІ КАЛІБРИ, ЗУБОМІРИ, РІЗЬБОВІ ШАБЛони І КАЛІБРИ ДЛЯ ВАЛІВ ТА ОТВОРІВ

Види калібрів:

- різьбові калібри-пробки – «ПР», «НЕ»;
- різьбові калібри-кільця – «ПР», «НЕ»;
- контрольні калібри-пробки для різьбових кілець – «КПР-ПР», «КПР-НЕ», «КНЕ-ПР», «КНЕ-НЕ».

Контрольні калібри-пробки для контролю зношування різьбових кілець – «К-І», «КІ-НЕ».



Рисунок 6.1 – Калібри для отворів

Калібри гладкі для отворів

Калібри-пробки гладкі для контролю отворів, виконані за:

- ГОСТ 14807-69 – 14816-69;
- ГОСТ 17738-72 – 17740-72.

Допуски за ГОСТ 24853-8.

Технічні вимоги за ГОСТ 2015-84.



а



б

Рисунок 6.2 – Калибры для різьблення:

а – калибр-пробка; б – калибр-кольце

Калибры для контролю різьблення UNC; UNF; UNEF; UN.

Стандарт ANSI B 1.1 – 1982.

Клас точності різьблення:

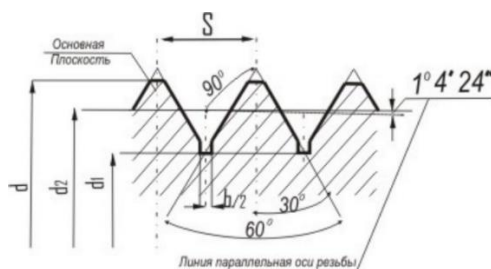
- 2A, 3A – кільця, контрольні калибри;
- 2B, 3B – пробки.

Прикмети позначення:

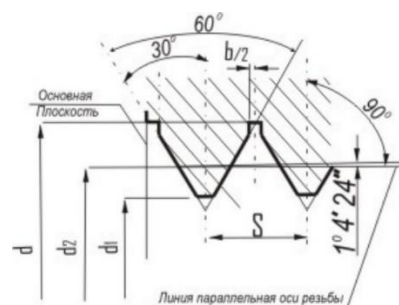
- калибр-пробка UNC 1-8 2B;
- калибр-кольце UNF 1-12 3A;
- калибр-пробка UNEF 1-20 2B;
- калибр-пробка UN 1-16 2B.



а



б



в

Рисунок 6.3 – Калибры для конічного дюймового різьблення:

а – калибры; б – профіль різьблення калибру-пробки; в – профіль різьблення калибру-кільця

Калібри для контролю кінчного дюймового різьблення з кутом профілю 60°:

d – номінальний зовнішній діаметр різьблення в основній площині, мм;

d_1 – номінальний внутрішній діаметр різьблення в основній площині, мм;

d_2 – номінальний середній діаметр різьблення в основній площині, мм;

S – крок різьблення, мм;

b – ширина канавки різьбового калібру-кільця й калібру-пробки, мм.

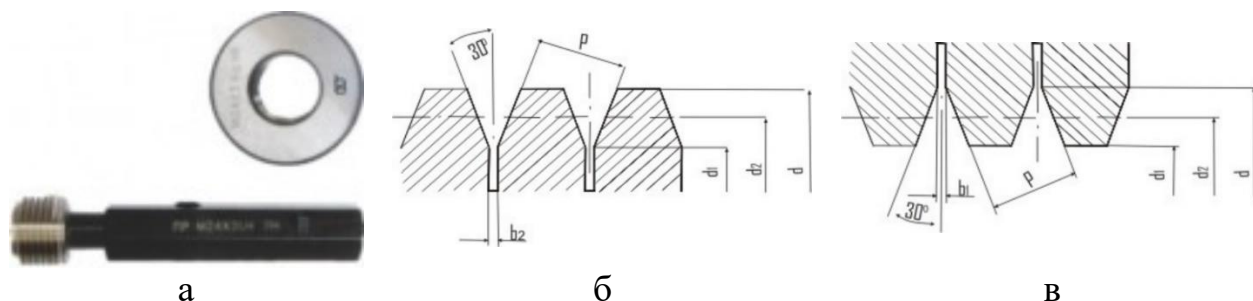


Рисунок 6.4 – Калібри для метричного різьблення:

а – калібри; б – профіль різьблення калібру-пробки; в – профіль різьблення калібру-кільця

Калібри для контролю метричної (правої, лівої) різьблення, виконані за ГОСТ 18465-73, ГОСТ 18466-73.

Конструкція й основні розміри за ДСТ 17756-72 – ГОСТ 17767-72.

Допуски за ГОСТ 24997-81:

d – номінальний зовнішній діаметр різьблення, мм;

d_1 – номінальний внутрішній діаметр різьблення, мм;

d_2 – номінальний середній діаметр різьблення, мм;

b_1, b_2 – ширина канавки різьбового калібру-кільця й калібру-пробки, мм;

P – крок різьблення, мм.

Відповідно до ДСТ 18465-73, 18466-73 калібри для контролю метричного різьблення виготовляються з такими полями допусків:

Калібру-пробки ПР, НЕ:

Розміри	Розміри
Від 1 мм до 2,5 мм	Від 3 мм до 200 мм
4Н 5Н; 5Н	4Н 5Н; 5Н
6Н	6Н; 7Н
6G	6G; 7G

Калібру-кільця ПР, НЕ; контрольні пробки:

Розміри	Розміри	Розміри
Від 1 мм до 2,5 мм	Від 3 мм до 7 мм	Від 8 мм до 200 мм
4h; 6h; 8h6h	4h; 6h; 8h6h	4h; 6h; 8h; 6g; 8g
6g	6g	6e
	6e	6d

Контрольні калібри-пробки для контролю зношування різьбових кілець – «К-І», «КІ-НЕ».

Діапазон пропонованих розмірів:

- калібри-пробки від 1,4 мм до 300 мм;
- калібри-кільця від 1,4 мм до 300 мм.

Приклади позначення:

- калібр-пробка М 10 × 1,0 6 Н ПР;
- калібр-пробка двостороння М 10 × 1,0 6G ПР,НЕ.

Калібр-кільце М 10 × 1 6 g ПР.

Калібри для контролю однозахідного трапецеїдального (правої, лівої) різьблення, виконані за ДСТ 24737-81, ГОСТ 24738-81.

Допуски калібрів за ДСТ 10071-89.

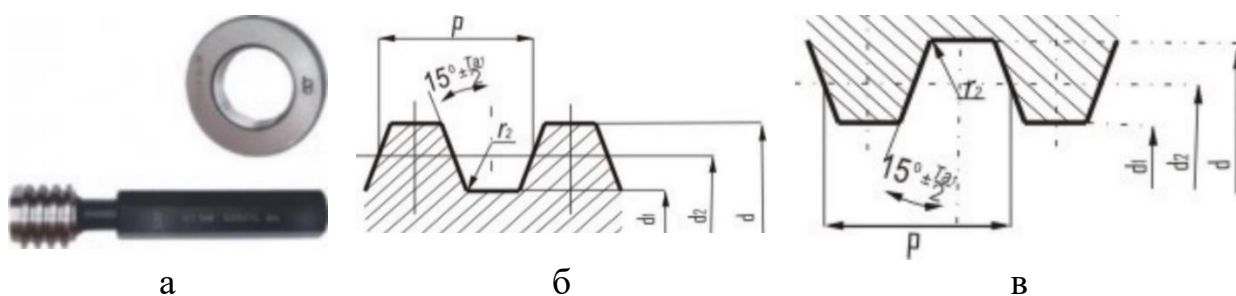


Рисунок 6.5 – Калібри для однозахідного трапецеїдального різьблення:
а – калібри; б – профіль різьблення калібру-пробки; в – профіль різьблення калібру-кільця

d – номінальний зовнішній діаметр різьблення, мм.

d_1 – номінальний внутрішній діаметр різьблення, мм.

d_2 – номінальний середній діаметр різьблення, мм.

Ta_1 – допуск кута нахилу бічної сторони різьблення калібру з повним профілем.

r_2 – радіус закруглення западини повного профілю різьблення калібру, мм.

Відповідно до ГОСТ 24737-81 калібри для контролю трапецеїдального різьблення виготовляються з такими полями допусків:

Калібри-пробки: ПР, НЕ

Калібри-кільця ПР, НЕ;
контрольні пробки

Від 10 мм до 300 мм	Від 10 мм до 300 мм
6Н	6е
7Н	7е
8Н	8е
9Н	6g, 7g, 8с, 9с

Діапазон пропонованих розмірів:

– пробки, кільця від Tr 10 до Tr 300 мм.

Приклади позначення:

– калібр-кільце Tr 20 × 4 6g ПР;

– калібр-пробка Tr 20 × 4 6Н НЕ.

Калібри для контролю трубного конічного різьблення, виконані за ДСТ 7157-79.

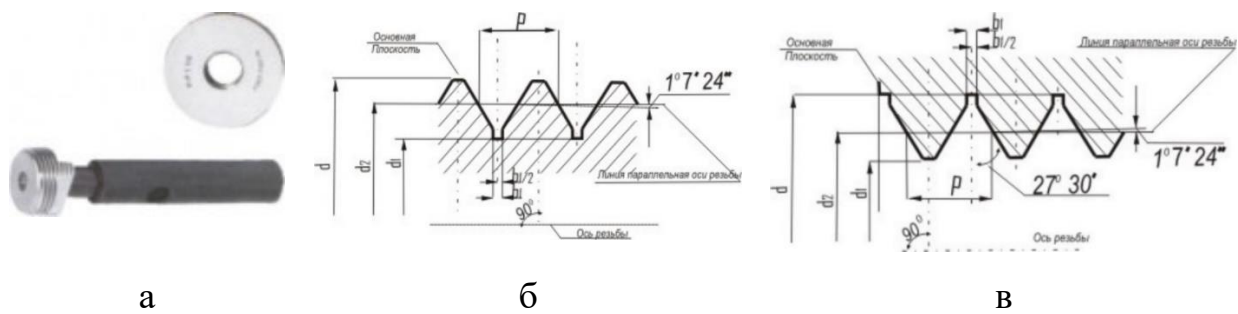


Рисунок 6.6 – Калібри для трубного конічного різьблення:
а – калібри; б – профіль різьблення калібру-пробки; в – профіль різьблення калібру-кільця

d – номінальний зовнішній діаметр різьблення в основній площині, мм.

d_1 – номінальний внутрішній діаметр різьблення в основній площині, мм.

d_2 – номінальний середній діаметр різьблення в основній площині, мм.

P – крок різьблення, мм.

b – ширина канавки різьбового калібру-кільця й калібру-пробки, мм.

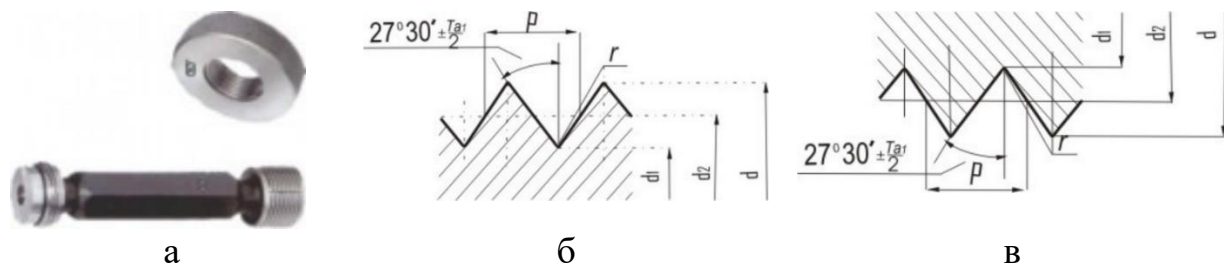


Рисунок 6.7 – Калібри для трубного циліндричного різьблення:
а – калібри; б – профіль різьблення калібру-пробки; в – профіль різьблення калібру-кільця

Калібри для контролю трубного циліндричного різьблення, виконані за ДСТ 18922-73 – ГОСТ 18932-73.

Допуски за ДСТ 2533-88:

d – номінальний зовнішній діаметр різьблення, мм;

d_1 – номінальний внутрішній діаметр різьблення, мм;

d_2 – номінальний середній діаметр різьблення, мм;

P – крок різьблення, мм;

r – радіус закруглення вершини й западини профілю різьбових прохідних калібрів-пробок, калібрів-кілець;

Ta_1 – допуск кута нахилу бічної сторони профілю різьблення калібру з повним профілем.

Розмір різьблення: 1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 5/8", 3/4", 7/8", 1", 1 1/8", 1 1/4", 1 3/8", 1 1/2", 1 3/4", 2", 2 1/4", 2 1/2", 2 3/4", 3", 3 1/4", 3 1/2", 3 3/4", 4", 4 1/2", 5", 5 1/2", 6"

Крок різьблення: 0,907; 1,337; 1,814; 2,309.

Кут профілю: 55°.

Клас точності різьблення: А, В.

Приклади позначення:

Пробка різьбова G 1/4" ПР кл. «В».

Кільце різьбове G 1/4" НЕ кл. «А».

Набори різьбових шаблонів

Шаблони призначені для визначення номінального розміру кроку метричного різьблення (набір М60°) і числа ниток на 1" (набір Д55°).

Конструкція обойми набору забезпечує можливість вільної заміни шаблонів, а також регулювання плавності обертання їх на осі. Обойма має нікелеве антикорозійне покриття.

Приклад позначення:

Набір різьбових шаблонів М60°.

Набір різьбових шаблонів Д55°.

Таблиця 6.1 – Основні характеристики:

Умовне позначення набору	M60°	Д 55°
Число шаблонів у наборі	20	17
Крок, мм	0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5.	
Число ниток на 1"	—	28; 24; 20; 19; 18; 16; 14; 12; 11; 10; 9; 8; 7; 6; 5; 4 ½; 4.
Габарит, мм	12 × 13 × 72	12 × 13 × 72
Маса, кг	0,022	0,018



Рисунок 6.8 – Набір шаблонів різьблення:

а – дюймових (трубних); б – метричних

Набір шаблонів дюймових Д55

Кількість шаблонів: 17.

Крок у мм/число ниток на дюйм:

28; 24; 20; 19; 18; 16; 14; 12; 11; 10; 9; 8; 7; 6; 5; 4,5; 4.

Набір шаблонів метричних М60

Кількість шаблонів: 20.

Крок у мм/число ниток на дюйм:

0,4; 0,45; 0,5; 0,6; 0,7; 0,75; 0,8; 1; 1,25; 1,5; 1,75; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5;
5,5; 6.

Лабораторна робота № 6

Визначення допуску розміру циліндричних отворів

Мета роботи: набуття практичних навичок вимірів калібрами й навичок вказівки умовних позначок допусків форми в кресленнях.

1. Загальні вказівки щодо виконання роботи:

- робота виконується здобувачами самостійно під керівництвом викладачів;
- після завершення та оформлення роботи здобувач звітує викладачеві;
- інструменти й приладдя, необхідні для проведення роботи, здобувачі одержують у викладача й після закінчення роботи повертають їх.

2. Інструменти й приладдя для проведення роботи:

- деталь із отвором циліндричної форми (з точним розміром);
- калібр-пробки гладкі для контролю отворів, виконані за ГОСТ 17738-72 - 17740-72. Допуск за ДСТ 24853-8;
- штангенциркуль ГОСТ 166-73.

Опис конструкції калібр-пробки.



Рисунок 6.9 – Калібр-пробка:

1 – державка; 2 – непрохідний калібр; 3 – прохідний калібр; 4 – позначка непрохідного калібру; 5 – позначка прохідного калібру

3. Хід роботи.

Провести, за допомогою штангенциркуля попередній вимір отвору.

З набору калібрів вибираємо приблизні розміри калібрів.

Визначаємо фактичний розмір отвору добором калібру пробки.

Результат підрахунку вносимо в таблицю 6.1.

Приводимо умовні позначки відхилення від циліндричності деталі.

Наприклад:

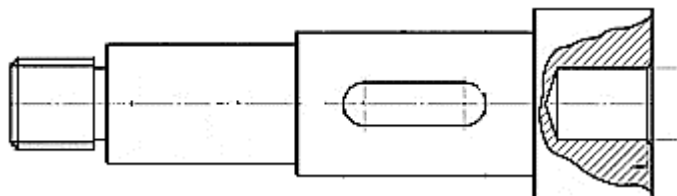


Рисунок 6.10 – Креслення деталі для визначення допуску розміру отвору

Таблиця 6.1 – Дані вимірювань

Номер виміру	$d_{\max.ср\grave{e}d}$	$d_{\min.i}$
1		
2		
3		

Лабораторна робота № 7

Визначення типорозміру різьблення

Мета роботи: набуття практичних навичок вимірів калібрами й шаблонами (еталонами) різьблень та отримання навичок вказівки умовних позначок різьблень на кресленнях.

1. Загальні вказівки щодо виконання роботи.

Робота виконується здобувачами самостійно під керівництвом викладачів.

Після завершення та оформлення роботи здобувач звітує викладачеві.

Інструменти й приналежності, необхідні для проведення роботи, здобувачі одержують у викладача й після закінчення роботи повертають їх.

2. Інструменти й приналежності для проведення роботи:

- деталі з різьбленням (з точним розміром);
- калібри (шаблони та еталони) для контролю типорозміру різьблень.

3. Конструкція шаблону різьблення.



а



б

Рисунок 6.11 – Шаблони та калібри різьблень:

а – шаблон різьблень; б – калібр-пробка та калібр-шайба

4. Хід роботи.

Шаблоном різьблення визначаємо тип різьблення на запропонованій деталі (для перших трьох самостійних вимірів бажано використовувати різьбові еталони). Дані вимірів вносимо в таблицю 6.2.

Аналогічно робимо 5 разів на різних деталях й дані вимірів заносимо до лабораторного журналу.

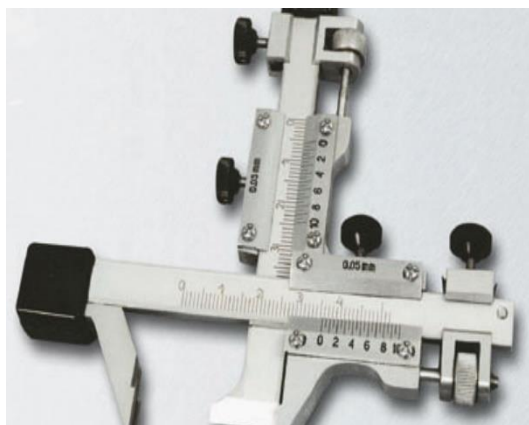
Приводимо умовні позначення різьблення деталі.

Таблиця 6.2 – Результати вимірювань

Номер заміру	Якому вимірювачу відповідає різьблення (шаблон, калібр-шайба, калібр-пробка)	Умовне позначення різьблення
1		
2		
3		
4		
5		

7 ЗУБОМІРИ

Зубоміри – це спеціалізовані вимірювальні інструменти, призначені для контролю геометричних параметрів зубчастих коліс, зокрема модулів, товщини зуба по ділильному колу, міжосьових відстаней, висоти зубців та інших характеристик.



а



б

Рисунок 7.1 – Зубоміри:

а – штангензубомір; б – мікрометричний зубомір

Штангензубомір ШЗН-18 /1-18/ (рис. 7.1, а)

Призначені для виміру відстані між протилежними бічними поверхнями (товщини) зуба циліндричних косозубих і прямозубих коліс зовнішнього зачеплення 11-й і 12-й ступенів точності ГОСТ 1643-81 по постійній хорді або по хорді ділильного кола. У рамці з нерухливою губкою у двох взаємно перпендикулярних пазах переміщуються штанга з рухливою губкою й висотна лінійка. На штанзі й висотній лінійці нанесені поглиблені шкали, що запобігає їхньому зношуванню під час переміщення в рамці. Рамка має ноніуси. Для точної установки на розмір висотної лінійки й штанги з рухливою губкою слугують мікроподачі, а для їхньої фіксації – стопорні гвинти. Шкали штанги, висотної лінійки й ноніусів виконані з матовим хромовим покриттям, що

виключають блікування. Інші поверхні штангензубоміру мають блискуче хромове покриття.

Діапазон модулів вимірюваних зубчастих коліс: 1–18.

Діапазон вимірів, мм: 0 – 33/0 –23.

Ціна поділу, мм: 0.05.

Мікрометр зубомірний МЗ-25 /0-25/ кл. 2 (рис. 7.1, б)

Мікрометри з верхньою межею діапазону виміру 50 мм і більше укомплектовані установною мірою – кінцеве плоскопаралельне пристосування довжини. Номінальний діаметр вимірювальних поверхонь п'яти й вимірювальної губки не менш 24 мм. Допускається виготовлення п'яти зі зрізаною вимірювальною поверхнею.

Ціна поділу, мм: 0.01.

8 ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЗОРІВ, ШОРСТКОСТІ

Кінцеві міри довжини (КМД), або «кінцеві міри», – це високоточні твердомірні еталони, призначені для калібрування, налаштування та перевірки вимірювального інструменту, а також для прямих і непрямих вимірювань лінійних розмірів у машинобудуванні, приладобудуванні та метрології.

Основне призначення кінцевих мір:

- контроль точності вимірювальних приладів (штангенциркулів, мікрометрів, індикаторів);
- калібрування вимірювального та контрольного обладнання;
- налаштування вимірювальних приладів на задані розміри;
- утворення еталонних відстаней методом набирання мір (комбінуванням кількох мір за допомогою ефекту «прилипання»);
- використання як робочих мір на підприємствах у системах забезпечення якості.

Кінцеві міри виготовляються з високоточними допусками (до 0,1 мкм) із матеріалів зі стабільними розмірними характеристиками (сталь, кераміка, карбід). Їх застосування забезпечує стабільність вимірювань та дотримання єдиної системи розмірного контролю.

Плоско-паралельні міри – це високоточні еталонні деталі у вигляді пластин або плит, які мають суворо контрольовану товщину та паралельність робочих поверхонь. Їхнє основне призначення полягає у забезпеченні високоточного контролю та калібрування вимірювальних приладів і пристроїв, а також у перевірці геометричної точності деталей.

Основні функції плоско-паралельних мір:

- перевірка паралельності та площинності вимірюваних або оброблюваних поверхонь;
- контроль міжповерхневих зазорів або відстаней із високою точністю;

- налаштування і калібрування інструментів, зокрема індикаторів, мікрометрів, щупів, плоско-паралельних столів тощо;
- використання при оптичних вимірюваннях, наприклад для створення інтерференційних фігур у фізиці або лазерній метрології.

Плоско-паралельні міри виготовляються з високоякісної сталі, скла або оптичного кварцу з високим ступенем точності обробки поверхонь – від дзеркального полірування до оптичної якості. Основна вимога до таких мір – мінімальне відхилення від паралельності та високий ступінь площинності, що забезпечує вірогідність контрольних вимірів.



а



б

Рисунок 8.1 – Кінцеві міри:

а – кінцеві міри довжини; б – плоскопаралельні кінцеві міри

Кінцеві міри довжини випускаються наборами відповідно до ДСТ 9038.

Кінцеві міри довжини (КМД) № 7 кл.2/11/

Кількість мір у наборі, шт.: 11.

Діапазон вимірів у наборі, мм: 0,99–1.

Плоскопаралельні кінцеві міри довжини

Приклад позначення.

Набір № 11 кінцевих заходів зі сталі I класу точності.

Таблиця 8.1 – характеристики кінцевих мір довжини

Но- мер на- бору	Кіл-ть мір у наборі	Града- ція мір, мм	Номінальні значення довжини заходів, мм	Число мір	Клас точності мір у наборах	
					(зі сталі)	(із твердого сплаву)
1	83	–	1,005	1	1; 2	–
		0,01	1–1,5	51		
		0,1	1,6–2	5		
		–	0,5	1		
		0,5	2,5–10	16		
		10	20–100	9		
2	38	–	1,005	1	1; 2	2; 3
		0,01	1–1,1	11		
		0,1	1,2–2	9		
		1	3–10	8		
		10	20–100	9		
3	112	–	1,005	1	1; 2	–
		0,01	1–1,5	51		
		0,1	1,6–2	5		
		–	0,5	1		
		0,5	2,5–25	46		
		10	30–100	8		
4	11	0,001	2–2,01	11	1; 2	–
5	11	0,001	1,99–2	11	1; 2	–
6	11	0,001	1–1,01	11	1; 2	–
8	10	–	50	2	1; 2	–
		25	125–200	4		
		50	250–300	2		
		100	400–500	2		
9	12	–	50	2	1; 2	–
		100	100–1 000	10		
18	2	–	1	2	–	1; 3
19	2	–	2	2	–	1; 3
21	20	–	5,12; 10,24; 15,36; 21,5; 25; 30,12; 35,24; 40,36; 46,5; 50; 55,12; 60,24; 65,36; 71,5; 75; 80,12; 85,24; 90,36; 96,5; 100	20	1; 2	–
22	7	–	21,2; 51,4; 71,5; 101,6; 126,8; 150; 175	7	3	–

Шаблони радіусні

Шаблони призначені для оцінки радіусів опуклих і ввігнутих поверхонь. Виготовляються три набори радіусних шаблонів. У кожному наборі скомплектовані шаблони для контролю як зовнішнього, так і внутрішнього радіусів. Конструкція обоїми набору забезпечує можливість вільної заміни шаблону, а також регулювання плавності обертання їх на осі.

Кількість опуклих і ввігнутих шаблонів: **9 і 9.**

Номінальний робітник радіус, мм: 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6.

Щупи для вимірювання зазорів

Набори щупів призначені для перевірки величин зазорів між поверхнями.

Щупи випускаються другого класу точності й комплектуються в чотири набори. Конструкція обоїми набору забезпечує можливість вільної заміни будь-якого щупа, а також регулювання плавності обертання його на осі.

Номінальна товщина щупів, мм: 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4; 0,45; 0,5.

Довжина щупів, мм: 70.

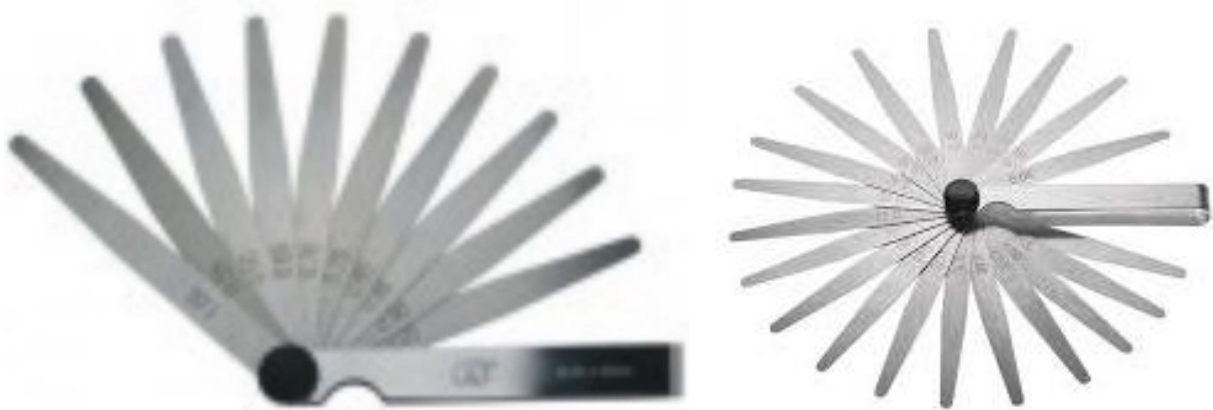


Рисунок 8.2 – Набір щупів для вимірювання зазорів

Таблиця 8.2 – Основні характеристики наборів щупів для вимірювання зазорів

Номер набору	Номінальна товщина щупів	Кіл-ть щупів у наборі
1	0,02 0,02 0,03 0,03 0,04 0,05 0,06 0,07 0,08 0,09 0,1	11
2	0,02 0,03 0,04 0,05 0,06 0,07 0,08 0,09 0,1 0,15 0,2 0,25 0,3 0,35 0,4 0,45 0,5	17
3	0,55 0,6 0,65 0,7 0,75 0,8 0,85 0,9 0,95 1,0	10
4	0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7 0,8 0,9 1,0	10

Приклад позначення: набір щупів № 1; набір щупів № 2.

Зразкові вимірювальні кільця – це еталонні циліндричні деталі з точно обробленим внутрішнім або зовнішнім діаметром, які застосовуються для калібрування, налаштування, перевірки та контролю вимірювального інструменту, зокрема нутромірів, мікрометричних голівок, індикаторів, калібрів та інших засобів вимірювання.

Основні функції зразкових кілець:

- контроль точності вимірювальних приладів, які визначають внутрішній або зовнішній діаметр деталей;
- калібрування та налаштування нутромірів (індикаторних, пружинних, важільних тощо);
- використання як еталонних розмірів у метрологічних лабораторіях;
- перевірка зносу робочих калібрів або порівняння з новими стандартами точності;
- забезпечення відтворюваності розмірного контролю у виробничому процесі.

Зразкові кільця класифікуються за типами:

1. *Кільця із внутрішнім діаметром* – застосовуються для контролю зовнішніх діаметрів (наприклад, валів).

2. *Кільця із зовнішнім діаметром* – для перевірки приладів, що вимірюють внутрішні діаметри (отвори, гнізда тощо).

Зразкові вимірювальні кільця виготовляються з легованої інструментальної сталі з термообробкою для забезпечення зносостійкості. Мають високу точність (класи 0, 00, 000 згідно з ДСТУ або ISO). Постачаються з повіркою або калібрувальним сертифікатом.



Рисунок 8.3 – Кільця вимірювальні (зразкові)

Кільця вимірювальні (зразкові) четвертого розряду

Випускаються за ТУ3943-003-05748542-05.

Призначені для перевірки нутромірів із ціною розподілу 0,001 і 0,002 мм і межами виміру 6–260 мм, а також для перевірки по них інших кілець і вимірювальних приладів.

Сфера застосування – машинобудування, приладобудування.

Приклад позначення комплекту кілець:

комплект кілець вимірювальних 929.3 ТУ3943-003-05748542-05.

Приклад позначення окремого кільця з діаметром отвору 17,93 мм:

Кільце зразкове – 17, 93, ТУ3943-003-05748542-05.

Таблиця 8.3 – Основні характеристики вимірювальних (зразкових) кілець:

Параметри	Модель					
	929.2	929.3	929.4	931.1	931.2	931.3
Межі виміру нутроміру, мм	6–10	10–18	18–50	50–100	100–160	160–260
Номінальні розміри кілець, мм	5,95; 5,97; 6; 6,03; 6,05; 8,25; 8,27; 8,3; 8,35	11,90; 11,93; 11,95; 12; 12,05; 12,07; 12,10; 17,90; 17,93; 17,95; 18; 17,95; 18; 18,05; 18,07; 18,10	17,90; 17,93; 17,95; 18; 18,05; 18,07; 18,10; 30; 50	50; 99; 900; 99; 950; 100; 100; 050; 100,100	99,900; 99,950; 100; 100,050; 100, 100; 160	159,900; 159,950; 160; 160,050; 160,100

Кільця установні моделей 928 і 930

Випускаються за ДСТ 14865. Призначені для установки й налаштування на необхідний розмір приладів для виміру діаметрів отворів, а також для перевірки за ними вимірювальних приладів і інших кілець.

Приклад позначення комплекту кілець:

комплект кілець установних 928.2, ГОСТ 14865.

Приклад позначення окремого кільця з діаметром отвору 7,5 мм:

кільце установне 7,5 ГОСТ 14865.

Таблиця 8.4 – Основні характеристики установних кілець:

Параметри	Модель				
	928.2	928.3	928.4	930	
Межі виміру нутроміру, мм	6–10	10–18	18–50	50–100	100–160
Номінальні розміри кілець, мм	6; 6,3; 6,7; 7,1; 7,5; 8; 8,5; 9; 9,5; 10	10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14; 15; 16; 17; 18	18; 19; 20; 21; 22; 24; 25; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 45; 48; 50	50; 53; 56; 60; 63; 67; 71; 75; 80; 85; 90; 95; 100	105; 110; 120; 125; 130; 140; 150; 160

Лінійка лекальна

Лекальна лінійка – це високоточний вимірювальний інструмент у вигляді прямолінійної плоскої рейки з ретельно обробленою робочою гранню. Вона використовується як еталон прямолінійності та площинності для контролю геометричних параметрів деталей і поверхонь. Її призначення:

- перевірка на прямолінійність плоских або циліндричних поверхонь (наприклад, напрямних верстатів, плит, корпусних деталей);
- контроль площинності у поєднанні з щупами або індикаторними приладами;
- виявлення викривлень, зазорів чи перекосів на поверхнях із високими вимогами до точності;
- калібрування або повірка робочих поверхонь обладнання (наприклад, плит, столів верстатів).

Лекальна лінійка виготовляється з інструментальної сталі, іноді з чавуну або твердих сплавів. Має одну або дві робочі грані (залежно від конструкції). Робоча грань має високий клас точності шліфування або ручного припасування (шабрування). Постачається в комплекті з паспортом або сертифікатом точності згідно з ДСТУ.

Лекальні лінійки класифікують за видом:

- прямокутного профілю – найбільш поширені;
- Т-подібні, призматичні – для спеціалізованих завдань;
- зі щілиною (на просвіт) – для візуального контролю зазорів.



Рисунок 8.7 – Лінійка лекальна

Лінійка лекальна тригранна ЛТ-320

Лінійки призначені для перевірки прямолінійності й площинності методом світлової щілини «на просвіт». Лінійки оснащені теплоізоляційними ручками й виготовляються із загартованої високоякісної сталі.

Квадрант

Квадрант – це вимірювальний інструмент у вигляді секторної дуги з нанесеною шкалою кутів (зазвичай від 0° до 90°), призначений для точного вимірювання кутів нахилу, перевірки кутів та встановлення деталей під певним кутом.

Основним призначенням квадранту є:

- вимірювання кутів нахилу деталей і конструкцій у машинобудуванні, будівництві та металообробці;
- перевірка точності кутових елементів при виготовленні й монтажі;
- встановлення і налаштування інструментів або деталей під заданим кутом;

– використання в геодезії та інших сферах для визначення нахилів і кутів.

Зазвичай квадрант виготовляється з металу або пластику. Може мати нерухому або рухому стрілку (показчик), що допомагає точно визначати кут. Може мати різні конструктивні варіанти – від простих до складних механізмів з приладами для підвищення точності.



а



б

Рисунок 8.5 – Квадрант:

а – квадрант механічний (тип К-1); б – квадрант оптичний (тип КО-60)

Квадрант механічний з рівнем виконання К-1 виконується за ДСТ 10908-75 призначений для виміру й установки кутів нахилу у вертикальній площини від 0 до 90°.

Приклад позначення: квадрант К-1 ГОСТ 10908-75.

Таблиця 8.5 – Основні характеристики квадранта:

Діапазон виміру кутів	0-00, 15-00 (розподілів кутоміра)
Ціна розподілу шкали зубчастого сектору	25 (розподілів кутоміра)
Ціна розподілу прямої дуги	0-0-05 ($\frac{1}{2}$ розподілу кутоміра)
Ціна розподілу ампули рівня	60"±6"
Похибка показань квадранта при вимірі будь-яких кутів від 0-90° (від 0-00 до 15-00 розподілів кутоміра), не більш	±0,5 (розподілу кутоміра) у всім робочому діапазоні температура ±50 °C
Маса приладу	1,13 кг
Маса приладу із приналежностями й футляром	2,05 кг.
Габарити футляра, мм	228 × 215 × 56

Шорсткість

Шорсткість поверхні – сукупність мікронерівностей поверхні з відносно малими кроками на базовій довжині. Одиниці виміру – мікрометри (мкм). Шорсткість є показником мікрогеометрії твердого тіла. Вона визначає його найважливіші експлуатаційні якості. Основними характеристиками, на які впливає шорсткість, є зносостійкість від стирання, (міцність), міцність (герметичність) з'єднань, хімічна стійкість, зовнішній вигляд. Відповідно до проєктованих умов роботи поверхні призначаються і параметри шорсткості. Під час проєктування деталей машин також варто враховувати зв'язок між граничним відхиленням розміру й шорсткістю.

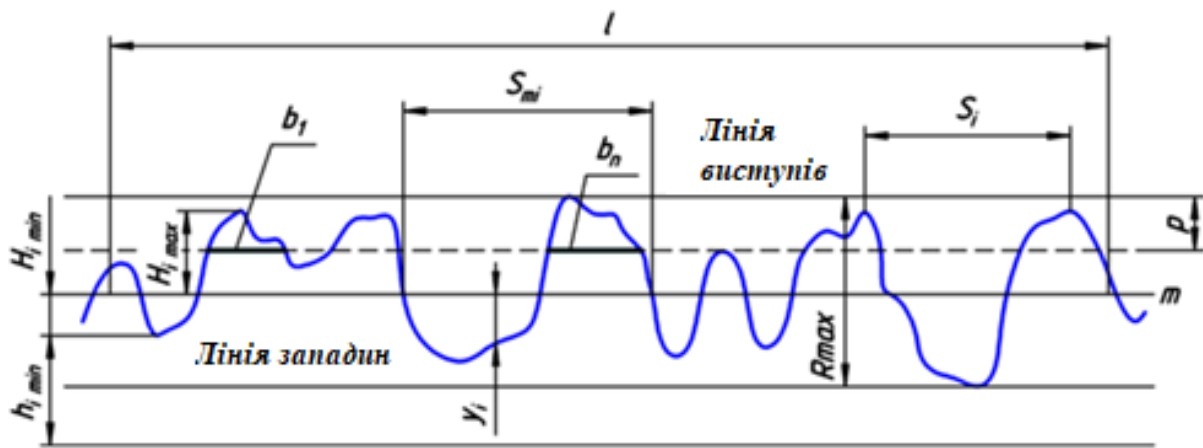


Рисунок 8.8 – Параметри шорсткості:

l – базова довжина; m – середня лінія профілю; S_{mi} – середній крок нерівностей профілю; S_i – середній крок місцевих виступів профілю; $H_{i\ max}$ – відхилення п'яти найбільших максимумів профілю; $H_{i\ min}$ – відхилення п'яти найбільших мінімумів профілю; $h_{i\ max}$ – відстань від вищих точок п'яти найбільших максимумів до лінії паралельної середньої, яка й не перетинає профіль; $h_{i\ min}$ – відстань від нижчих точок п'яти найбільших мінімумів до лінії паралельної середньої, яка й не перетинає профіль; R_{max} – найбільша висота профілю; y_i – відхилення профілю від лінії m ; p – рівень перетину профілю; b_n – довжина відрізків, які відсікаються на рівні p

Нормальний профіль і параметри шорсткості поверхні

Висотні параметри:

R_a – середнє арифметичне відхилення профілю:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_l^0 [y_i] dx \quad \text{або} \quad R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

R_z — висота нерівностей профілю по десяти точкам:

$$R_z = \left(\sum_{i=5}^N H_{i\ max} - \sum_{i=5}^N H_{i\ min} \right) / 5$$

R_{max} – найбільша висота профілю.

Крокові параметри:

S_m – середній крок нерівностей;

S – середній крок місцевих виступів профілю;

tp – відносна опорна довжина профілю, де p – значення рівня перетинів профілю з ряду 10; 15; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %.

$$tp = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i$$

Ra , Rz і $Rmax$ визначаються на базовій довжині l яка може приймати значення з ряду 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25мм.

Параметр Ra є кращим.

Зразки шорсткості – це еталонні деталі або пластини з контрольованою поверхневою текстурою, що використовуються для калібрування, перевірки і порівняння параметрів шорсткості поверхонь. Вони слугують мірою для оцінки якості обробки поверхонь у виробництві.

Основні функції зразків шорсткості:

- калібрування профілометрів та інших вимірювальних приладів для контролю шорсткості;
- візуальна і тактильна оцінка поверхонь при порівнянні з еталонними зразками;
- навчання операторів правильній оцінці шорсткості;
- перевірка відповідності поверхонь заданим стандартам (наприклад, за ДСТУ або ISO).

Види параметрів шорсткості, що контролюються:

- висота нерівностей (Ra , Rz);
- частотні характеристики поверхні;
- форма профілю поверхні.

Зразки шорсткості виготовляються з металів або спеціальних матеріалів, поверхні яких оброблені із заданою шорсткістю шляхом шліфування, травлення, піскоструминної обробки або іншими методами.



Рисунок 8.6 – Зразки шорсткості

Зразки шорсткості випускаються за ГОСТ 9378-93 або ISO 2632/1-1975, зразки відтворюють металеві поверхні, отримані механічною обробкою (гострінням, фрезеруванням, розточуванням, шліфуванням, поліруванням). Зразки призначені для визначення шорсткості поверхні шляхом порівняння з ними візуально й на дотик.

Основні області застосування зразків:

- контроль шорсткості важко доступних поверхонь;
- оперативна оцінка шорсткості деталі на різних стадіях технологічного процесу механообробки;
- використання як робочі зразки при контролі металу й металовиробів.

Таблиця 8.6 – Основні технічні характеристики зразків шорсткості

Умовна позначка способу обробки	Спосіб механічної обробки, відтвореної зразками	Форма зразка	Ряд номінальних значень параметра шорсткості Ra зразків, що входять у набір
ШП	Шліфування периферією кола плоске	Плоска	0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2
ШЦ	Шліфування зовнішнє кругле	Циліндрична опукла	
ШЧ	Шліфування чашеподібним колом	Плоска	
ШТ	Шліфування торцеве	Плоска	
ШЦВ	Шліфування внутрішнє	Циліндрична ввігнута	
Г	Гостріння	Циліндрична опукла	0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5
ГТ	Гостріння торцеве	Плоска	
ФТП	Фрезерування торцеве	Плоска	
ФТ	Фрезерування торцеве	Плоска	
ФЦ	Фрезерування циліндричне	Плоска	
Р	Розточування	Циліндрична ввігнута	0,0125; 0,025; 0,05; 0,1; 0,2
ПП	Полірування плоске	Плоска	
ПЦ	Полірування циліндричне	Циліндрична опукла	

Приклад умовної позначки зразка для оцінки сталевих поверхонь, отриманого розточенням, з номінальним значенням параметра шорсткості Ra 1,6 мкм.

Зразок шорсткості 1,6 Р сталь.

Приклад умовної позначки набору зразків для оцінки сталевих поверхонь, отриманого розточенням, з номінальним значенням параметра шорсткості Ra 0,4-12,5мкм:

Набір зразків шорсткості 0,4-12,5 Р сталь.

Профілографи-профілометри

Профілограф – це прилад для вимірювання та запису профілю поверхні об'єкта. Він відтворює нерівності поверхні у вигляді графічної кривої (профілю), що дозволяє аналізувати форму, шорсткість, хвилеподібність та інші характеристики поверхні.

Основні функції профілографа:

- вимірювання поверхневої топографії;
- візуалізація нерівностей у вигляді профілю;
- аналіз геометричних параметрів поверхні;
- використання у контролі якості обробки та в наукових дослідженнях.

Профілографи можуть бути механічними, електронними або оптичними, з можливістю друку або цифрової обробки даних.

Профілометр – це більш широкий термін для приладів, що вимірюють параметри поверхні, включаючи шорсткість, хвилеподібність і загальну форму. Профілометри можуть включати профілографи, але також можуть надавати цифрові параметри поверхні (наприклад, Ra, Rz).

Основні функції профілометра:

- точне вимірювання параметрів шорсткості;
- аналіз профілю поверхні з визначенням стандартних характеристик;
- цифрова обробка та збереження результатів;
- використання в виробничому контролі та метрології.

Отже, зробити висновок, що:

- профілографи – це здебільшого механічні пристрої для отримання графічного профілю поверхні;
- профілометри – це вже сучасні цифрові прилади з розширеними функціями аналізу параметрів поверхні.

Профілометри моделей 170621, 170622, 170623 випускаються за ТУ 2.034.5748542.02-04, призначені для виміру параметрів шорсткості й

профілю поверхонь, перетин яких у площині виміру становить пряму лінію (утворювальні циліндричні поверхні, отвори, плоскі поверхні).

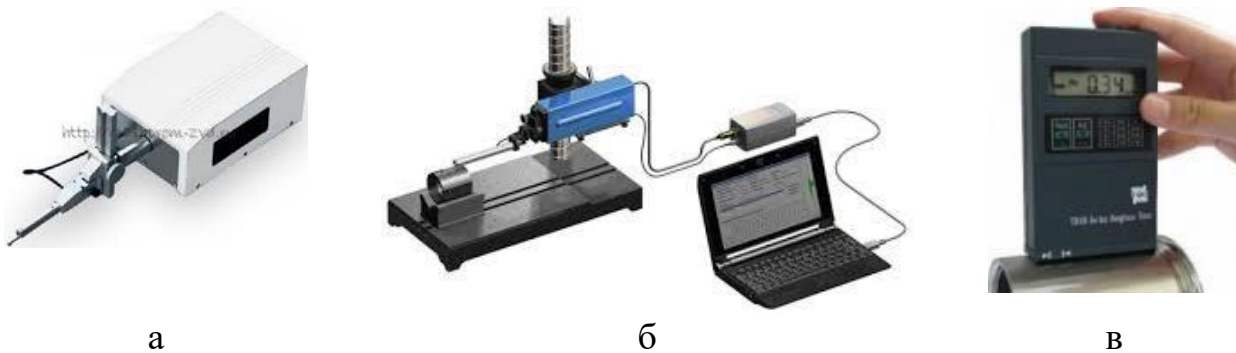


Рисунок 8.7 – Профілографи-профілометри:

а – механічний; б – електронний; в – портативний

Він дозволяє проводити розрахунки параметрів шорсткості, задаючи необхідні умови вимірів, виводити на екран і й аналізувати профілограму обмірюваного профілю. Результати вимірів зберігаються в пам'яті комп'ютера й можуть бути роздруковані у вигляді протоколу

Таблиця 8.7 – Основні характеристики профілографів моделей 170621, 170622, 170623

Найменування моделей профілометрів	170621	170622	170623
Вимірювані параметри шорсткості	Ra	Ra, Rz, Rmax, Rp, Rv	Ra, Rz, Rmax, Rp, Rv, Rq, Sm, S, tp, Rp, λq, λa, Lo, D, Δq, Δa
Діапазон вимірів параметрів шорсткості:			
Ra, мкм	0,025–10,0	0,025–25,0	0,012–50,0
Rz, мкм	—	0,05–50,0	0,025–100,0
Rmax, мкм	—	0,1–100,0	0,05–200,0
Sm, S, λq, λa, мкм	—	—	10,0–2500,0
Lo, мкм	—	—	100–100 000
Io	—	—	1–10
D, 1/см	—	—	4–1 000
Δq, Δa	—	—	0,01–30
tp, %	—	—	0–99
Відсічення кроку λв, мм	0,25; 0,8; 2,5		0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8

Плита повірочна

Повірочна плита – це високоточна, масивна плоска металева плита (зазвичай із чавуну або сталі), яка використовується як еталонна поверхня для контролю, калібрування і повірки інших інструментів і деталей.

Основними функціями її є:

- контроль площинності і прямолінійності вимірювальних приладів (індикаторів, лінійок, штангенциркулів тощо);
- налагодження і калібрування механізмів і верстатів;
- використання як робочої бази для монтажу та складання точних механізмів;
- перевірка геометричних розмірів і якості обробки поверхонь деталей.

Повірочні плити мають дуже високу точність площинності (зазвичай класу від 0 до 2 за стандартом. Вони виготовляються з матеріалів з низьким коефіцієнтом теплового розширення. Поверхня плити шліфується або шабрується до дзеркального стану. Повірочні плити мають значну масу для зменшення вібрацій і стабільності позиціонування.

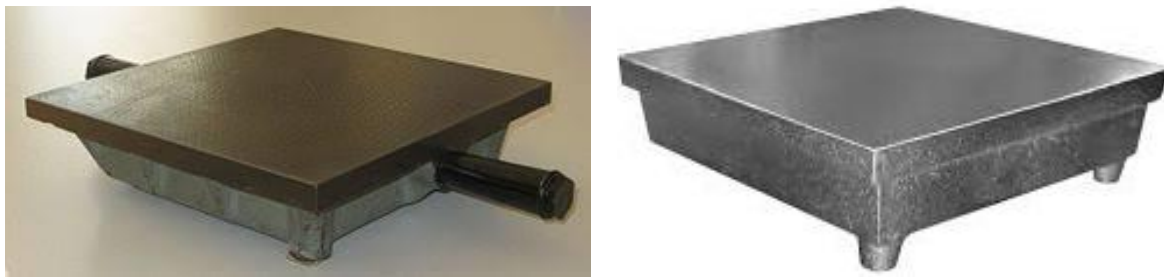


Рисунок 8.9 – Плита повірочна

Плита повірочна чавунна 250 × 250

Плити виготовляються в таких виконаннях:

1. Чавунні плити:

- з ручним шабруванням робочих поверхонь;
- з механічно обробленими робочими поверхнями.

2. Плити із твердокам'яних порід.

Плити 1 і 2 виконання виготовляються із сірого чавуна. Твердість чавунних плит 170-290 НВ. Плити із твердокам'яних порід виготовляються з діабазу, габро й різного типу гранітів, що мають межу міцності на стиск не менш ніж 264,0 МПа. Гранітні плити порівняно з чавунними мають переваги: високу твердість, антикорозійність, довговічність (у 8–9 раз вище), виключена необхідність розмагнічування.

Габаритні розміри, мм: 250×250 .

Клас точності: 1.

Вид обробки: механічна.

Допуск по площинності робочих поверхонь, мкм: 10.

Вага, кг: 14.

Дротики й ролики

Вимірювальні дротики (нитки) та вимірювальні ролики – це допоміжні вимірювальні елементи циліндричної форми, призначені для непрямого вимірювання міжзубної відстані або ділильного діаметра зубчастих коліс, різьбових деталей та інших елементів з криволінійною поверхнею.

Дротики – це точні металеві циліндри малого діаметру (0,1–5 мм), що використовуються переважно для різьб і малих зубців.

Ролики – більші за розміром циліндри, які можуть мати спеціальні посадочні канавки або фаски, використовуються для більших зубчастих коліс.

Призначення цих вимірювальних елементів у такому:

- визначення ділильного (середнього) діаметра зубчастих коліс методом «через дротики» або «через ролики».
- контроль точності виготовлення різьб (наприклад, тридротиковим методом вимірювання зовнішнього діаметру різьблення).
- перевірка профілю зубців або різьби, особливо коли пряме вимірювання неможливе через складну форму.



Рисунок 8.10 – Дротики для вимірювань

Дротики й ролики випускаються за ГОСТ 2475-88 таких типів:

- I – дротик гладкий;
- II – дротик східчастий;
- III – ролики.

Призначені для виміру середнього діаметра зовнішнього різьблення, а також для виміру товщини зубів і ширини западин шліцьових валів і втулок із профілем евольвенти.

Дротики і ролики випускаються комплектами, що складаються:

- з 3 штук одного типу з рівними номінальними діаметрами – для виміру середнього діаметра зовнішніх різьблень;
- з 2 штук одного типу з рівними номінальними діаметрами – для виміру параметрів шліцьових з'єднань.

Основні характеристики.

Діапазон номінальних діаметрів:

- Тип I – від 0,115 мм до 0,346 мм;
- Тип II - від 0,346 мм до 4,980 мм;
- Тип III – від 4,980 мм до 35,000 мм.

Клас точності – 1.

Приклад умовної позначки гладких дротиків діаметром 0,115 мм класу точності 1: *Дротик I – 0,115 кл.1*

Лабораторна робота № 8

Визначення щілин та зазорів між деталями

Мета роботи: набуття практичних навичок вимірів щупами й дротиками щілин і зазорів та отримання навичок вказівки їхніх розмірів на кресленнях.

1. Загальні вказівки щодо виконання роботи.

Робота виконується здобувачами самостійно під керівництвом викладачів.

Після завершення та оформлення роботи здобувач звітує викладачеві.

Інструменти й приналежності, необхідні для проведення роботи, здобувачі одержують у викладача й після закінчення роботи повертають їх.

2. Інструменти й приналежності для проведення роботи:

- механізм (з точним розміром);
- набір щупів або дротиків для контролю розмірів.

3. Конструкція шаблона різьблення.



Щупом визначаємо розмір зазору у запропонованому механізмі (сполученні деталей). Дані вимірів вносимо в таблицю 8.8.

Аналогічно робимо 3–5 раз на різних частинах зазору й дані вимірів заносимо до лабораторного журналу.

У випадку нерівномірного зносу сполучених деталей (неоднаковий розмір щілини / зазору) вимір необхідно проводити дротиками.

Таблиця 8.8 – Результати вимірювань

Номер заміру	Яким вимірювачем проводився вимір (щуп, дротик)	Величина зазору
1		
2		
3		
4		
5		

9 СТІЙКИ Й ШТАТИВИ

Стійки і штативи – це допоміжні конструктивні елементи, призначені для надійного кріплення, фіксації та позиціювання вимірювальних приладів (індикаторів, важільно-стрілочних індикаторів, мікроскопів, лазерних пристроїв тощо) під час вимірювань або контролю деталей.



а



б



в

Рисунок 9.1 – Стійки:

а – настільна поворотна стійка для мікрометрів (типу СТМ); б – гнучка стійка для вимірювальних головок (типу МС); в – рухлива стійка для вимірювальних головок (типу С)

Стійка 15 СТМ (рис. 9.1, а)

Призначена для установлення мікрометрів і інших вимірювальних приладів з діапазоном виміру до 300 мм з метою використання їх як настільних. Кут повороту, градуси: 60.

Стійка МС-29 (рис. 9.1, б)

Призначена для установки на ній вимірювальних головок із ціною розподілу 0,01 мм і більше, вимірювальна головка може займати необхідне положення, що закріплюється в стійці, без переміщення стійки. Магнітна

підстава дозволяє встановлювати стійку на похилих і вертикальних площинах без додаткового кріплення. Висота стійки, мм: 360.

Стійка С-III М (рис. 9.1, в)

Стійка типу С-III призначена для установки вимірювальних головок із ціною розподілу 0,001-0,01 мм; стійка типу С-IV – для установки вимірювальних головок із ціною розподілу 0,01 мм і більш. Контрольований виріб установлюють на столі стійки. Вимірювальна головка укріплена в кронштейні, що переміщається уздовж колонки підстави стійки. Стійка типу С-III має пристрій для тонкої установки на розмір (для мікроподачі). На замовлення споживача додатково поставляється круглий столик з отворами діаметром від 0,4 мм до 3,5 мм для виміру буртиків і заплічок дрібних деталей.

Розміри стола для С-III – діаметр 50 мм, для С-IV – 160 мм × 100 мм.

Виліт вимірювальної головки, мм: 55.

Межі вимірів по висоті, мм: 0–100.

Штативи магнітні

Штативи магнітні призначені для кріплення різних вимірювальних приладів на сталевих поверхнях. Особливістю використання штативів магнітних є те, що штативи магнітні дозволяють проводити різні виміри безпосередньо на робочій поверхні – наприклад, безпосередньо на столярному верстаті.

Штативи магнітні можуть установлюватися як на плоскій поверхні, так і на поверхні циліндричної форми. Магніти, що встановлюються в штативи магнітні, не розмагнічуються під дією зовнішніх механічних і електромагнітних сил.



Рисунок 9.2 – Штатив магнітний (типу ШМ)

Штатив магнітний ШМ-ІІІ /200/

Штативи типів ШМ-ІІН і ШМ-ІІВ призначені для установки на них вимірювальних головок із ціною розподілу 0,01 мм. Штативи типу ШМ-ІІІ, призначені для установки вимірювальних головок. У підставці приладу закріплену циліндрична колону, вздовж якої рухається муфта зі стрижнем із закріпленою на ній вимірювальною головкою. Штативи типів ШМ-ІІН і ШМ-ІІВ мають мікроподачу для точної установки на розмір. У підставі штативів ШМ-ІІН, ШМ-ІІІ вбудовано магніт. Така підстава дозволяє встановлювати штативи на похилих і вертикальних площинах без додаткового кріплення.

Виліт вимірювальної головки, мм: 160.

Висота колонки, мм: 200.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення [Електрон. ресурс]. – Чинний від 1995–01–01. – Електрон. текст. дані. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 68 с. – Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_2681-94.pdf, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.
2. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018. Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі [Електрон. ресурс]. – Чинний від 2019–01–01. – Електрон. текст. дані. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. – 31 с. Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=80498, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.
3. Про прийняття міждержавних стандартів як національні методом підтвердження та скасування відповідних міждержавних стандартів [Електрон. ресурс] : Наказ Державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики від 12 жовтня 2009 р. № 368. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/document.html?id_doc=50655, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.
4. ДСТУ ГОСТ 7661:2009. Глибиноміри індикаторні. Технічні умови [Електрон. ресурс]. – Чинний від 2018–01–25. – Електрон. текст. дані. – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 13 с. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/document.html?id_doc=110999, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.
5. Про поновлення дії міждержавних нормативних документів в Україні [Електрон. ресурс] : Наказ Національного органу стандартизації від 24 січня 2018 р. № 15. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=75464, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.
6. ДСТУ 3741:2015 Метрологія. Державна повірочна схема для засобів вимірювання довжини [Електрон. ресурс] – Чинний від 2016–01–01. – Електрон. текст. дані. – Київ : Національний науковий центр «Інститут метрології», 2015. – 16 с. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61978, вільний (дата звернення 13.07.2025). – Назва з екрана.

7. ДСТУ 2409-94. Вимірювання параметрів шорсткості. Терміни та визначення [Електрон. ресурс]. – Чинний від 1995–01–01. – Електрон. текст. дані. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 24 с. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=92003, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.

8. ДСТУ ГОСТ 8.367:2009 ГСІ. Міри довжини кінцеві плоскопаралельні зразкові 1 та 2-го розрядів та робітники класів точності 00 та 0 завдовжки до 1000 мм. Методи та засоби перевірки [Електрон. ресурс]. – Чинний від 2009–02–01. – Електрон. текст. дані. – Київ : ДП «УкрНДНЦ» України, 2008. – 66 с. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=63844, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.

9. Про відновлення дії міждержавних стандартів [Електрон. ресурс] : Наказ Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 29 грудня 2018 № 544. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=80928, вільний (дата звернення 12.04.2025). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт
із навчальної дисципліни

**«ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНІ
ВИМІРЮВАННЯ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
зі спеціальності 133 – Галузеве машинобудування)*

Укладачі: **САЄНКО** Леонід Володимирович,
БЛАЖКО Володимир Володимирович

Відповідальний за випуск *А. О. Шевченко*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *Л. В. Саєнко*

План 2025, поз. 319М

Підп. до друку 03.07.2025. Формат 60 × 84/16.
Ум. друк. арк. 5,1.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.