

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Навчально-науковий механічний інститут

Кафедра автомобілів та автомобільного господарства

**02-03-147М**

### **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до лабораторних робіт з навчальної дисципліни

«Взаємозамінність, стандартизація та технічні  
вимірювання»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)  
рівня за освітніми програмами «Агроінженерія»,  
«Створення та експлуатація машин і обладнання»  
спеціальностей 208 «Агроінженерія», 133 «Галузеве  
машинобудування» денної та заочної форми навчання

Рекомендовано  
науково-методичною радою  
з якості НН МІ

Протокол № 4  
від «31» грудня 2024 р

Рівне – 2024

Методичні вказівки до лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітніми програмами «Агроінженерія», «Створення та експлуатація машин і обладнання» спеціальностей 208 «Агроінженерія», 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форми навчання. [Електронне видання] / Марчук Р. М., Пахаренко В. Л. – Рівне : НУВГП, 2024. – 40 с.

Укладачі: Марчук Р. М., к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства; Пахаренко В. Л., к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Відповідальний за випуск: Стадник О. С., к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 208 «Агроінженерія» Бундза О. З.

Керівник групи забезпечення спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» Тхорук Є. І.

Попередня версія методичних вказівок:  
<https://ep3.nuwm.edu.ua/1888/>

© Р. М. Марчук, В. Л. Пахаренко, 2024  
© НУВГП, 2024

## Зміст

Передмова.....	4
Загальні методичні вказівки до вивчення дисципліни.....	4
Лабораторна робота №1. Будова та експлуатація штангенінструментів.....	5
Лабораторна робота №2. Будова та експлуатація мікрометричних інструментів.....	11
Лабораторна робота №3. Вимірювання радіального і торцевого биття за допомогою індикатора годинникового типу.....	16
Лабораторна робота №4. Будова та експлуатація кутомірів.....	20
Лабораторна робота №5. Вимірювання і контроль параметрів різьби.....	24
Лабораторна робота №6. Прилади для вимірювання і контролю елементів зубчастих коліс.....	31
Рекомендована література.....	40

## Передмова

При вирішенні проблем підвищення якості та ефективності виробництва, експлуатації і ремонту машин і механізмів на сучасному етапі розвитку науки і техніки важлива роль належить взаємозамінності, стандартизації і метрології.

Експлуатаційні показники механізмів і машин значною мірою залежать від правильності вибору посадок, допусків форми і розміщення, шорсткості поверхні тощо.

Однією з базових дисциплін є курс "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання", який розглядає питання забезпечення точності геометричних параметрів як необхідної умови взаємозамінюваності і таких важливих показників як якість та довговічність.

### Загальні методичні вказівки до вивчення дисципліни

Навчальна дисципліна «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання» викладається з метою опанування студентами основ теоретичних та практичних знань стосовно типових видів з'єднань деталей, засобів та методів вимірювань.

Головну увагу у даному курсі приділено вивченню особливостей утворення різних груп посадок, їх вибору та розрахунку, а також застосуванні вимірювальних і контролюючих інструментів. Набуті студентами знання сприятимуть формуванню сучасних уявлень про процеси в галузі машинобудування та агроінженерії.

Виконання лабораторних робіт дозволять студенту освоїти методи і засоби контролю розмірів деталей машин, виконувати технічні вимірювання, передбачати при проектуванні технологічних процесів операції контролю розмірів сучасними методами і засобами.

## Лабораторна робота № 1

### *БУДОВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ШТАНГЕНІНСТРУМЕНТІВ*

**Мета роботи:** ознайомитись із основними поняттями та визначеннями метрології, вивчити будову і порядок вимірювання штангенінструментами.

**Забезпечення роботи:** набір штангенінструментів, набір деталей, виготовлених за певним допуском.

### Теоретичні відомості

Засоби вимірювання – це пристрої, за допомогою яких здійснюється порівняння вимірюваної величини з величиною, прийнятою за одиницю.

Основними метрологічними характеристиками вимірювальних засобів є:

1. Межа вимірювання шкали приладу – це значення вимірюваної величини, яка відповідає всій шкалі приладу.

2. Межа вимірювання приладу – це найбільше та найменше значення вимірюваної величини, які можуть бути виміряні приладом.

3. Точність відліку – це та точність, яку можна отримати при вимірюванні, користуючись відліковим пристроєм приладу або інструмента.

4. Поріг чутливості – це найменше переміщення вимірюваного стержня, яке може викликати найменшу зміну в показах приладу.

5. Похибка показів приладу – це різниця між показами приладу і дійсним значенням вимірюваної величини.

6. Похибка виміру – це сумарна похибка, в яку входить похибка самого приладу, похибка установки, похибка налагодження, температурна похибка та інші похибки, які можуть виникнути при вимірюванні. Похибки виміру діляться на три категорії: систематичні, випадкові та грубі (промахи).

Під методом вимірювань розуміють сукупність засобів та прийомів, які використовуються при вимірюванні будь-якої величини. Абсолютний метод – це такий метод, коли значення вимірюваної величини визначається безпосередньо за шкалою приладу. При відносному вимірюванні будь-якої величини визначається лише відхилення її значення від встановленої міри чи зразка.

Прямий метод – це такий метод, коли значення вимірюваної величини встановлюється прямо за показом приладу.

При непрямому методі значення вимірюваної величини визначається за результатами прямих вимірів інших величин, зв'язаних із шуканою певною залежністю. Контактний метод вимірювань припускає безпосередній контакт вимірювальних поверхонь приладу з вимірюваною поверхнею деталі. При безконтактному методі прилад не дотикається до поверхні вимірюваної деталі.

Загальні відомості про штангенінструменти.

Для вимірювання зовнішніх та внутрішніх розмірів деталей в машинобудуванні та ремонтному виробництві широко використовуються штангенінструменти. До них належать: штангенциркулі, штангенглибиноміри, штангенрейсмаси (штангенвисотоміри), а також штангензубоміри. В основу будови штангенінструментів входять лінійка з поділками в 1 мм (штанга) і допоміжна шкала – ноніус, яка переміщається по основній лінійці і дозволяє відраховувати долі поділки основної шкали.

Ноніус – це рівномірна додаткова шкала з границею вимірювань, рівною ціні поділки основної шкали. Застосовуються ноніуси з точністю відліку 0,1, 0,05 мм і (рідше) 0,02 мм.

Для відліку за допомогою ноніуса спочатку визначають по основній шкалі ціле число міліметрів за положенням нульової поділки ноніуса, потім, якщо нульова поділка ноніуса не співпадає з поділкою основної шкали, визначають дробову частину вимірюваного розміру за

поділкою ноніусної шкали, яка співпадає з протилежною поділкою основної шкали. Дробова частина вимірюваного розміру рівна ціні поділки шкали ноніуса, помноженій на порядковий номер поділки ноніусної шкали, яка співпадає з протилежною поділкою основної шкали. Наприклад, на рис. 1 (а) вимірюваний розмір рівний 7 мм, а на рис. 1 (б) - 7,7 мм.

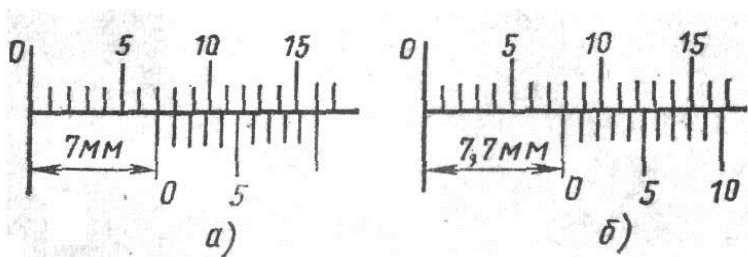


Рис. 1. Відлік по ноніусній шкалі штангенциркуля

Штангенциркулі призначені для вимірювання зовнішніх і внутрішніх розмірів, а також для виконання розмірочних робіт. Промисловість випускає три типи штангенциркулів:

ШЦ-1 – двосторонні з глибиноміром і з ціною поділки 0,1мм;

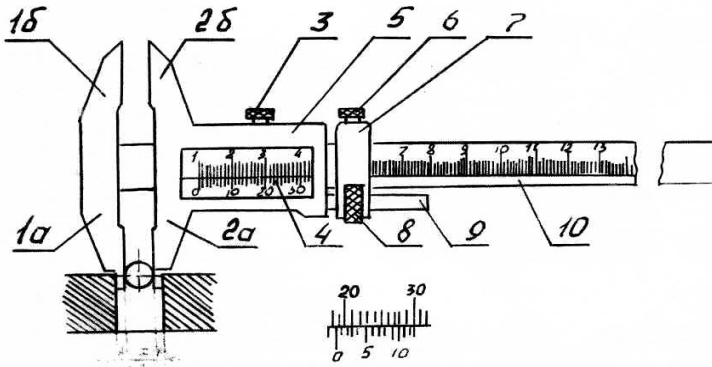
ШЦ-2 – двосторонні (рис. 2);

ШЦ-3 – односторонні з ціною поділки 0,05 і 0,1мм.

Будова штангенциркуля типу ШЦ-2 представлена на рис. 2. Він складається зі штанги 10, вимірювальних губок нерухомих – 1 (а) і 1 (б) та рухомих – 2 (а) і 2 (б), рамки 5, зажима рамки (стопорний гвинт) 3, ноніуса 4 і мікрометричної подачі для встановлення рамки на точний розмір. Для вимірювання зовнішніх розмірів використовуються губки 1 (а) і 1 (б) або 2 (а) і 2 (б), для внутрішніх – губки 2 (а) і 2 (б). Після приведення у контакт губок з вимірюваною поверхнею деталі стопориться хомут 7 мікрометричної подачі і за допомогою гвинта 9

мікроподачі рухомі губки підводяться більш точно, після чого вони фіксуються стопорним гвинтом з рамки і здійснюється відлік розміру. При вимірюванні внутрішніх розмірів таким штангенциркулем до отриманого результату додається товщина двох губок, значення якої нанесене на лицевій стороні губок.

Перед вимірюванням необхідно перевірити штангенциркуль. Губки повинні бути рівними і без подряпин. При зведенні губок між ними не повинно бути просвіту, при цьому нульові штрихи основної шкали і шкали ноніуса повинні збігатися. Рамка повинна рухатися плавно, без заїдань і перекосів.



1 (а), 1 (б) – нерухомі губки; 2 (а), 2 (б) – рухомі губки; 3 і 6 – стопорні гвинти; 4 – ноніус; 5 – рамка; 7 – хомут; 8 – гайка мікроподачі; 9 – гвинт мікроподачі, 10-штанга

Рис. 2. Штангенциркуль

Штангенглибиноміри призначені для вимірювання глибин і виступів. Будова штангенглибиноміра представлена на рис. 3, а порядок вимірювання аналогічний вимірюванню штангенциркулем. Для перевірки штангенглибиноміра застосовується повірочна плита, на яку встановлюють інструменти. Штангу опускають до упору вниз. У придатних штангенглибиномірів просвіт між плитою



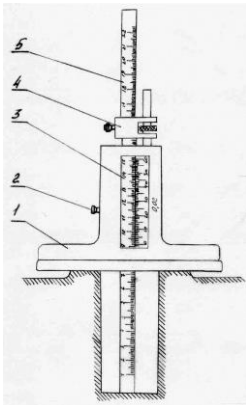
і вимірювальною поверхнею штанги відсутній, а нульові штрихи основної шкали і шкали ноніуса збігаються.

Штангенглибиноміри випускаються із верхніми границями діапазонів вимірювань від 160 до 400 мм та точністю відліку по ноніусу 0,05мм.

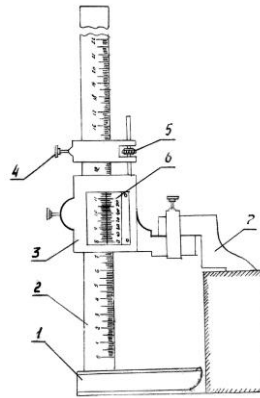
Штангенрейсмаси призначені для вимірювань висот і виконання розмітчастих робіт. Будова штангенрейсмаси показана на рис. 4.

Порядок вимірювання штангенрейсмасом та його перевірка аналогічні штангенглибиноміру. Для проведення розмітчастих робіт штангенрейсмас комплектується змінними ніжками.

Штангенрейсмаси випускаються з верхніми границями вимірювань від 250 до 2500 мм і точністю відліку 0,05 і 0,1 мм.



1 – траверса; 2 – стопорний гвинт; 3 – ноніус; 4 – мікрометрична подача; 5 – штанга  
Рис. 3. Штангенглибиномір



1 – основа; 2 – штанга; 3 – рамка; 4 – стопорний гвинт; 5 – мікрометрична подача; 6 – ноніус; 7 – губка  
Рис. 4. Штангенрейсмас

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і порядок налагодження штангенінструментів.

2. Визначити для використовуваних інструментів метрологічні показники: границі діапазону вимірювань; ціну поділки основної шкали; точність відліку по ноніусу.

3. Перевірити необхідні інструменти.

4. Виміряти задані розміри згідно схеми вимірювання (рис. 5), результати записати у таблицю 1.

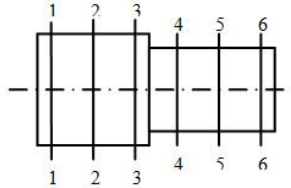


Рис. 5. Схема вимірювання розмірів

5. Побудувати поля допусків заданих розмірів і нанести на них дійсні значення цих розмірів.

6. Зробити висновок про придатність виробу.

Таблиця 1

Результати вимірів

№ з/п	Номінал. розмір мм	Поле допуску/ граничні відхилення	Граничні розміри, мм	П е р е р і з	Дійсні розміри мм	Похибки обробки, мм
1				1-1 2-2 3-3		
2				4-4 5-5 6-6		

## Контрольні запитання

1. Види штангенінструментів, їх призначення і основні метрологічні характеристики.
2. Принцип дії ноніусної шкали.
3. Основні частини штангенциркуля, штангенглибиноміра, штангенрейсмаса.
4. Порядок вимірювання та відліку на штангенінструментах.
5. Порядок повірки штангенінструментів.

## Лабораторна робота № 2

### *БУДОВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ МІКРОМЕТРИЧНИХ ІНСТРУМЕНТІВ*

**Мета роботи:** ознайомитись з призначенням, будовою і метрологічними показниками мікрометричних інструментів та отримати практичні навички роботи з ними.

**Забезпечення роботи:** мікрометр, мікрометричний глибиномір, мікрометричний нутромір, набір деталей, виготовлених за певним допуском.

### Теоретичні відомості

До мікрометричних інструментів належать мікрометри, мікрометричні глибиноміри та нутроміри. Мікрометричні вимірювальні засоби призначені для застосування гвинтової пари, яка перетворює обертовий рух мікрометричного гвинта у поступальний. Оскільки крок прецизійної різьби гвинтової пари дорівнює 0,5 мм, то при одному оберті гвинта він переміститься на величину кроку різьби. Якщо повернути гвинт на  $1/50$  частину оберта /на одну поділку кругової шкали/, то він переміститься на 0,01 мм, тобто на величину відліку мікрометричних інструментів

Мікрометри призначені для зовнішніх вимірів розмірів від 0 до 600 мм. Вимірювальне переміщення мікрометричного гвинта 25 мм. До мікрометрів з нижньою межею вимірювань 25 мм і більше додаються установочні міри для перевірки нульового положення.

Мікрометр (рис. 1) складається із скоби 1, в яку запресовані п'ятка 2 і стебло 5 мікрометричної головки. Мікрометричний гвинт 4 вкручується в закріплену у стеблі гайку 7. Для виключення зазору в гвинтовій парі різьба мікрометричної гайки виконана на її розрізаному кінці, на зовнішню конічну різьбу якої нагвинчується регульована гайка 8. Цією гайкою стягують мікрометричну гайку 7 до тих пір, поки мікрометричний гвинт 4 не буде переміщатись в ній без зазорів. На мікрометричному гвинті 4 за допомогою установочного ковпачка 9 кріпиться барабан 6. В ковпачку 9 є глухий отвір для пружини і зуба, який упирається у зубчату поверхню трещітки 10. Остання відрегульована таким чином, що при збільшенні вимірювального зусилля понад 9 Н вона не обертає гвинт, а повертається.

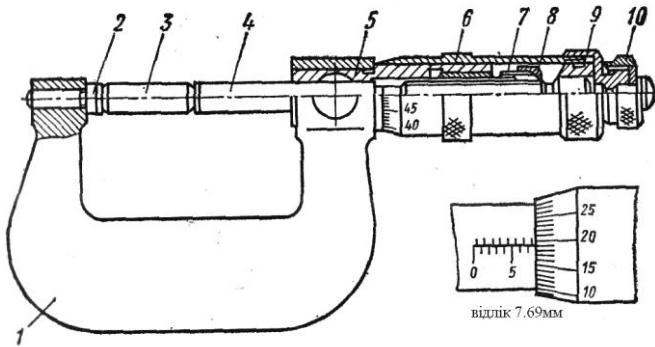


Рис. 1. Мікрометр

На стеблі 5 знаходиться основна шкала, яка являє собою поздовжню риску, вздовж якої (нижче і вище) нанесені міліметрові штрихи, причому верхній ряд штрихів зміщений відносно нижнього на 0,5 мм. На конічній

поверхні барабана 6 нанесена шкала для відліку сотих долей основної шкали, поділена 50 рівних частин. Поворот барабана на одну поділку призводить до осьового переміщення мікрометричного гвинта на 0,01 мм.

Мікрометричні глибиноміри служать для вимірювання глибини отворів, пазів і висоти уступів. Границі вимірювань – від 0 до 150 мм, робочий хід гвинта 25 мм.

Мікрометричний глибиномір (рис. 2) складається із основи 1, мікрометричної головки 2, стопорного гвинта 3 та змінних вимірювальних стержнів 4. Установка глибиноміра на нульовий відлік виконується за допомогою циліндричних установочних мір 5.

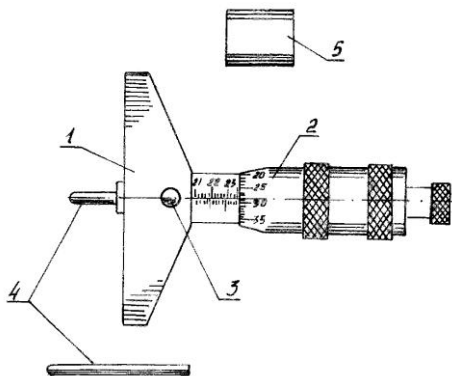


Рис. 2. Мікрометричний глибиномір

Мікрометричні нутроміри призначені для вимірювання внутрішніх діаметрів і довжин, установки на розмір та перевірки скоб і мікрометрів.

Мікрометричні нутроміри виготовляються з границями вимірювань 50...10000 мм, ціною поділки 0,01 мм. Вони (рис. 3) складаються з мікрометричного гвинта 5, барабана 6, стебла 3 із стопорним гвинтом 4, установчої гайки 7 і вимірювальних наконечників 1 і 8. Гайка 2 захищає різьбу на кінці стебла 3 від пошкоджень. Максимальний хід мікрометричного гвинта дорівнює 13 мм.

Для розширення діапазону вимірювань застосовуються подовжувачі, які нагвинчуються на різьбу стебла 3. Установка нутромірів на розмір виконується за установочними мірами.

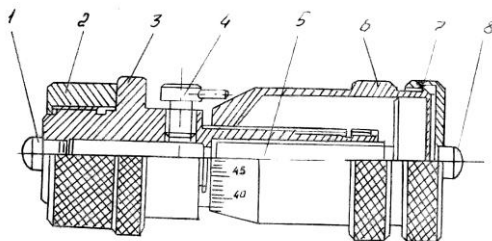


Рис. 3. Мікрометричний нутромір

Перед початком вимірювань мікрометричні інструменти перевіряють на співпадання нульових штрихів на стеблі і барабані. Для цього обертають мікрометричний гвинт трещіткою, приводячи в контакт вимірювальні поверхні. У випадку неспівпадання нульових штрихів, стопорять мікрометричний гвинт і від'єднують від нього барабан, ослабивши з'єднувальний ковпачок. В результаті цього барабан може вільно обертатись відносно стебла і його можна встановити на нуль, після чого загвинчується з'єднувальний ковпачок.

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію і порядок налагодження мікрометричних інструментів.
2. Визначити метрологічні показники інструмента: границі вимірювань, ціну поділки основної шкали, ціну поділки барабана  $i = S/n$ , де  $S$  – крок мікрометричної різьби;  $n$  – число поділок шкали барабана;
3. Перевірити і налагодити необхідні інструменти.
4. Виміряти задані розміри згідно схеми вимірювання (рис. 4), результати записати у таблицю 1.

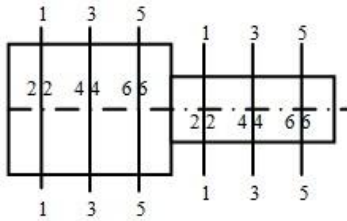


Рис. 4. Схема вимірювання розмірів

5. Побудувати поля допусків заданих розмірів і нанести на них дійсні значення цих розмірів.
6. Зробити висновок про придатність виробу.

Таблиця 1

Результати вимірювань

№ з/п	Номинал. розмір мм	Поле допуску/ граничні відхилення	Граничні розміри, мм	П е р е р і з	Дійсні розміри мм	Похибки обробки, мм
1				1-1 2-2 3-3 4-4 5-5 6-6		
2				1-1 2-2 3-3 4-4 5-5 6-6		

## Контрольні запитання

1. Види мікрометричних інструментів, їх призначення та метрологічні характеристики.
2. Будова мікрометричних інструментів.
3. Порядок перевірки та налагодження мікрометричних інструментів.
4. Порядок проведення вимірів.

## Лабораторна робота №3

### *ВИМІРЮВАННЯ РАДІАЛЬНОГО І ТОРЦЕВОГО БИТТЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ІНДИКАТОРА ГОДИННИКОВОГО ТИПУ*

**Мета роботи:** ознайомитись із способом вимірювання радіального і торцевого биття, будовою та основними характеристиками індикатора годинникового типу.

**Забезпечення роботи:** індикатор годинникового типу, універсальна стійка, центри для закріплення деталі, штангенциркуль, контрольована деталь.

## Теоретичні відомості

Радіальне биття – це різниця найбільшої і найменшої віддалі від точок реального профілю поверхні обертання до базової осі у перерізі, перпендикулярному цій осі:

$$\Delta = R'_{\max} - R'_{\min} \quad (3.1)$$

Повне радіальне биття – це різниця найбільшої та найменшої віддалей від усіх точок реальної поверхні в межах базової віддалі  $L$  до базової осі:

$$\Delta = R_{\max} - R_{\min} \quad (3.2)$$



Торцеве биття – різниця найбільшої та найменшої віддалей від точок всієї торцевої поверхні до площини, перпендикулярній базовій осі.

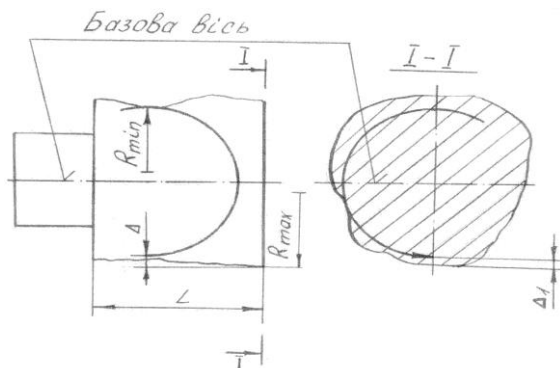


Рис. 1. Радіальне та торцеве биття

Для вимірювання биття використовується в основному індикатор годинникового типу.

Індикатор годинникового типу призначений для вимірювання лінійних розмірів, а також відхилення розмірів від заданої геометричної форми – овальності, биття, огранки, прямолінійності і т. ін. Вимірювання абсолютним методом можливе для розмірів, які не виходять за межі вимірювання шкали приладу. Найбільш поширеними є індикатори типу ИЧ-10 та ИЧ-2. Принципова схема індикатора годинникового типу наведена на рис. 2. Вимірювальний стержень 1 рухається в точних направляючих втулках, запресованих в гільзі корпусу. На стержні нарізана зубчата рейка, яка повертає тріб 2 з числом зубів  $z = 16$  (трібом в приладобудуванні називають зубчате колесо з числом зубів  $z < 18$ ). Зубчате колесо 4 ( $z = 100$ ), встановлене на одній осі з трібом 2, передає обертання трібу 2 ( $z = 10$ ). На осі тріба 2 закріплена стрілка 6, яка показує величину лінійних переміщень вимірювального стержня 1, в долях міліметра по шкалі 9. Передаточне відношення зубчатого механізму підібрано

так, що при лінійному переміщенні стержня 1 на 1 мм стрілка-показчик 6 робить один повний оберт. Шкала 9 зв'язана з рифленим обідком індикатора і тому поворотом останнього будь-яка поділка шкали 9 може суміщатись з кінцем стрілки 6.

З колесом 5 кінематично зв'язане колесо 7 ( $z = 100$ ), на осі якого закріплені показчик обертів і втулка з пружинним волоском 8, другий кінець якого прикріплений до корпусу. Колесо 7, знаходячись під дією волоска, забезпечує роботу всієї передачі приладу на одній стороні профіля зуба і тим самим ліквідує мертвий хід передачі. Циліндрична пружина 3 забезпечує контакт вимірювального стержня 1 з контрольованою деталлю.

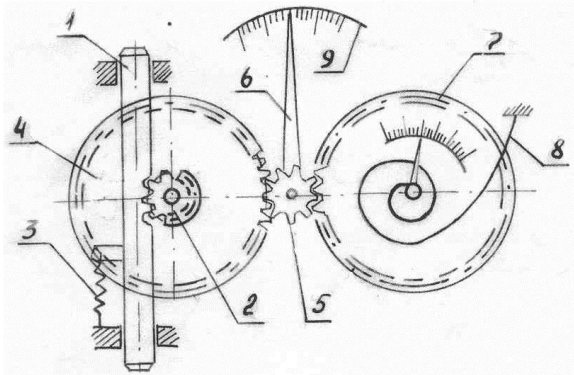


Рис. 2. Індикатор годинникового типу

Порядок контролю наявності биття деталі:

1. Перевірити роботу індикатора плавним натисненням на наконечник стержня 1. При цьому стрілки індикатора повинні отримати плавний обертовий рух.

2. Закріпити деталь у центрах, індикатор – в універсальній стійці, при чому наконечник стержня 1 вводиться в контакт з деталлю так, щоб був деякий попередній натяг величиною 1-2 мм.

3. Зафіксувавши положення індикатора, поворотом обідка встановити шкалу в нульове положення. Піднімаючи

і опускаючи вимірювальний стержень за головку, перевіряють постійність показів індикатора. Якщо існує відхилення стрілки від нуля, настроювання повторюють.

4. Повертаючи деталь, зафіксувати найбільші (крайні) відхилення стрілки 9.

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити конструкцію індикатора годинникового типу та визначити його метрологічні показники.

3. Виміряти лінійні розміри деталі, результати записати у таблицю 1.

4. Закріпити деталь у центрах, індикатор – у стійці.

5. Виміряти радіальне та торцеве биття, результати записати у таблицю 1.

6. Накреслити ескіз деталі і нанести розміри.

Таблиця 1

Результати вимірювань та обчислень

№ з/п	Параметр	Од. виміру	Перша ступінь	Друга ступінь
1	Діаметр	мм		
2	Довжина	мм		
3	Радіальне биття	мм		
4	Торцеве биття	мм		

### Контрольні запитання

1. Що таке радіальне та торцеве биття?
2. Призначення, будова та принцип дії приладу.
3. Визначення радіального та торцевого биття.

## Лабораторна робота № 4

### БУДОВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ КУТОМІРІВ

**Мета роботи:** ознайомитись з призначенням, будовою, метрологічними характеристиками кутомірів та отримати практичні навички по вимірюванню кутів.

**Забезпечення роботи:** кутомір ноніусний типу УМ, набір деталей.

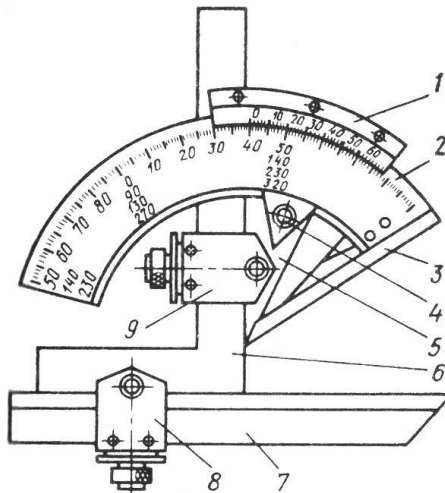
### Теоретичні відомості

Для безпосереднього вимірювання кутових розмірів використовуються механічні та оптичні кутомірні прилади.

Кутоміри ноніусні типу УН застосовують для вимірювання зовнішніх та внутрішніх кутів, типу УМ – для контролю зовнішніх кутів.

Кутомір типу УН (рис. 1) складається з основи 2 з кутовою шкалою, яка має діапазон показів  $90^\circ$  і ціну поділки  $C = 1^\circ$ . На основі 2 закріплена основна лінійка 3 і рухомий сектор 5 з ноніусом 1. Стопорний гвинт 4 фіксує сектор в необхідному положенні.

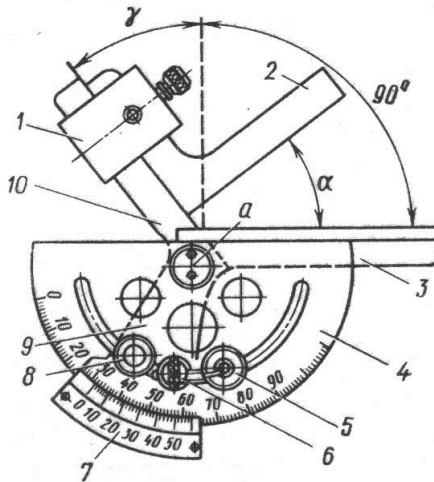
За допомогою державки 9 до сектора можна прікріпити кутник 6, до якого державкою 8 можна під'єднати знімну лінійку 7. Останню можна встановлювати на сектор 5. В повністю зібраному вигляді кутомір дозволяє вимірювати кути від  $0^\circ$  до  $50^\circ$ . Для контролю кутів в діапазоні  $50^\circ \dots 140^\circ$  кутник 6 знімається і замість нього в державку 9 встановлюється лінійка 7. При вимірюванні кутів від  $140^\circ$  до  $230^\circ$  в державці 9 кріпиться кутник 6 із знятою державкою 8. Вимірювання кутів в діапазоні  $230^\circ \dots 320^\circ$  виконується без лінійки 7 і кутника 6 між площинами сектора 5 і основної лінійки 3. Повний діапазон вимірювань кутоміра УН складає  $0^\circ \dots 320^\circ$ .



1 – ноніус, 2 – основа, 3 – основна лінійка, 4 – стопорний гвинт, 5 – сектор, 6 – знімний кутник, 7 - знімна лінійка, 8 і 9 – державки

Рис. 1. Кутомір Семенова (тип УН)

Кутомір типу УМ (рис. 2) складається з основи 4 з кутковою шкалою з діапазоном показів  $90^\circ$ . До основи жорстко прикріплена знімна лінійка 3. Рухома лінійка 10 виконана заодно з сектором 9, на якому прикріплений ноніус 7. Сектор повертається навколо осі «а» і фіксується стопорним гвинтом 8. На рухомій лінійці 10 за допомогою державки 1 може бути встановлений кутник 2. Для точного встановлення ноніуса сектор переміщують мікрогвинтом 6, застопоривши гвинт 5, обертається на осі разом з ноніусом 6, який має вузол мікропередачі 5.



- 1 – державка; 2 – кутник; 3 – лінійка; 4 – основа;  
 5 – мікропередача; 6 – мікрогвинт; 7 - ноніус; 8 - стопорний гвинт; 9 - сектор; 10 - рухома лінійка

Рис. 2. Кутомір Кушнікова (тип УМ)

Кутомір дозволяє вимірювати зовнішні кути від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . Контроль кутів в діапазоні  $0^\circ \dots 90^\circ$  виконується при встановленому кутнику 2, а кути понад  $90^\circ$  – без кутника. В останньому випадку до відліку по шкалі кутоміра необхідно додавати  $90^\circ$ . Принцип конструювання і розрахунку кутових і лінійних ноніусів, а також відлік по них однакові, тобто число хвилин визначається за штрихом ноніуса, який збігається зі штрихом основної шкали.

### Порядок виконання роботи

1. Вивчити будову кутомірів.
2. Встановити номінальні величини кутів деталі.
3. Виміряти дійсні величини кутів деталі, що контролюється.
4. Результати записати у таблицю 1.
5. Визначити відхилення дійсних значень кутів від

номінальних.

6. Виконати ескіз деталі та нанести значення дійсних кутів.

7. Побудувати графік накопичення похибок на кутові величини.

Таблиця 1

Результати вимірювань та обчислень

№ з/п	Позначення кута	Номінал. розмір кута град.	Дійсний розмір кута град.	Відхилення	Сумарна похибка
1	1				
	2				
	3				
	4				
2	1				
	2				
	3				
	4				
	5				
	6				

**Контрольні запитання**

1. Призначення кутомірів УН, їх метрологічні показники.

2. Будова кутомірів.

3. В чому полягає перевірка кутомірів?

4. Порядок виконання вимірів кутових величин кутомірами.

5. Принцип дії відлікового пристрою кутомірів.

## Лабораторна робота № 5

### ВИМІРЮВАННЯ ТА КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ РІЗЬБИ

**Мета роботи:** ознайомитись з найбільш поширеними методами і засобами контролю параметрів різьби.

**Забезпечення роботи:** різьбовий мікрометр з набором вставок, різьбові шаблони, набір каліброваних дротинки, мікрометр гладкий, різьбові вироби з зовнішньою метричною різьбою.

### Теоретичні відомості

При вимірюванні параметрів різьби гвинтів використовують різьбові мікрометри зі вставками для вимірювання середнього діаметра, дротинки і ролики для непрямого вимірювання середнього діаметра різьби, різьбові скоби з відліковим пристроєм для контролю зовнішньої різьби діаметром 10-30 мм, крокоміри і індикаторні прилади для контролю зовнішніх різьб з кроком від 0,4 до 6 мм.

Різьбові шаблони /різьбоміри/ являють собою набори плоских шаблонів з профілями метричних і дюймових різьб різних кроків. Застосовуються для визначення номінального кроку шляхом підбору шаблону, який щільно прилягає до профілю різьби з невідомим кроком. Схема вимірювання показана на рис. 1.

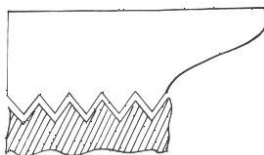
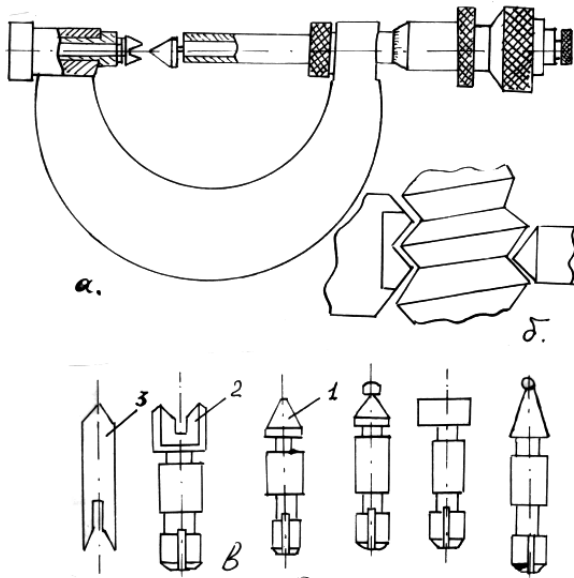


Рис. 1. Схема визначення кроку різьби різьбовими шаблонами

Різьбовий мікрометр з набором вставок (рис. 2) дозволяє виміряти середній діаметр різьби безпосередньо



в процесі її виготовлення. Метод вимірювання прямий, абсолютний, контактний. Границі вимірювання від 0 мм до 350 мм з інтервалом 25 мм.



а) прилад; б) схема встановлення на різьбу; в) 1 - конічна вставка, 2 - призматична вставка, 3 - установочна міра  
Рис. 2. Мікрометр зі вставками

Мікрометри зі вставками відрізняються від гладких мікрометрів наявністю в п'ятці і в кінці мікрогвинта глухих отворів діаметром 3,5 Н7. Щоб вставка не випадала з отвору, хвостова частина її розрізана і злегка розведена для утворення натягу в посадці. Види вставок приведені на рис. 2 (в). Конічну вставку 1 вставляють в отвір мікрогвинта, призматичну 2 – в отвір п'ятки. Кожну пару вставок вибирають відповідно до кроку контрольованого розміру за маркуванням вставок і таблицею, що знаходиться у футлярі.

При відведеній призматичній вставці переміщенням мікрогвинта встановлюють мікрометр на нуль. П'ятка з призматичною вставкою переміщається за допомогою гайок, розташованих з обох сторін п'ятки, до контакту з конусною вставкою (при границях вимірювання від 0 до 25 мм). До мікрометрів з різьбовими вставками з границею вимірювання понад 25 мм додаються плоскі установчі міри з відповідним кутом профілю. Схема вимірювання показана на рис. 2 (б).

Більш точним методом вимірювання середнього діаметра є непрямий метод, так званих, трьох каліброваних дротинок (рис. 3).

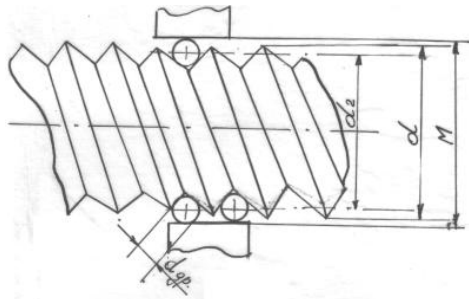


Рис. 3. Схема вимірювання середнього діаметра методом трьох дротинок

Вимірювальні дротинки – вироби з циліндричною поверхнею встановленого діаметра, застосовуються для вимірювання середнього діаметра зовнішньої різьби. Оскільки згідно даних стандартів граничні відхилення діаметра не повинні перевищувати  $\pm 0,5$  мкм, то при точному вимірі розміру « $M$ » (рис. 3), наприклад, на довжиномірі або оптичному мірному пристрої цей метод вимірювань значно точніший ніж при використанні різьбового мікрометра.

За розміром кроку різьби, встановленого різьбовим шаблоном (рис. 1), найвигідніший діаметр дротинок підбирають по даним стандартів або підраховують за формулою:

$$d_{\partial p} = \frac{P}{1,732} \quad (5.1)$$

де  $P$  – крок різьби, мм.

Дротинки закладаються у впадини різьби так, щоб дві дротинки лежали на столику приладу, а третя розміщувалась у верхній частині різьби. Таким чином, при дотику площини вимірювального наконечника з верхньою дротинкою вимірюється розмір « $M$ » (рис. 3)

Для метричної різьби значення середнього діаметра різьби визначається за формулою:

$$d_2 = M - 3d_{\partial p} + 0,866P \quad (5.2)$$

Довжини згвинчування різьб поділяються на три групи:  $S$  /малі/,  $N$  /нормальні/,  $L$  /великі/. Величини довжин згвинчування залежно від кроку і номінального діаметру різьби наведені в стандартах. Допуск різьби, при відсутності особливих застережень, належить до найбільшої нормальної довжини згвинчування або до всієї довжини різьби, якщо вона менша за найбільшу нормальну довжину згвинчування.

Довжина згвинчування, до якої належить допуск різьби, при необхідності повинна бути обумовлена в технічних вимогах або вказана в позначенні різьби в наступних випадках:

- а) якщо вона належить до групи « $L$ »;
- б) якщо вона належить до групи « $S$ », але менша, ніж вся довжина різьби.

Допуски середнього діаметра (згідно даних стандартів) є сумарними і обмежують суму відхилень, власне, середнього діаметра, кроку і половини кута профілю різьби. Відповідно до цього і контролюють циліндричні різьбові деталі, як правило, комплексним

методом, наприклад, за допомогою різьбових калібрів. Цей метод ґрунтується на одночасному контролі середнього діаметра, кроку і половини кута профілю, а також внутрішнього і зовнішнього діаметрів різьби шляхом порівняння дійсного контуру різьбової деталі з граничними.

Диференційований метод контролю застосовують в тому випадку, коли допуски задано окремо на кожний параметр різьби. При цьому перевіряють, власне, середній діаметр, крок і половину кута профілю. Висновок про придатність роблять по кожному параметру окремо. Цей метод складний, трудомісткий, а тому використовується головним чином для контролю точних різьб: калібрів-пробок, різьбоутворюючого інструмента і т.п. Окремі параметри перевіряють у шпильок, а також в інших деталях при дослідженні причин браку і наладці технологічного процесу. Його можна застосовувати і тоді, коли допуск на середній діаметр є сумарним допуском. Придатність різьбового виробу в цьому випадку визначають по приведеному середньому діаметру різьби, рівному значенню, власне, середнього діаметра, збільшеному для зовнішньої різьби (або зменшеному для внутрішньої різьби) на сумарну діаметральну компенсацію відхилень кроку і половини кута профілю.

### **Порядок виконання роботи**

1. Визначити номінальний крок контрольованої різьби за допомогою різьбових шаблонів, результат внести.

2. Визначити дійсний зовнішній діаметр різьби за допомогою гладкого мікрометра.

3. Встановити відхилення зовнішнього діаметра:

$\Delta d = d_{\text{вум}} - d$  ( $d_{\text{вум}}$  – зовнішній діаметр різьби вимірний мікрометром).

4. За кроком і дійсним діаметром (див. стандарт) встановити номінальний діаметр контрольованої різьби. Номінальним діаметром циліндричної різьби є зовнішній діаметр зовнішньої різьби « $d$ ».

5. Встановити номінальний середній діаметр « $d_2$ » різьби (див. стандарт).
6. Підібрати відповідні номери вставок і виміряти значення середнього діаметра « $d_2$ » різьбовим мікрометром.
7. За заданим ступенем точності і полем допуску для зовнішнього діаметра визначити відхилення зовнішнього діаметра різьби (див. стандарт).
8. Підібрати за ф-лою (5.1) або за даними стандартів найбільш вигідний діаметр вимірювальних дротинок.
9. Виміряти мікрометром гладким розмір « $M$ ».
10. Визначити за формулою (5.2) дійсне значення середнього діаметра « $d_2$ ».
11. За заданим ступенем точності і полем допуску для середнього діаметра визначити відхилення середнього діаметра різьби (див. стандарт).
12. Залежно від номінального діаметра різьби, кроку « $P$ » встановити найбільшу нормальну довжину згвинчування « $N_{max}$ » (див. стандарт).
13. Результати вимірювань записати в табл. 1.
14. Зробити висновки по роботі.

### **Контрольні питання**

1. Назвіть основні параметри різьби.
2. Особливості диференційованого контролю різьби.
3. Особливості комплексного контролю різьби.
4. Методика вимірювань середнього діаметра різьби за допомогою трьох дротинок.
5. Будова і налагодження різьбового мікрометра.
6. Що являє собою середній діаметр різьби?
7. Характеристики довжини згвинчування.

Таблиця 1

## Результати вимірювань

Назва елементів, що підлягають визначенню	Інструменти та література	Значення шуканого елемента
Крок різьби	різьбові шаблони	$P =$
Зовнішній діаметр	мікрометр гладкий	$d_{вим} =$
Номинальний діаметр	Стандарти	$d =$
Табличний середній діаметр	Стандарти	$d_2 =$
Дійсний середній діаметр	мікрометр різьбовий	$d_{2вим} =$
Відхилення зовнішнього діаметра	$\Delta d = d_{вим} - d$	$\Delta d =$
Відхилення по зовнішньому діаметру	Стандарти	$es =$ $ei =$
Найбільш вигідний діаметр дротинки	Стандарти формула 5.1	$d_{dp} =$
Розмір М	мікрометр гладкий	$M =$
Середній діаметр, визначений методом трьох дротинки	формула 5.2	$d_{2вим} =$
Найбільша нормальна довжина згвинчування	Стандарти	$N_{max} =$
Відхилення по середньому діаметру	Стандарти	$es =$ $ei =$

## Лабораторна робота № 6

### ПРИЛАДИ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ І КОНТРОЛЮ ЕЛЕМЕНТІВ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

**Мета роботи:** ознайомитись з будовою і принципом дії приладів для вимірювання елементів зубчастих коліс, освоїти методику контролю параметрів зубчатих коліс за допомогою цих приладів.

**Забезпечення роботи:** тангенціальний зубомір, штангензубомір, набір зубчастих коліс для контролю.

### Теоретичні відомості

Об'єктом вимірювання являються евольвентні циліндричні зубчасті колеса з модулем ( $m > 1$  мм). Точність евольвентних зубчастих передач являється одним із показників їх якості і регламентується стандартами. Стандарт охоплює колеса для передачі зовнішнього зачеплення з прямими, косими і шевронними зубами, діаметром дільного кола до 6300 мм, модулем від 1 до 55 мм, шириною вінця до 1250 мм.

Точність виготовлення зубчастих коліс і передач впливає на чотири важливих експлуатаційних властивості:

1) безвідмовність, яка пов'язана з гарантованим бічним зазором « $j_{nmin}$ »;

2) кінематичну точність зубчастої передачі, яка визначається кінематичною погрішністю;

3) плавність роботи;

4) повноту контактів зубів спряжених коліс.

За точністю виготовлення зубчастого колеса передачі поділяються на 12 ступенів точності (від 1 до 12 – в порядку зменшення точності).

Характер спряження зубів коліс в передачі визначається бічним зазором – зазором між неробочими профілями зубів спряжених коліс, який забезпечує вільне повертання одного з коліс при іншому нерухомому. Він

необхідний для створення нормальних умов роботи, змащування зубів, компенсації похибок виготовлення, монтажу і температурної деформації передачі.

Системою допусків на зубчасті передачі встановлюється гарантований бічний зазор « $j_{nmin}$ », його величина визначається товщиною зубів, міжосьовою відстанню в передачі і експлуатаційними умовами.

Незалежно від ступеня точності коліс і передач стандартом встановлено 6 видів спряжень: *A, B, C, D, E, H* (в порядку зменшення « $j_{nmin}$ ») і 8 видів допусків на бічний зазор: *x, y, z, a, b, c, d, h* (в порядку зменшення допуску).

Показники точності зубчатих коліс можна розділити на поелементні і комплексні.

До поелементних належать: зміщення вихідного контуру, товщина зуба, довжина загальної нормалі, окружні й основні кроки, радіальне биття, похибка профілю.

До комплексних показників відносяться кінематична погрішність (загальна і місцева) та вимірювальна міжосьова відстань. Комплексні показники, на відміну від поелементних, характеризують точність зубчастих коліс і передач в умовах більш близьких до експлуатаційних.

Відповідно до цього розрізняють поелементні методи і засоби, які контролюють окремі елементи зубчастих коліс, і комплексні, що визначають значення показників у комплексі, в сукупності і взаємозв'язку. Очевидно, що методи й засоби комплексного контролю дозволяють з більшою повнотою і достовірністю, ніж засоби поелементного контролю, одержати інформацію про експлуатаційні властивості зубчастої передачі.

Охарактеризуємо основні прилади для поелементного контролю зубчастих коліс – засоби вимірювання зміщення вихідного контуру і товщини зуба.

Прямий контроль бічного зазору можливий тільки в зібраній передачі. Тому його замінюють контролем зміщення вихідного контуру, товщини зуба й іншими показниками, що характеризують бічний зазор. Поелементний контроль у цьому випадку виконується за

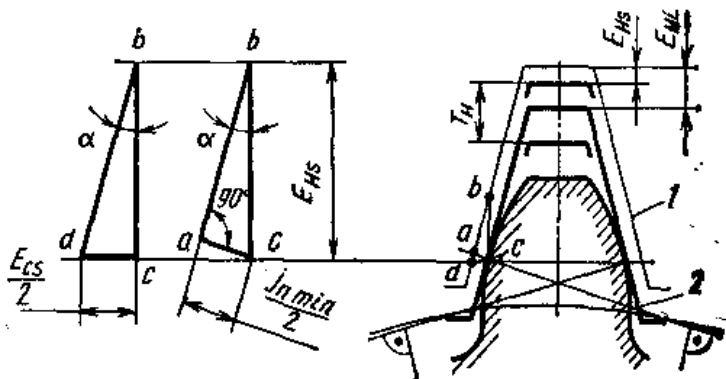


допомогою таких приладів й інструментів: тангенціальних зубомірів, штангензубомірів, індикаторних зубомірів, зубомірних мікрометрів, зубомірних важільних мікрометрів, індикаторних нормалемірів.

При комплексному контролі використовуються прилади для контролю вимірювальної міжосьової відстані (міжцентроміри).

Похибки виготовлення й монтажу коліс враховують при визначенні найбільшого бічного зазору. Різниця між найбільшим і гарантованим зазорами повинна бути достатньою для компенсації похибок виготовлення й монтажу коліс.

Бічний зазор отримують завдяки радіальному зміщенню вихідного контуру рейки (зуборізного інструмента) від його номінального положення в тілі колеса (рис. 1).

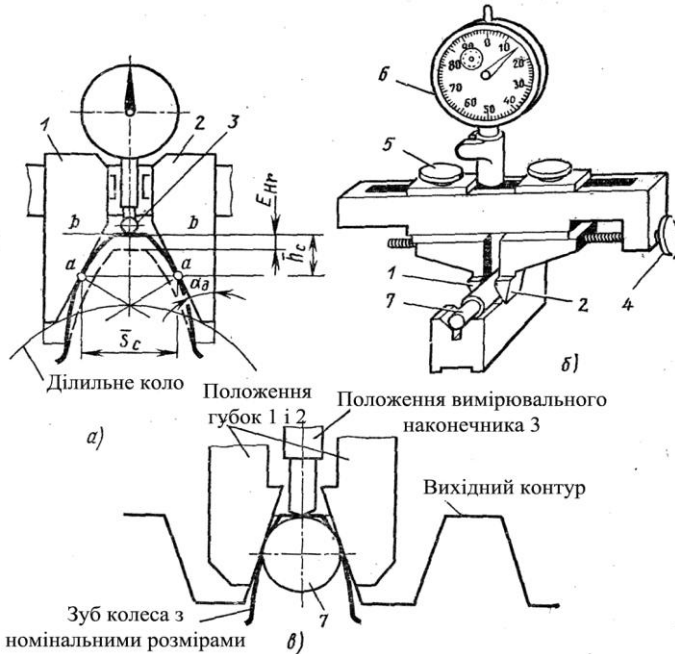


1-номінальне положення; 2-дійсне положення  
Рис. 1. Вихідний контур

Під номінальним положенням вихідного контуру розуміють положення вихідного контуру на зубчастому колесі, без похибок, при якому номінальна товщина зуба відповідає щільному двохпрофільному зачепленню.

Додаткове зміщення вихідного контуру  $E_{Hr}$  від його номінального положення в тіло зубчастого колеса здійснюють для забезпечення в передачі гарантованого бічного зазору. Найменше додаткове зміщення вихідного контуру призначають залежно від ступеня точності за нормами плавності й виду спряження і позначають для зубчастих коліс із зовнішніми зубами -  $E_{Hs}$ . Допуск  $T_H$  на додаткове зміщення вихідного контуру встановлений залежно від допуску на радіальне биття  $F_r$  і виду з'єднання.

Для контролю зміщення вихідного контуру і довжини постійної хорди існують тангенціальні зубоміри (рис. 2).



а) схема приладу; б) прилад; в) схема налаштування приладу  
Рис. 2. Тангенціальний зубомір

Зубомір складається з корпусу, закріпленого в ньому індикатора 6, вимірювальних губок 1 і 2 та гвинта 4. Обидві губки розміщені в пазах корпусу і з'єднані між собою гвинтом 4. На одній половині гвинта нарізана права, а на іншій – ліва різьба, тому, при обертанні гвинта, губки переміщуються по пазах корпусу назустріч або в різні сторони, але завжди розташовуються симетрично осі індикатора. Гвинтами 5 губки фіксуються.

Вимірювальні площини губок 1 і 2 нахилені до вертикальної осі під кутом  $\alpha_0 = 20^\circ$  і разом з дотичною  $bb$  до окружності виступів відтворюють номінальний вихідний контур зубчастої рейки (рис. 2, а і в). На цьому засноване налаштування зубоміра на заданий розмір і контроль зубоміром. Налаштування зубоміра (рис. 2, а і б) полягає в тому, що по точному роликові 7 або по еталонних призмах вимірювальні площини губок 1 і 2 та вимірювальний наконечник 3 індикатора встановлюють по розмірах  $S_c$  і  $h_{c,}$ , які відповідають розмірам номінального контуру вимірюваного зуба (потовщені лінії на рис. 2, а і в). Зубомір губками встановлюють на ролик. Відстань між губками регулюють обертанням гвинта 4 таким чином, щоб стрілка індикатора зробила один-два оберти. Потім положення губок фіксують гвинтами 5 і індикатор встановлюють на нуль. При вимірюванні зубомір встановлюють губками на вимірюваний зуб і легко погойдують навколо осі колеса.. Додатні відхилення стрілки вказують на зменшення товщини зуба, а від'ємні – на збільшення товщини.

Тангенціальні зубоміри порівняно зі штангензубомірами відрізняються досконалістю методу виміру, більшою точністю вимірів і довговічністю вимірювальних елементів.

Товщина зуба (колова), виміряна по ділильному колу, дорівнює половині колового кроку:  $S_t = 0,5P_t$ . Однак частіше шукають не товщину зуба, а довжину постійної хорди  $S_c$  (рис. 2, а). Постійна хорда зуба  $S_c$  рівна відрізку прямої, що з'єднує точки «а» правої й лівої евольвентних бічних поверхонь зуба циліндричного зубчастого колеса.

Положення цих точок визначається нормальми, проведеними до бічних поверхонь зуба із точками перетину ділильної окружності зубчастого колеса з віссю зуба. Номінальна величина товщини зуба визначають:

$$S_c = m \left( \frac{\pi}{2} \cos^2 \alpha + x \sin 2\alpha \right) \quad (6.1)$$

де  $x$  – коефіцієнт корегування;  $m$  - модуль зубчастого колеса;  $\alpha$  - кут зачеплення (для некорегованого колеса  $S_c = 1,387m$ ).

Висоту від кола виступів до постійної хорди визначають за формулою:

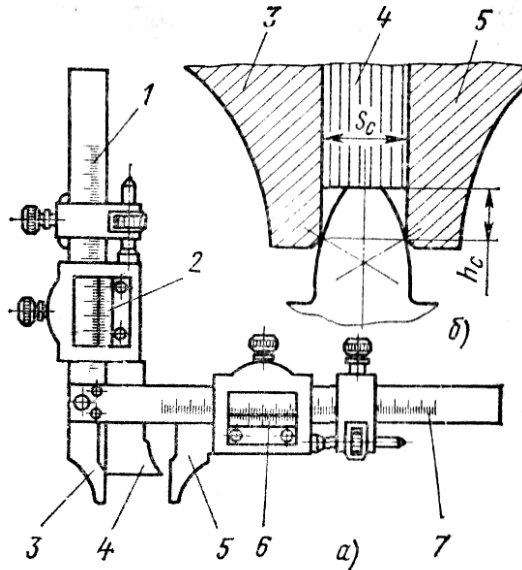
$$h_c = h_a - \left( \frac{\pi}{8} \sin 2\alpha + x \sin^2 \alpha \right) m \quad (6.2)$$

де  $h_a$  – висота головки зуба (для нормальних коліс  $h_a = m$ ).

Для некорегованих коліс  $h_c = 0,7476m$ .

Граничні значення товщини зуба по постійній хорді нормуються найменшим відхиленням товщини зуба  $E_{es}$  і допуском на товщину зуба  $T_c$ .

Товщину зуба по постійній хорді можна вимірювати штангензубоміром, що має дві шкали (рис. 3, а). По шкалі 1 встановлюють висоту  $h_c$ , а по шкалі 7 – визначають довжину постійної хорди  $S_c$ . Перед вимірюванням хорди упор 4 встановлюють по шкалі 1 і по ноніусу 2 на розмір  $h_c$  і фіксують у цьому положенні. Схема вимірювання довжини хорди приведена на рис. 3, б.



а) прилад; б) схема вимірювання  
Рис. 3. Штангензубомір

Розмір хорди визначають по шкалі 7 і ноніусу 6. Штангензубоміри, що забезпечують точність відліку до 0,02 мм, випускають двох типорозмірів: для виміру зубчастих коліс із модулем від 1 до 18 мм і від 5 до 36 мм. До їхніх недоліків належать низька точність вимірювання, швидке зношування країв вимірювальних губок 3 і 5, вплив на результати виміру похибки установки упору 4 і діаметра окружності виступів.

### Порядок виконання роботи

1. Вимірювання величини додаткового зміщення вихідного контуру зубчастого колеса

1.1. Відповідно до модуля контрольованого зубчастого колеса обрати установчий ролик, помістити його на призмі і встановити вимірювальні губки індикатора у задане положення.

1.2. Виміряти додаткове зміщення вихідного контуру на чотирьох зубах.

1.3. В стандартах знайти найменшу величину додаткового зміщення вихідного контуру  $E_{HS}$  і допуск  $T_H$ .

1.4. Встановити вид спряження і вид допуску на бічний зазор.

1.5. Результати вимірювань і отримані результати записати в таблицю 1.

2. Вимірювання товщини зуба

2.1. Знайти значення установочного розміру  $h_c = 0,7476m$  і встановити цей розмір на вертикальній штанзі штангензубоміра.

2.2. Визначити дійсне значення товщини зуба  $S_{од}$ .

2.3. Визначити номінальну товщину зуба  $S_c = 1,387m$ .

2.4. Визначити відхилення товщини зуба  $E_{er}$ .

2.5. В стандартах знайти відповідні значення найменшого відхилення товщини зуба  $E_{es}$  і допуск на товщину зуба  $T_c$ . Встановити вид спряження і вид допуску на бічний зазор.

2.5. Результати вимірювань і отримані результати записати в таблицю 2.

### Контрольні запитання

1. Нормування точності і види спряжень зубчастих коліс.

2. Для чого і як здійснюється зміщення вихідного контуру?

3. Як визначається товщина зуба і що від неї залежить?

4. Призначення і будова тангенціального зубоміра.

5. Призначення і будова штангензубоміра.

Таблиця 1

## Додаткове зміщення вихідного контуру

Характеристика об'єкта вимірювання	$E_{нг}$ , мкм	$E_{нс}$ , мкм	$T_n$ , мкм	Вид спряження, вид допуску на бічний зазор
$m =$				

Таблиця 2

## Товщина зуба

Характеристик а об'єкта вимірювання	$S_c$ , мм	$E_{ег}$ , мкм	$E_{ес}$ , Мкм	$T_n$ , мкм	Вид спряження, вид допуску на бічний зазор
$m =$					
$\alpha =$					
$h_c =$					
$S_{c ном} =$					

## Рекомендована література

1. Пахаренко В.Л., Марчук М.М., Глінчук В.М., Ігнатюк Р.М., Пахаренко О.В., Івасюк П.І. «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання». Навчальний посібник. НУВГП, Рівне, 2014. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/7530/>
2. Пахаренко В.Л., Марчук М.М., Івасюк П.І. «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання». Лабораторний практикум. НУВГП, Рівне, 2012. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/1888/>
3. Пахаренко В.Л., Пікула М.В. Цільова комплексна програма єдиної безперервної підготовки студентів у галузі стандартизації, метрології та управлінні якістю продукції, 032-125. Рівне, РДТУ, 2000. 14с.
4. Іванов Г. О. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум : підруч. для студ. вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шибанін, Д. В. Бабенко, Полянський П.М.; за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна. Миколаїв : МНАУ, 2016. 428 с.
5. Івщенко Л.Й. Взаємозамінність, стандартизація та метрологічне забезпечення технічних вимірювань: навч. посібник [для вищих навчальних закладів]/Л.Й. Івщенко, В.В. Петрикін, С.І. Дядя, Б.М. Левченко; під заг. ред. Л.Й.Івщенко. Запоріжжя, Вид. комплекс ВАТ «Мотор Січ», 2010. 451 с.
6. Базієвський С.Д., Дмитришин В.В. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Підручник. К.: Либідь, 2004. 504 с.
7. Набродов В.С. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Київ : Літера ЛТД, 2019. 224 с.