

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання лабораторної роботи**

**«Контроль шорсткості поверхні»**

**з дисциплін «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»,  
«Метрологія і стандартизація», «Метрологія, стандартизація і  
сертифікація», «Метрологія, стандартизація, сертифікація і акредитація»,  
«Метрологічне забезпечення якості», «Сертифікація і метрологічне  
забезпечення якості», «Метрологія і основи вимірювань»**

Харків 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторної роботи

«Контроль шорсткості поверхні»

з дисциплін «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»,  
«Метрологія і стандартизація», «Метрологія, стандартизація і сертифікація»,  
«Метрологія, стандартизація, сертифікація і акредитація», «Метрологічне  
забезпечення якості», «Сертифікація і метрологічне забезпечення якості»,  
«Метрологія і основи вимірювань»

Затверджено  
редакційно-видавничою  
радою університету,  
протокол № 1 від 28.01.2022 р.

Харків  
НТУ «ХП»  
2022

Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Контроль шорсткості поверхні» з дисциплін «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання», «Метрологія і стандартизація», «Метрологія, стандартизація і сертифікація», «Метрологія, стандартизація, сертифікація і акредитація», «Метрологічне забезпечення якості», «Сертифікація і метрологічне забезпечення якості», «Метрологія і основи вимірювань» / Уклад.: Н. В. Козакова. – Харків : НТУ «ХП», 2022. – 23 с.

Укладач Н. В. Козакова

Рецензент В. О. Федорович

Кафедра «Інтегровані технології машинобудування» ім. М. Ф. Семка

## Вступ

Точність виготовлення виробів визначається комплексом показників, одним з яких, є шорсткість поверхонь. Шорсткість – це сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, які утворюються при її обробці. Метою роботи є практичне ознайомлення з методами контролю шорсткості поверхні та параметрами шорсткості.

### 1. Загальні положення

Шорсткість поверхонь є важливим параметром, який суттєво впливає на експлуатаційні властивості деталей і обов'язково нормується на кресленнях. Кількісно шорсткість поверхні визначається через параметри шорсткості, які встановлюються незалежно від способу обробки поверхні. Терміни та визначення, що стосуються шорсткості поверхні, встановлено ДСТУ 2413-94, ДСТУ 2409-94.

*Шорсткість поверхні* – це сукупність нерівностей профілю з відносно малими кроками, виділена, наприклад, за допомогою базової довжини.

*Базова довжина  $l$*  – довжина базової лінії, що використовується для відокремлення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні. Базова довжина задається конструктором із стандартного ряду : 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм.

*Базова лінія (поверхня)* – лінія (поверхня) заданої геометричної форми, яку проведено певним чином відносно профілю задля оцінювання параметрів шорсткості поверхні.

Шорсткість поверхні оцінюється за нерівностями реального профілю. Нерівність профілю – це виступ профілю та спряжена з ним западина профілю.

*Виступ профілю* – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точки перетину його з середньою лінією профілю направлена із тіла.

*Западина профілю* – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точки перетину його з середньою лінією профілю направлена в тіло.

Виступ і сусідні з ним западини формують нерівності профілю.

Нормування шорсткості поверхонь базується на системі відліку для оцінювання параметрів шорсткості, в якій за базову лінію вибрано середню лінію профілю.

Середня лінія профілю  $m-m$  – базова лінія, яка має форму номінального профілю (поверхні) та ділить реальний профіль так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю від цієї лінії мінімально (рис. 1):

$$\int_0^l y_i^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $y_i$  – відхилення профілю, що є вістанню між будь-якою точкою профілю і середньою лінією, виміряною за нормаллю.

*Місцевий виступ профілю* – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми мінімумами профілю.

*Місцева западина профілю* – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми максимумами профілю.

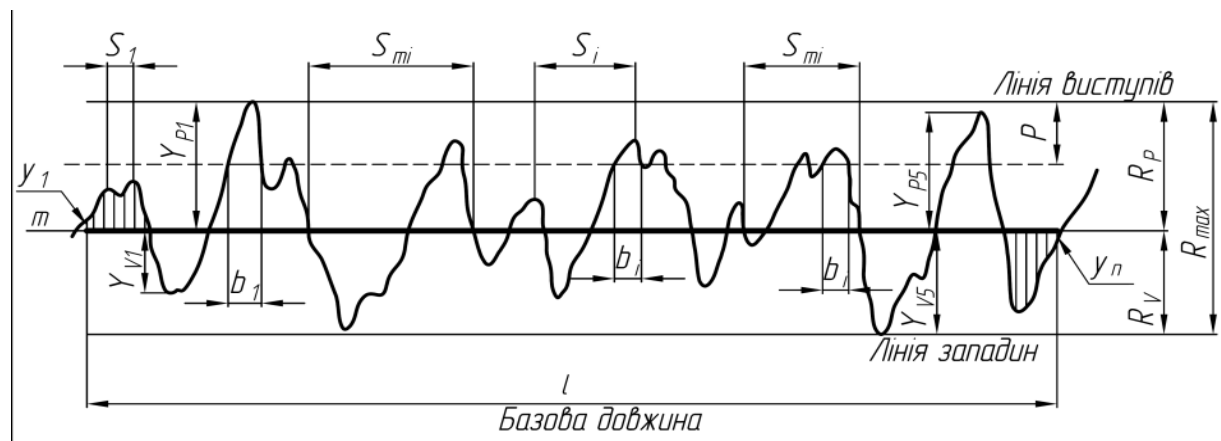


Рисунок 1 – Профілограма поверхні

*Лінія виступів профілю  $R_p$*  – лінія, що проходить через найвищу у межах базової довжини точку профілю еквідистантно середній лінії.

*Лінія западини профілю  $R_v$*  – лінія, що проходить через нижчу у межах базової довжини точку профілю еквідистантно середній лінії.

*Рівень перетину профілю  $r$*  – відстань між лінією виступів профілю та лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів профілю.

## 2. Параметри шорсткості поверхні

Параметри шорсткості поверхні (один чи декілька) вибирають з трьох груп: висотні параметри, параметри в напрямку довжини профілю і параметри, які зв'язані з формою нерівностей профілю. Відповідно до ДСТУ 2413-94, ГОСТ 2789-73 регламентуються 6 основних параметрів

шорсткості поверхні, для яких встановлено числові значення і граничні відхилення:

$Ra$  – середнє арифметичне відхилення профілю;

$Rz$  – висота нерівностей профілю за десятьма точками;

$R_{max}$  – найбільша висота нерівностей профілю;

$S_m$  – середній крок нерівностей профілю;

$S$  – середній крок місцевих виступів профілю;

$tr$  – відносна опорна довжина профілю.

#### Параметри, які зв'язані з висотними властивостями нерівностей

*Середнє арифметичне відхилення профілю  $Ra$*  – середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$Ra = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx, \quad (2)$$

або за дискретного способу оцінювання:

$$Ra \approx \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n |y_i|, \quad (3)$$

де  $y_i$  – відхилення профілю у вибраних (дискретних) точках (рис. 1)

$n$  – кількість дискретних відхилень профілю;

$l$  – базова довжина.

Цей параметр є переважнішим за інші, оскільки охоплює велику кількість точок профілю.

*Висота нерівностей профілю за десятьма точками  $Rz$*  – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших западин профілю у межах базової довжини:

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}, \quad (4)$$

де  $y_{pi}$  – висота  $i$ -го найбільшого виступу профілю (рис. 1);

$y_{vi}$  – глибина  $i$ -ї найбільшої западини профілю (рис. 1).

*Найбільша висота нерівностей профілю  $R_{max}$*  – відстань між лінією виступів і лінією западин профілю (рис. 1).

Параметри, які зв'язані з властивостями нерівностей  
у напрямку довжини профілю

*Середній крок нерівностей профілю  $S_m$*  – середнє значення кроку нерівностей профілю у межах базової довжини:

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi}, \quad (5)$$

де  $S_{mi}$  – крок нерівностей профілю – відрізок середньої лінії профілю, що обмежує нерівність профілю (рис. 1);

$n$  – кількість кроків нерівностей профілю на базовій довжині.

*Середній крок місцевих виступів профілю  $S$*  – середнє значення кроку місцевих виступів профілю у межах базової довжини:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (6)$$

де  $S_i$  – крок місцевих виступів профілю – відрізок середньої лінії між проєкціями на неї найвищих точок сусідніх місцевих виступів профілю (рис. 1);

$n$  – кількість місцевих виступів профілю на базовій довжині.

Числові значення параметрів шорсткості  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$ ,  $S_m$ ,  $S$ , (найбільші, номінальні або діапазони значень) вибираються у відповідності до ГОСТ 2789-73, їх наведено у додатках А.1, А.2, А.3, А4.

Параметри, пов'язані з формою нерівностей профілю

*Відносна опорна довжина профілю  $t_p$*  – відношення опорної довжини профілю до базової довжини  $l$ :

$$t_p = \frac{\eta_p}{l}, \quad (7)$$


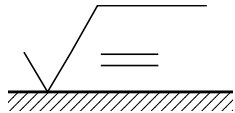

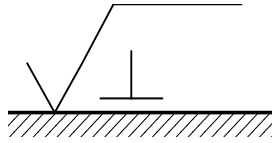
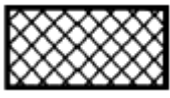
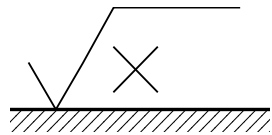
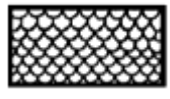
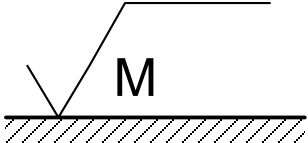

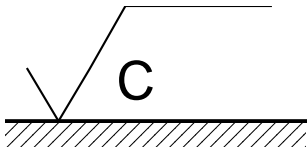
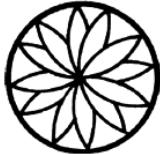
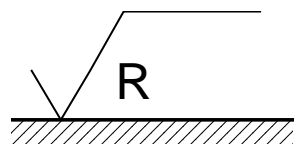
де  $\eta_p$  – опорна довжина профілю – сума довжин відрізків  $b_i$ , що відсікаються на заданому рівні перетину профілю  $p$  деталі лінією, еквідистантною середній лінії, в межах базової довжини (рис. 1):

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i. \quad (8)$$

Рівень перетину  $p$  вимірюється від лінії виступів та визначається у відсотках від  $Rmax$  із стандартних значень: 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 % (додаток А4). Числові значення відносної опорної довжини профілю  $t_p$  (найбільші, номінальні або діапазони значень) вибираються у відповідності до ГОСТ 2789-73, їх наведено у додатку А4.

За необхідності, додатково до параметрів шорсткості поверхні встановлюються вимоги до напрямку нерівностей поверхні, до способу або послідовності способів обробки поверхні. Типи напрямків нерівностей поверхні вибираються з таблиці 1.

Таблиця 1 – Напрямки мікронерівностей профілю

Схематичне зображення	Позначення напрямку ризок на кресленні	Напрямок нерівностей
		Паралельний напрям
		Перпендикулярний напрям
		Напрямок, що перехрещується
		Довільний напрям
		Круговий напрям
		Радіальний напрям

### 3. Структура і знаки позначення шорсткості поверхні

Шорсткість поверхні позначається відповідно до ГОСТ 2.309–73 з урахуванням зміни № 3 від 28.05.2002.

Шорсткість поверхонь позначають на кресленні для всіх поверхонь виробів, які виконуються за даним кресленням, незалежно від методів їх утворення, крім поверхонь, шорсткість яких не обумовлена вимогами конструкції. Вимоги до шорсткості поверхні повинні встановлюватися шляхом вказівки параметру шорсткості (одного або декількох), значень вибраних параметрів та базових довжин, на яких відбувається визначення параметрів.

Числові значення параметрів шорсткості (найбільші, номінальні або діапазони значень) вибираються у відповідності до ГОСТ 2789-73, для  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$  вони наведені у додатках А.1–А.3. Відносна опорна довжина профілю  $t_p$ : 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %.

Наведені числові значення параметрів шорсткості стосуються нормального перерізу. Напрямок перерізу не оговорюється, якщо вимоги технічної документації стосуються напряму перерізу на поверхні, який відповідає найбільшим значенням висотних параметрів.

Для номінальних числових значень параметрів шорсткості повинні встановлюватись допустимі граничні відхилення.

Якщо параметри  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ , визначені на базовій довжині відповідно до додатків В.1 та В.2, то ці базові довжини не вказуються у вимогах до шорсткості.

Позначку умовного позначення шорсткості поверхні наведено на рисунку 2, за способом обробки – у таблиці 2.

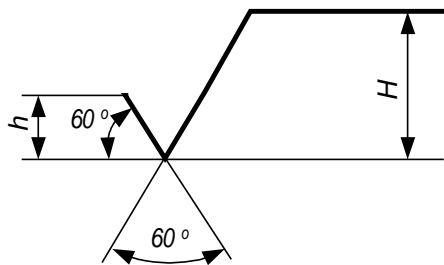


Рисунок 2 – Позначка умовного позначення шорсткості поверхні на кресленнях

Висота  $h$  повинна бути приблизно рівною висоті цифр розмірних чисел, що записуються на кресленні, відповідно  $H = (1,5...5) h$ . Товщина ліній знаків повинна приблизно дорівнювати половині товщини суцільної лінії, яка застосовується на кресленні.

Таблиця 2 – Умовне позначення шорсткості поверхні за способом обробки

Умовне позначення	Опис способу оброблення
	для поверхні, спосіб обробки якої конструктором не встановлений
	для поверхні, яка повинна бути отримана тільки видаленням шару матеріалу, наприклад, точінням, шліфуванням, травленням тощо
	для поверхні, яка повинна бути отримана без видалення шару матеріалу, наприклад, литвою, прокатом, тощо

Структуру позначення шорсткості поверхні показано на рисунку 3. Числові значення параметрів шорсткості вказують під знаком шорсткості після відповідного символу, наприклад:  $Ra\ 0,4$ ;  $R_{max}\ 6,3$ ;  $S_m\ 0,63$ ;  $t_{50}\ 70$ ;  $S\ 0,03$ ;  $R_z\ 50$ . Числові значення параметрів  $Ra$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$  задаються у мікрометрах (мкм); параметрів  $S_m$ ,  $S$  та  $l$  – у міліметрах (мм);  $t_p$  та  $p$  – у відсотках (%). Якщо вказують декілька параметрів шорсткості, їх записують згори донизу у послідовності: один з параметрів висоти нерівностей; один з параметрів кроку нерівностей; відносна опорна довжина.

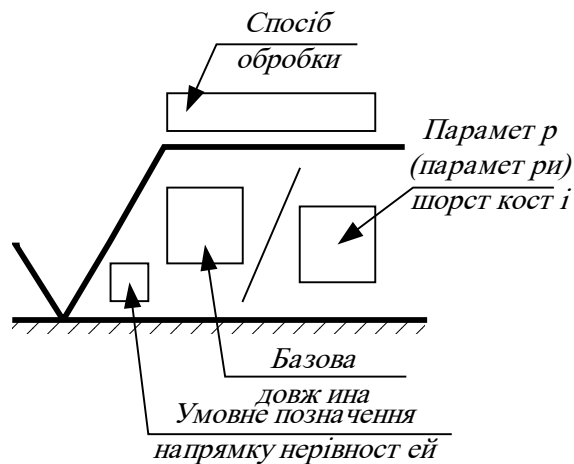


Рисунок 3 – Структура позначення шорсткості поверхні

Числові значення параметрів шорсткості можуть бути призначені за одним із способів:

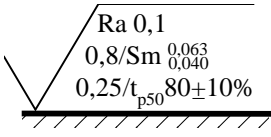
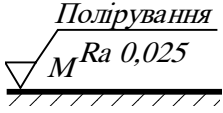
- 1) найбільшим допустимим значенням параметра, наприклад,  $Ra\ 0,4$ ,  $R_z\ 50$  або найменшим допустимим значенням параметра, наприклад,  $R_{max}\ 6,3_{min}$ ,  $S\ 0,03_{min}$ ;
- 2) найбільшим і найменшим граничними значеннями параметра, наприклад,  $Ra_{0,4}^{0,8}$ ,  $t_{p30}^{70}$ ;
- 3) номінальним значенням параметра з граничними відхиленнями у відсотках, які можуть бути однобічними, наприклад,  $Ra1^{+20\%}$ ,  $R_z80_{-40\%}$ , і симетричними, наприклад,  $t_{p50}\ 70 \pm 10\%$ ,  $S_m\ 0,05 \pm 30\%$ .

Спосіб обробки (рис. 3) вказується тільки у випадку, якщо він єдиний для отримання потрібної якості поверхні. Також, за необхідності, під знаком шорсткості, відповідно до таблиці 1, ставиться умовне позначення напрямку нерівностей. Приклади умовного позначення шорсткості і пояснення до них наведено у таблиці 3.

Базова довжина у позначенні шорсткості не наводиться, якщо вона відповідає вказаній у стандарті для обраного значення шорсткості. У

загальному випадку значення базової довжини вибирають за допустимими значеннями  $Ra$ ,  $Rz$  і  $R_{max}$  (додаток В1 і В2).

Таблиця 3 – Приклади позначення шорсткості

Позначення	Пояснення
	<p>– спосіб обробки поверхні конструктором не встановлено;</p> <p>– середнє арифметичне відхилення профілю <math>Ra</math> не більше 0,1 мкм на базовій довжині <math>l = 0,25</math> мм (у позначенні довжину не вказано, оскільки вона відповідає стандартному значенню для даного висотного параметру за табл. В.1);</p> <p>– середній крок нерівностей профілю <math>S_m</math> повинен знаходитись у межах від 0,063 мм до 0,04 мм на базовій довжині <math>l=0,8</math> мм;</p> <p>– відносна опорна довжина профілю на 50 %-му рівні перетину має номінальне значення 80 % з граничними відхиленнями <math>\pm 10</math> % на базовій довжині <math>l = 0,25</math> мм.</p>
	<p>– поверхня повинна бути отримана видаленням шару матеріалу;</p> <p>– спосіб обробки – полірування;</p> <p>– напрямок нерівностей – довільний;</p> <p>– середнє арифметичне відхилення профілю <math>Ra</math> не більше 0,025 мкм на базовій довжині <math>l = 0,08</math> мм (у позначенні довжину не вказано, оскільки вона відповідає стандартному значенню для даного висотного параметру за табл. В.1).</p>

#### 4. Побудова та принцип дії приладів для вимірювання шорсткості поверхні

##### Профілограф-профілометр

Для визначення параметрів шорсткості розроблено багато методів: оптичних (світлового перетину, тіньової проекції, інтерференційний та ін.), із застосуванням щупів, методів растрової електронної мікроскопії, електричних, пневматичних тощо. Найбільше розповсюдження отримав метод визначення шорсткості поверхні за її профілем, контактний щуповий метод. Щупові електромеханічні прилади, призначені для вимірювання параметрів шорсткості поверхні, називають профілометрами, а такі ж прилади для запису нерівностей поверхні – профілографами. Зазвичай

профілографи дозволяють не тільки записувати нерівності, але і вимірювати параметри шорсткості, тому їх називають профілографами-профілометрами.

В роботі шорсткість поверхні вимірюється контактним шуповим методом за допомогою профілографа-профілометра моделі 201 заводу «Калібр» (рис. 4). Цей прилад застосовується для вимірювання параметрів шорсткості  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ,  $S_m$ ,  $S$ ,  $t_p$ . Принцип дії приладу засновано на ошупуванні досліджуваної поверхні алмазною голкою з радіусом зкруглення 10 мкм та перетворенні коливань голки у зміну напруги індуктивним методом.

Профілограф-профілометр складається із стійки 5 з кареткою для встановлення деталей, універсального столика 2, датчика 3, мотоприводу 4 для переміщення датчика вздовж вимірюваної поверхні, електронного блоку для керування та обчислення шорсткості поверхонь з приладом 1, що показує, профілометром та приладом 6, що записує, профілографом.

Вимірювана деталь встановлюється на плиті стійки 5. Якщо деталь має циліндричну форму, то на плиту стійки встановлюють призму 7, а на неї – вимірювану деталь. Деталь встановлюють таким чином, щоб вимірювана поверхня була перпендикулярною до площини вимірювання. Датчик 3 з встановленою алмазною голкою і приводом 4 переміщуються за направляючою стійки 5 за вимірюваною поверхнею деталі.

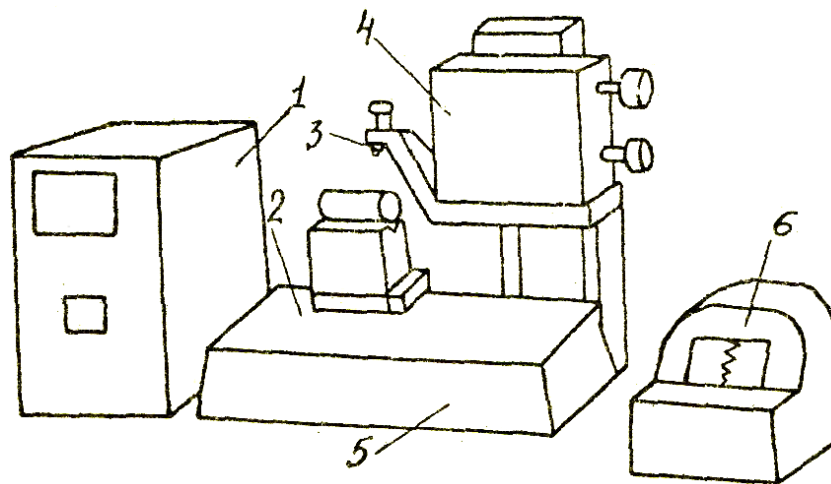


Рисунок 4 – Загальний вигляд профілографа-профілометра моделі 201

Налаштування профілографа-профілометра для контролю шорсткості поверхні та правила користування приладом слід виконувати за інструкцією, що додається до приладу.

Після встановлення вимірюваної деталі та увімкнення приладу в мережу датчик переміщуватиметься за вимірювальною поверхнею у напрямку до приводу. Оскільки вимірювальна поверхня не є ідеальною та гладкою, а має виступи та западини, вершина алмазної голки, ковзаючи по них, отримує від поверхні переміщення, перпендикулярні середній лінії в напрямку висоти нерівностей, подібні до коливань. Ці коливання перетворюються у зміни напруги на виході трансформатора, посилюються

електронним блоком приладу і подаються на входи профілаграфа, який на спеціальному фотопапері записує профілограму у збільшеному вигляді, і профілометра, який показує шорсткість поверхні за параметром  $R_a$  на базових довжинах профілю від 0,08 до 2,5 мм. Інші параметри шорсткості можна визначаються за отриманою профілограмою.

### Подвійний мікроскоп Лінніка

Якщо профілограф-профілометр вимірює параметри шорсткості контактним щуповим методом, то подвійний мікроскоп Лінніка дозволяє здійснити це безконтактно. Принцип дії приладу засновано на методі світлового перетину. Пучок світла, що створюється у проектуючому мікроскопі, спрямовується через його вузьку щілину на вимірювану поверхню під кутом до неї. Отриманий світловий перетин поверхні можна бачити і досліджувати у мікроскоп спостереження. Наявність двох мікроскопів, закріплених тримачем на кронштейні приладу, і надало йому таку назву – подвійний мікроскоп. У лабораторній роботі використовується подвійний мікроскоп Лінніка моделі МІС-11, загальний вигляд якого показано на рисунку 5.

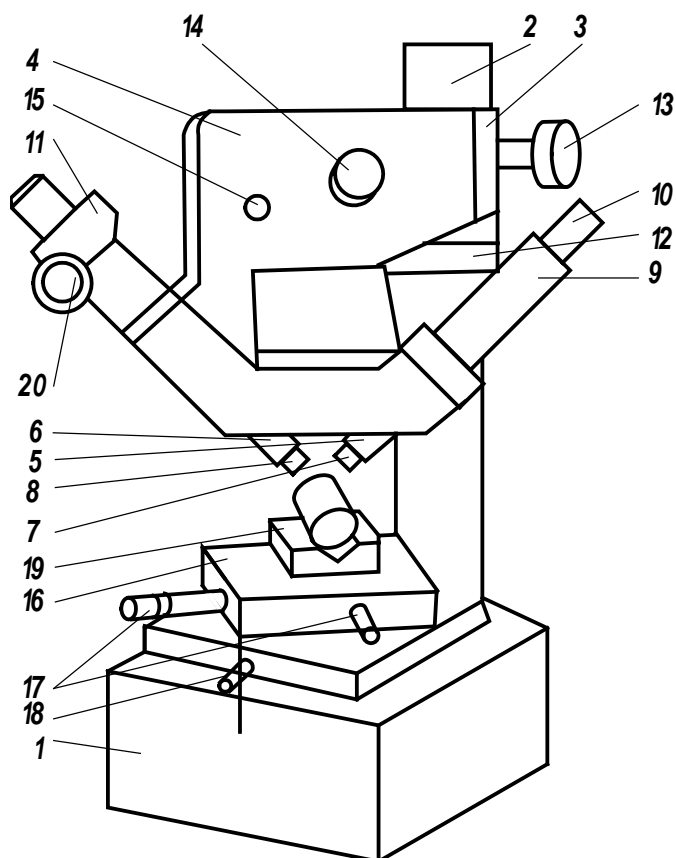


Рисунок 5 – Загальний вигляд подвійного мікроскопа Лінніка МІС-11

На масивній основі 1 встановлено колону 2, на якій за допомогою пересувного кронштейна 3 закріплено тримач 4 тубусів двох мікроскопів: проектуючого 5 і мікроскопа спостереження 6.

У нижню частину кожного тубуса угвинчуються об'єктиви 7 і 8 відповідно. У верхній частині проектуючого мікроскопа розташовано патрон з електричною лампою 9, який затискається гвинтом 10.

У верхній частині мікроскопа спостереження 6 встановлено гвинтовий окулярний мікрометр 11 для візуальних вимірювань з барабоном 20. Тримач тубусів 4 переміщується вздовж колони 2 за допомогою гайки 12 і закріплюється у потрібному положенні гвинтом 13. Для фокусування мікроскопів призначені маховичок 14 та барабан 15.

Для установки і переміщення вимірювальної деталі призначено столик 16, який разом з деталлю може переміщуватися у двох взаємно перпендикулярних напрямках за допомогою мікрометричних гвинтів 17, а також обертатися навколо вертикальної вісі. Необхідне його положення фіксується гвинтом 18. Для установки деталей циліндричної форми до приладу додається з'ємна призма 19.

## 5. Порядок виконання роботи

1. Виміряти параметр  $Ra$  на профілографі-профілометрі моделі 201 заводу «Калібр».

2. Записати профілограму шорсткості заданої поверхні (рис. 6), обробивши яку визначити інші параметри:  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$ ,  $Sm$ ,  $S$ ,  $tp$ .

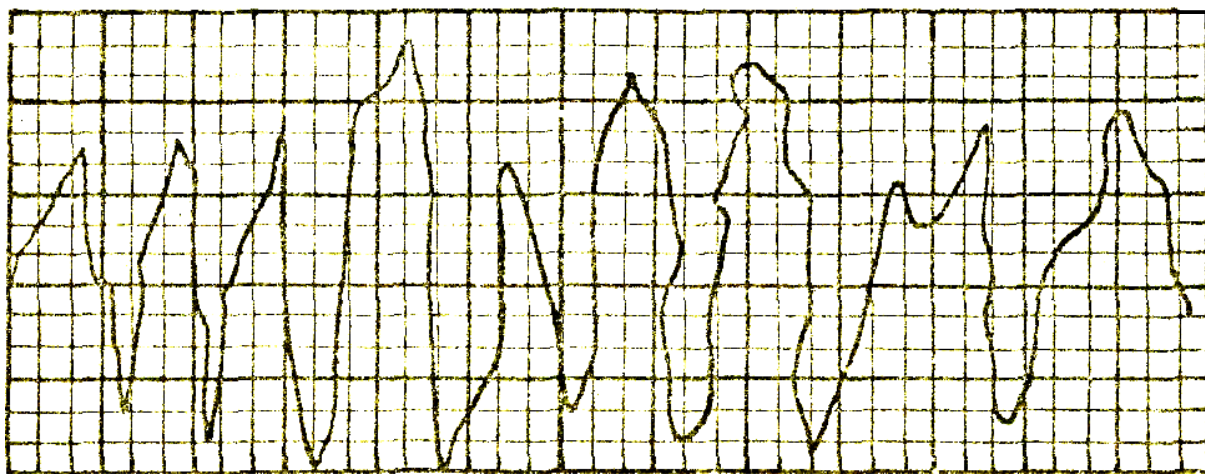


Рисунок 6 – Приклад профілограми для визначення параметрів шорсткості поверхні

3. Вихідні дані для визначення параметрів шорсткості:

– вертикальне збільшення  $BЗ = 10000$ ;

– горизонтальне збільшення  $ГЗ = 40$ ;

– рівень перетину профілю  $p = 30\%$ .

4. Вибрати із стандартного ряду базову довжину профілю  $l$ , достатню для характеристики шорсткості поверхні (для отриманої профілограми найкраще підходить  $l = 2,5$  мм).

5. На профілограмі відкласти базову довжину профілю з урахуванням горизонтального збільшення профілограми:  $L = l \cdot \Gamma Z$  (мм).

6. У межах базової довжини провести середню лінію профілю «m–m».

7. Для визначення параметра  $R_z$  (мкм) лінійкою у мм виміряти за профілограмою відстань від вершин 5-ти найвищих виступів  $y_{pi}$  і 5-ти найглибших западин  $y_{vi}$  до середньої лінії. Підставити ці значення до формули (4), враховуючи  $BZ$  і необхідність перевести мм, у яких виміряні  $y_{pi}$  і  $y_{vi}$ , у мкм, в яких за стандартою вимірюється  $R_z$ :

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5 \cdot BZ} \cdot 1000. \quad (9)$$

8. Для визначення параметра  $R_{max}$  провести на профілограмі лінію виступів і лінію западин і виміряти лінійкою у мм відстань між ними  $R_{max.вим.}$ . Враховуючи  $BZ$  і переведення виміряних мм у мкм, в яких за стандартою вимірюється  $R_{max}$ :

$$R_{max} = \frac{R_{max.вим.}}{BZ} \cdot 1000. \quad (10)$$

9. Для визначення параметрів  $S_m$  і  $S$  виміряти за середньою лінією профілограми лінійкою у мм усі повні кроки  $S_{mi}$  та кроки за вершинами виступів  $S_i$  у межах базової довжини, порахувати їх кількість  $n$  та визначити їхні середні значення (мм) з урахуванням  $\Gamma Z$ :

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^n S_{mi}}{n \cdot \Gamma Z} \quad (11)$$

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n \cdot \Gamma Z}. \quad (12)$$

10. Для визначення параметра  $t_p$  потрібно визначити заданий ( $p = 30\%$ ) рівень перерізу профілю  $P$  (мм) з урахуванням  $BZ$ :

$$P = \frac{R_{max.вим.} \cdot p\%}{100\%}. \quad (13)$$

Рівень перетину профілю на профілограмі визначається лінією, яку проведено паралельно середній на відстані  $P$  (мм) і яка відкладається у тіло нерівностей поверхні, від лінії виступів.

Визначити опорну довжину профілю  $\eta_p$ , вимірявши розмір відрізків  $b_i$ , які відсікаються рівнем перетину профілю на кожному виступі у межах базової довжини:

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i. \quad (14)$$

Обчислити відносну опорну довжину профілю  $t_p$  (%):

$$t_p = \frac{\eta_p}{L} \cdot 100\%. \quad (15)$$

11. Виміряти шорсткість поверхні деталі за параметром  $R_z$  на подвійномц мікроскопі Лінніка.

При вимірюванні висоти нерівностей подвійним мікроскопом Лінніка використовують окулярний мікрометр 11 з барабаном 20 (рис. 5). Для визначення величини  $b$ , яка пов'язана з висотою вимірюваної нерівності  $h$  виразом:

$$h = \frac{b}{N \cdot \sqrt{2}}, \quad (16)$$

де  $N$  – збільшення об'єктиву, горизонтальну нитку окулярного мікрометра повертанням його барабана послідовно поєднують спочатку з верхнім, а потім із нижнім краєм зображення нерівностей (рис. 7). При кожному поєднанні фіксують кількість поділок на барабані 20 і заносять у протокол значення  $a_1$  і  $a_2$ . Різниця відліків  $a = |a_1 - a_2|$  – це кількість поділок барабана, що відповідає відстані  $b$ :

$$a = b \cdot \sqrt{2} \quad (17)$$

(множник  $\sqrt{2}$  враховує переміщення нитки, яке складає  $45^\circ$  з вимірюваним відрізком). Щоб одержати висоту нерівності у *мкм*, величину  $a$  слід помножити на 10. Враховуючи це і підставивши значення  $b$  з формули (17) у формулу (16), отримуємо:

$$h = \frac{5 \cdot a}{N}. \quad (18)$$

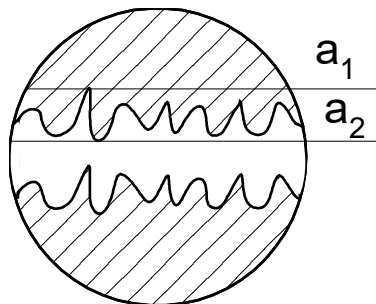


Рисунок 7 – Поєднання горизонтальної нитки окулярного мікрометра з верхнім і нижнім краєм зображення нерівностей

Параметр  $R_z$  вимірюється за десятьма точками, отже, треба провести вимірювання 5-ти виступів ( $a_1$ ) і 5-ти западин ( $a_2$ ) і визначити середнє значення  $a_{cp}$  різниці показників  $a$  приладу. Тоді формула (18) приймає вигляд:

$$R_z = a_{cp} \cdot \frac{5}{N}. \quad (19)$$

12. За роботою робиться два висновки про види обробки (табл. 4) досліджуваних поверхонь деталей: перший, виходячи із значення  $R_z$ , отриманого при обробці профілограми, другий, виходячи із значення  $R_z$ , отриманого при вимірюванні нерівностей на подвійному мікроскопі Лінніка.

Таблиця 4 – Відповідність виду обробки значенням  $R_z$  (мкм)

<i><math>R_z</math>, мкм</i>	<i>Вид обробки</i>
320–40	груба
40–6,3	напівчистова
6,3–0,8	чистова
0,8 і менше	оздоблювальна

## Список використаних джерел

1. Сірий І.С. Взаємозамінність, стандартизація і технічні вимірювання (2-е видання доповнене і перероблене): Підручник/ І.С. Сірий. – Київ: Аграрна освіта, 2009. – 353 с.
2. Якимчук Г. К., Кирилюк Ю. Є., Саранча Г. А. Взаємозамінність, стандартизація, метрологія та технічні вимірювання: Підручник за ред. Г. К. Якимчука. – К.: Основа, 2006. – 560 с.
3. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.
4. ДСТУ ГОСТ 25142: 2009 Шероховатость поверхности. Термины и определения.
5. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
6. ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей.
7. Мальков О. В., Литвиненко А. В. Измерение параметров шероховатости поверхности детали / Электронное учебное издание – М.: Изд. МГТУ им. Баумана, 2012.
8. Методические указания к лабораторной работе «Контроль шероховатости обработанной поверхности» по дисциплине «Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения» для студентов машиностроительных специальностей / состав.: В. А. Федорович, В. И. Воронков, Е. В. Островерх. – Харьков: ХПИ, 1988. – 14 с.

# КОНТРОЛЬ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ

## ДОДАТКИ

### ДОДАТКИ А

ЧИСЛОВІ ЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ  
*Ra, Rz, Rmax, Sm, S, tp*, РІВНІВ ПЕРЕРІЗУ *p* І БАЗОВОЇ ДОВЖИНИ ПРОФІЛЮ *l*  
(НАЙБІЛЬШІ, НОМІНАЛЬНІ АБО ДІАПАЗОНИ ЗНАЧЕНЬ),  
РЕКОМЕНДОВАНІ ДО ВИБОРУ (ГОСТ 2789-73)

## ДОДАТОК А1

СЕРЕДНЄ АРИФМЕТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ ПРОФІЛЮ  $R_a$ , *МКМ*

Таблиця А1.1

100	8,0	0,63	<u>0,050</u>
80	6,3	0,50	0,04
63	5,0	<u>0,40</u>	0,032
50	4,0	0,32	<u>0,025</u>
40	<u>3,2</u>	0,25	0,020
32	2,5	<u>0,20</u>	0,016
<u>25</u>	2,0	0,160	<u>0,012</u>
20	<u>1,60</u>	0,125	0,010
16,0	1,25	<u>0,100</u>	0,008
<u>12,5</u>	1,00	0,08	-
10,0	<u>0,80</u>	0,063	-

Примітка. Переважні значення параметра підкреслено

## ДОДАТОК А2

ВИСОТА НЕРІВНОСТЕЙ ПРОФІЛЮ ЗА ДЕСЯТЬМА ТОЧКАМИ  $R_z$  І  
НАЙБІЛЬША ВИСОТА НЕРІВНОСТЕЙ ПРОФІЛЮ  $R_{max}$ , *МКМ*

Таблиця А2.1

-	<u>400</u>	<u>12,5</u>	0,40
-	320	10,0	0,32
-	250	8,0	0,25
-	<u>200</u>	<u>6,3</u>	<u>0,20</u>
-	160	5,0	0,160
-	125	4,0	0,125
-	<u>100</u>	<u>3,2</u>	<u>0,100</u>
-	80	2,5	0,080
-	63	2,0	0,063
1600	<u>50</u>	<u>1,60</u>	<u>0,050</u>
1250	40	1,25	0,040
1000	32	1,00	0,032
800	<u>25,0</u>	<u>0,80</u>	<u>0,025</u>
630	20,0	0,63	-
500	16,0	0,50	-

Примітка. Переважні значення параметрів підкреслено

### ДОДАТОК А3

СЕРЕДНІЙ КРОК НЕРІВНОСТЕЙ ПРОФІЛЮ  $S_m$  І SEREDNІЙ КРОК  
МІСЦЕВИХ ВИСТУПІВ ПРОФІЛЮ  $S$ , мм

Таблиця А3.1

-	10,0	0,50	0,025
-	8,0	0,40	0,020
-	6,3	0,32	0,0160
-	5,0	0,25	0,0125
-	4,0	0,2	0,010
-	3,2	0,160	0,008
-	2,5	0,125	0,006
-	2,0	0,100	0,005
-	1,60	0,080	0,004
-	1,25	0,063	0,003
-	1,00	0,050	0,002
-	0,80	0,040	-
12,5	0,63	0,032	-

### ДОДАТОК А4

ВІДНОСНА ОПОРНА ДОВЖИНА ПРОФІЛЮ  $tp$ , РІВНІ ПЕРЕРІЗУ  $p$  І  
БАЗОВА ДОВЖИНА ПРОФІЛЮ  $l$

Таблиця А4.1

Назва параметра	Умовне позначення, одиниці вимірювання	Числові значення
Відносна опорна довжина профілю	$tp$ , %	10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90
Рівні перерізу профілю	$p$ , % від $R_{max}$	5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90
Базова довжина профілю	$l$ , мм	0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25

**ДОДАТКИ В**  
СПІВВІДНОШЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ  
*Ra, Rz, Rmax* І БАЗОВОЇ ДОВЖИНИ ПРОФІЛЮ

## ДОДАТОК В1

### СЕРЕДНЄ АРИФМЕТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ ПРОФІЛЮ $R_a$

Таблиця В1.1

$R_a$ , мкм	Базова довжина профілю $l$ , мм
До 0,025	0,08
Понад 0,025 до 0,4	0,25
Понад 0,4 до 3,2	0,8
Понад 3,2 до 12,5	2,5
Понад 12,5 до 100	8,0

## ДОДАТОК В2

### ВИСОТА НЕРІВНОСТЕЙ ПРОФІЛЮ ЗА ДЕСЯТЬМА ТОЧКАМИ $R_z$ І НАЙБІЛЬША ВИСОТА НЕРІВНОСТЕЙ ПРОФІЛЮ $R_{max}$

Таблиця В2.1

$R_z, R_{max}$ , мкм	Базова довжина профілю $l$ , мм
До 0,1	0,08
Понад 0,1 до 1,6	0,25
Понад 1,6 до 12,5	0,8
Понад 12,5 до 50	2,5
Понад 50 до 400	8,0

Навчальне видання НТУ «ХП»

КОЗАКОВА Наталія Віталіївна

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторної роботи

«Контроль шорсткості поверхні»

з дисциплін «Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання»,  
«Метрологія і стандартизація», «Метрологія, стандартизація і сертифікація»,  
«Метрологія, стандартизація, сертифікація і акредитація», «Метрологічне  
забезпечення якості», «Сертифікація і метрологічне забезпечення якості»,  
«Метрологія і основи вимірювань»

Роботу до видання рекомендував Олександр ШЕЛКОВИЙ

В авторській редакції

План 2022 р., поз. 5

Підп. до друку 07.02.2022 р. Гарнітура Таймс.

Видавничий центр НТУ «ХП», вул. Кирпичова, 2, м. Харків, 61002  
Свідоцтво про державну реєстрацію № 5478 від 21.08.2017 р.

---

Самостійне електронне видання