

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Методические указания к лабораторной работе



Волгоград
2010

УДК 620.191.355 (075)

Рецензент

канд. техн. наук, доцент *А. А. Белов*

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Исследование параметров шероховатости поверхности : метод. указания к лабораторной работе / сост. С. Н. Паршев, А. Ю. Иванников. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2010. – 14 с.

Рассматриваются вопросы определения основных параметров шероховатости поверхности. Приводится описание современного оборудования и методов обработки результатов эксперимента.

Предназначены для студентов дневной, вечерней и заочной форм обучения, изучающих курсы «Сопротивление материалов», «Прикладная физика (триботехника)» и «Механические свойства металлов». Могут быть использованы при выполнении соответствующей лабораторной работы.

© Волгоградский государственный
технический университет, 2010

Цель работы: обработка профилограммы и определение основных параметров шероховатости поверхности

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Поверхность, ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды, называется реальной поверхностью. Реальная поверхность детали образуется в процессе ее изготовления и в отличие от идеальной геометрической номинальной поверхности, изображаемой на чертежах, всегда имеет неровности различных формы и высоты в виде выступов и впадин с небольшими расстояниями между ними.

Шероховатость поверхности — это совокупность неровностей обработанной поверхности с относительно малыми шагами.

Шероховатость поверхности принято определять по ее профилю, который образуется в сечении этой поверхности плоскостью, перпендикулярной к номинальной поверхности. При этом профиль рассматривается на длине базовой линии, используемой для выделения неровностей и количественного определения их параметров.

При стандартизации шероховатости поверхности в основу принята система отсчета, в которой в качестве базовой линии служит средняя линия профиля. *Средняя линия профиля* — это базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

Линия, эквидистантная средней линии и проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины, называется *линией выступов профиля*. Линия, эквидистантная средней линии и проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины, называется *линией впадин профиля*.

Расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины представляет собой *наибольшую высоту неровностей профиля* R_{max} .

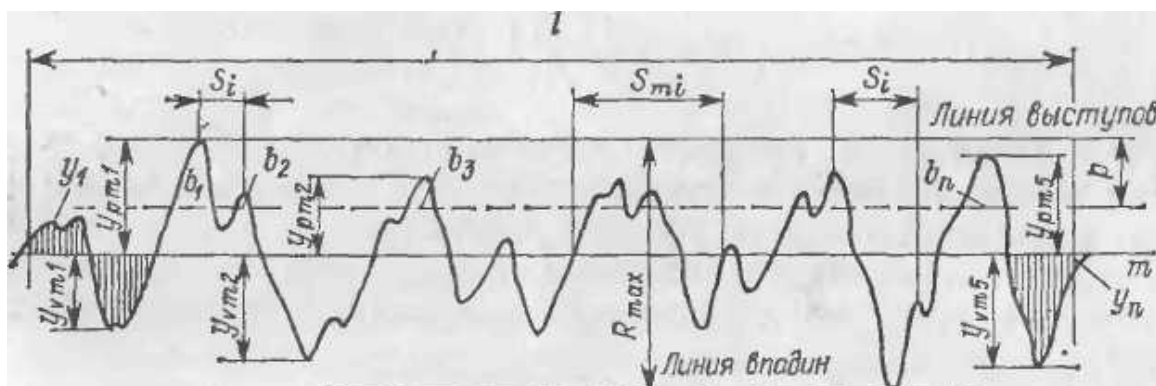


Рис. 1. Профиль шероховатости и его характеристика

Высота выступа профиля y_{pm} — это расстояние от средней линии профиля до высшей точки выступа профиля.

Глубина впадины профиля y_{vm} — это расстояние от средней линии профиля до низшей точки впадины профиля.

Неровность профиля — это выступ профиля и сопряженная с ним впадина профиля.

Шаг неровностей профиля — это длина отрезка средней линии профиля, содержащая выступ профиля и сопряженную с ним впадину профиля (рис. 1). *Средний шаг неровностей профиля* S_m — это среднее значение шага неровностей профиля по средней линии в пределах базовой длины.

Шагом местных выступов называется длина отрезка средней линии между проекциями на нее двух наивысших точек соседних местных выступов профиля. *Средним шагом S местных выступов профиля* называется среднее значение шага местных выступов в пределах базовой длины.

Для оценки шероховатости поверхности в машиностроении получил большое распространение высотный критерий R_z . *Высота неровностей*

профиля по десяти точкам R_z представляет собой сумму средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины l , т. е.

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pmi} + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{10} \quad (1)$$

где y_{pmi} — высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{vmi} — глубина i -й наибольшей впадины профиля.

Столь же большое значение в машиностроении при оценке шероховатости поверхности имеет и критерий R_a . Среднее арифметическое отклонение R_a профиля — есть среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины l , т. е.

$$R_a = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n |y_{pmi}| + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n |y_{vmi}| \quad (2)$$

n — число выбранных точек на базовой длине.

Среднее квадратическое отклонение профиля R_q — среднее квадратическое значение отклонений профиля в пределах базовой длины, т. е.

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (y_{pmi})^2 + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (y_{vmi})^2} \quad (3)$$

При определении значений R_a и R_q непосредственным измерением на соответствующих приборах их величина устанавливается в пределах длины оценки, включающей несколько базовых длин. По ИСО 3274 базовая длина численно равна отсечке шага прибора.

Численные значения шероховатости, установленные по критериям R_a и R_q , близки между собой и определяются соотношениями:

$$R_a \cong 0,8R_q \quad (4)$$

На многие эксплуатационные свойства поверхности (износостойкость, контактную жесткость и др.) большое влияние оказывает фактическая поверхность соприкосновения детали с сопряженными деталями изделия. Эта величина с известным приближением может быть частично отражена критерием η_p .

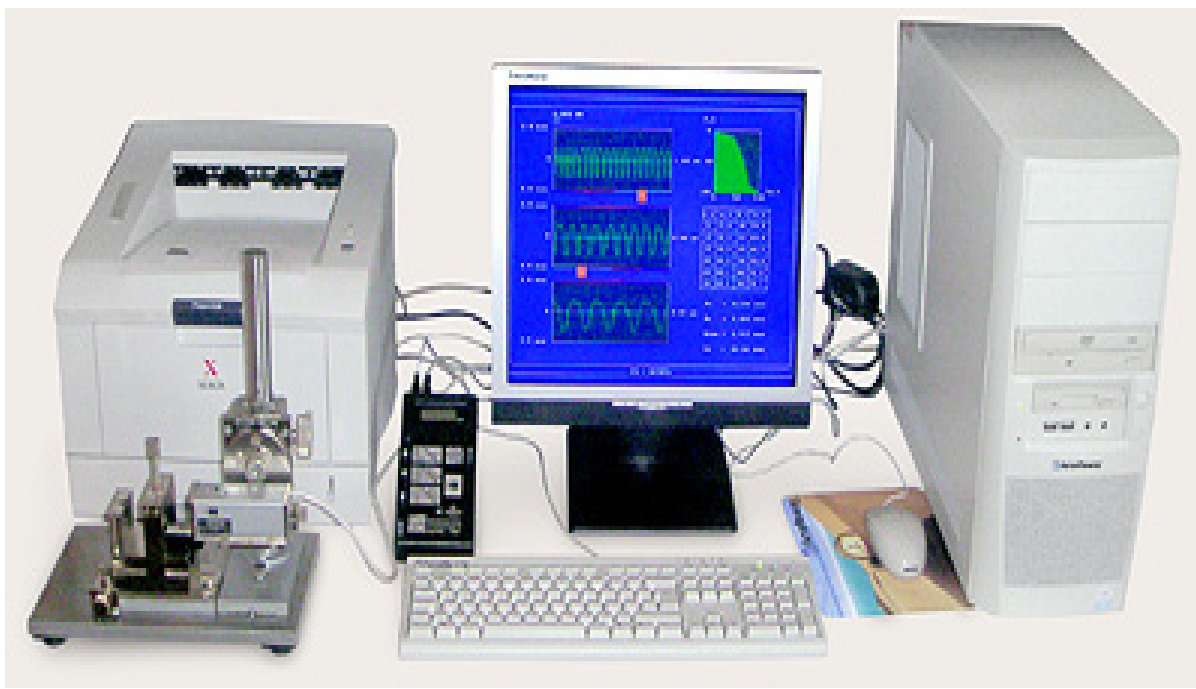
Опорная длина η_p профиля определяется суммой длин отрезков в пределах базовой длины, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии.

Для сопоставления размеров опорных поверхностей, обработанных различными методами, удобно пользоваться понятием *относительной опорной длины t_p профиля*, определяемой отношением опорной длины профиля к базовой длине, т. е. где b_i — длина отрезка, отсекаемого в материале выступа профиля; p — уровень сечения профиля, определяемый расстоянием между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \quad (5)$$

Опорная длина η_p профиля и относительная опорная длина t_p профиля устанавливаются на требуемом уровне сечения p профиля, который определяется расстоянием между линией выступов профиля и линией, пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля; она выражается в процентах от R_{\max}

2. ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ.



Профилограф-профилометр «Абрис-ПМ7»

Профилограф-профилометр «Абрис-ПМ7» предназначен для измерений в лабораторных и цеховых условиях машиностроительных, приборостроительных и других предприятий, а также в полевых условиях, шероховатости поверхностей изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

Измерение параметров шероховатости поверхности производится по системе средней линии в соответствии с номенклатурой и диапазонами значений, предусмотренными ГОСТ 2789–73.

Устройство и работа

Действие прибора основано на ощупывании неровностей измеряемой поверхности алмазной иглой и преобразовании колебаний щупа датчика в колебания электрического напряжения, пропорциональные этим колебаниям. Колебания напряжения обрабатываются в отсчетном устройстве и персональном компьютере и результат обработки выводится

в цифровом виде на индикатор отсчетного устройства и в цифровом и графическом виде на экран монитора персонального компьютера.

Основу прибора составляют первичный преобразователь и отсчетное устройство, которые обеспечивают необходимую точность измерения параметров шероховатости.

Первичный преобразователь предназначен для перемещения с постоянной скоростью относительно измеряемой поверхности измерительного механизма и преобразования линейных колебаний иглы, воспроизводящей неровности измеряемой поверхности, в колебания электрического напряжения.

Первичный преобразователь подключается к отсчетному устройству кабелем через разъем или напрямую.

Отсчетное устройство предназначено для усиления и преобразования сигнала с первичного преобразователя, управления электроприводом, вычисления параметров шероховатости измеряемой поверхности с выдачей результатов измерения на устройство цифровой индикации.

Конструктивно отсчетное устройство выполнено в малогабаритном корпусе из ударопрочного полистирола. Переключатели пределов и видов измерений, а также пусковая кнопка, расположены таким образом, что можно удобно работать с отсчетным устройством, держа его при необходимости одной рукой.

В верхней части отсчетного устройства расположены гнезда для подключения сетевого адаптера питания и для подключения прибора к персональному компьютеру.

Стойка приборная предназначена для установки на нее первичного преобразователя, придания ему пространственного положения при измерении, создания измерительного усилия, а также для установки и закрепления измеряемых деталей.

Программно-аппаратный комплекс на базе IBM-совместимого персонального компьютера, входящего в состав профилографа-профилометра, обеспечивает прием сигналов, их обработку, расчет параметров шероховатости и вывод на экран монитора и печатающее устройство результатов расчета и профилограммы измеренного участка.

Первичный преобразователь базируется на измеряемую поверхность либо непосредственно основанием, либо с помощью дополнительных приспособлений таким образом, чтобы рабочая поверхность опоры, вершина иглы и рабочая плоскость основания находились в одной плоскости. При этом индикатор на первичном преобразователе должен светиться тем ярче, чем ближе к сбалансированному положению находится измерительный механизм датчика.

После этого дается команда на начало измерения нажатием пусковой кнопки. Алмазная игла измерительного механизма при ощупывании неровностей измеряемой поверхности совершает колебательные движения относительно опоры, движущейся по той же поверхности. Эти колебания затем преобразуются в колебания электрического напряжения на выходе первичного преобразователя, пропорциональные колебаниям ощупывающей иглы.

Выходной сигнал с первичного преобразователя поступает в отсчетное устройство, в котором он усиливается и обрабатывается.

Цифровое значение вычисленных параметров по одному, в зависимости от положения переключателей на отсчетном устройстве, выдается в десятичном виде на устройство цифровой индикации.

Исходя из величины измеряемой шероховатости, переключателем на отсчетном устройстве выбирается базовая длина, на которой производится определение параметров шероховатости и соответствующий предел измерения.

Длина трассы ощупывания задается переключателем на отсчетном устройстве путем выбора количества базовых длин на участке измерения. На каждом из участков осуществляется независимый расчет параметров шероховатости, а затем производится усреднение результатов расчета и вывод на устройство индикации.

При использовании прибора в качестве профилографа отсчетное устройство с помощью соединительного кабеля подключается к порту COM2 персонального компьютера.

Управление работой прибора в этом случае осуществляется с клавиатуры персонального компьютера по специальной программе. Все параметры шероховатости рассчитываются за один проход датчика и выводятся на экран вместе с профилограммами. Результаты измерений могут быть выведены на печать.

Программное обеспечение позволяет производить сохранение и накопление результатов измерения и последующую их статистическую обработку.

При возникновении ошибок и сбоев при измерении программа выдает на экран соответствующее сообщение и рекомендации по их устранению.

Инструмент и принадлежности

Для удобства измерения шероховатости цилиндрических изделий в комплект поставки входит набор опорных призм, которые устанавливаются на переднем и заднем торцах первичного преобразователя. Эти же призмы используются как опорные стойки при измерении плоских ступенчатых деталей.

Для удобства измерения шероховатости открытых плоских участков поверхностей деталей протяженностью 5...15 мм используется насадка, устанавливаемая на переднем торце первичного преобразователя. С

помощью этой насадки производится базирование непосредственно на измеряемую поверхность.

Для удобства измерения шероховатости коротких цилиндрических участков используется призма, устанавливаемая на передней насадке.

Для проверки правильности показаний прибора он оснащен установочным образцом, представляющим собой металлическую пластину с аттестованной площадкой. Величина шероховатости и условия, при которых она была измерена, нанесены на пластине.

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Результаты обработки профилограммы шероховатости поверхности занести в таблицу.

№ № измерений	Высота выступов, U_{pmi} , мкм	U_{pmi}^2 , мкм	Высота впадин, U_{vmi} , мкм	U_{vmi}^2 , мкм	Шаг неровностей профиля, S_i , мкм	Длина опорной поверхности, b_i , мкм
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
	$\Sigma U_{pmi} =$	$\Sigma U_{pmi}^2 =$	$\Sigma U_{vmi} =$	$\Sigma U_{vmi}^2 =$	$\Sigma S_i =$	$\Sigma b_i =$

Примечание l- базовая длина 5000 мкм

Вычислить высоту неровностей профиля по десяти точкам:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 y_{pmi} + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{10} =$$

Вычислить среднее арифметическое отклонение профиля:

$$R_a = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n |y_{pmi}| + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n |y_{vmi}| =$$

Вычислить среднее квадратичное отклонение профиля:

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (y_{pmi})^2 + \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n (y_{vmi})^2} =$$

Вычислить относительную опорную длину профиля при $p=50\%$:

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

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

1. Сформулируйте цель исследования.
2. В теоретической части работы кратко опишите основные понятия и расчетные формулы, относящиеся к определению основных параметров шероховатости поверхности
3. В разделе «Оборудование. Образцы. Методика испытаний на изнашивание» приведите технические характеристики профилографа-профилометра «Абрис-ПМ7», принцип измерения шероховатости и обработки экспериментальных данных на компьютере
4. В разделе «Обработка результатов экспериментов» занесите данные измерения профилограммы шероховатости в таблицу, рассчитайте основные параметры шероховатости поверхности.
5. Сделайте выводы согласно поставленной цели исследования.

5. ПРАВИЛА ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ

- ✓ Допускается работа на машине только одного экспериментатора.
- ✓ Прибор находится под напряжением 220 В! Проверьте заземление!
Не касайтесь токоведущих проводов.
- ✓ Не работайте вблизи источников вибраций (работающих электродвигателей, электромагнитов и т. п.)!
- ✓ При появлении посторонних шумов и вибрации немедленно выключить прибор и сообщить преподавателю!

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит шероховатость поверхности?
2. Как определяется средняя линия профиля на профилограмме?
3. На каких базах определяется шероховатость на профилографо-профилометре «Абрис-ПМ7»?
4. Как определяется наибольшая высота неровностей профиля R_{\max} ?
5. Приведите технические характеристики прибора Абрис ПМ 7, Перечислите основные узлы и укажите их назначение.
6. Каким символом обозначается параметр шероховатости поверхности?
7. Запишите формулу вычисления высоты неровностей по десяти точкам.
8. Запишите формулу вычисления средне квадратичного отклонения профиля поверхности.

Учебное издание

Сергей Николаевич **Паршев**
Александр Юрьевич **Иванников**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ
ПОВЕРХНОСТИ**

Методические указания к лабораторной работе

Темплан 2010 г. (учебно-методическая литература). Поз. № 140.
Подписано в печать 26.05.2010. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Гарнитура Times. Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93.
Тираж 10 экз. Заказ

Волгоградский государственный технический университет.
400131, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28, корп. 1.

Отпечатано в типографии ИУНЛ ВолгГТУ.
400131, г. Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28, корп. 7.