

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра технологии машиностроения

Составитель
О. Н. Дегтярева

ОБРАБОТКА ПРОФИЛОГРАММЫ

**Методические указания к практическому занятию № 8
по дисциплине «Метрология, стандартизация
и сертификация»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией специальности
23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства
в качестве электронного издания
для использования в учебном процессе

Кемерово 2025

Рецензенты:

Кудреватых А. В., кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой эксплуатации автомобилей, председатель учебно-методической комиссии специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства

Махалов М. С., кандидат технических наук, доцент кафедры технологии машиностроения ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Дегтярева Ольга Николаевна

Обработка профилограммы : методические указания к практическому занятию № 8 по дисциплине «**Метрология, стандартизация и сертификация**» для студентов специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра технологии машиностроения ; составитель О. Н. Дегтярева. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (584 Кб). – Текст : электронный.

В методических указаниях изложен теоретический материал по теме практического занятия. Приведены контрольные вопросы.

Методические указания предназначены для студентов, обучающихся по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация».

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2025
© Дегтярева О. Н., составление,
2025

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ № 8

ОБРАБОТКА ПРОФИЛОГРАММЫ

1. ЦЕЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Цель работы – получить практические навыки определения параметров шероховатости.

Содержание работы – обработать профилограмму, определить все параметры шероховатости поверхности

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Шероховатостью поверхности называется совокупность неровностей поверхности с относительно малым шагом, выделенная с помощью базовой длины.

Базовой длиной называется длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.

Шероховатость поверхности по ГОСТ 2789-73 оценивают следующими параметрами (рис. 1):

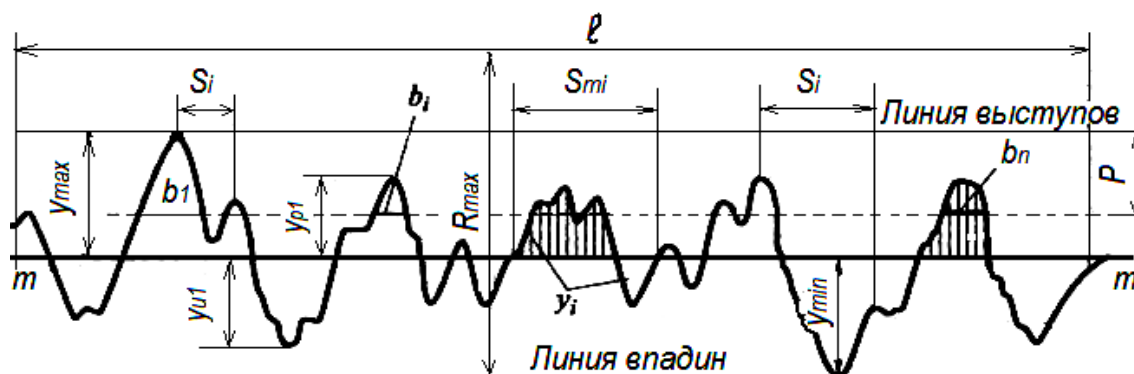


Рис. 1. Основные параметры шероховатости поверхности

1) **средним арифметическим отклонением профиля (R_a)** – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины.

2) **высотой неровностей профиля по десяти точкам (R_z)** – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших

выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины.

3) **наибольшей высотой профиля (R_{\max})** – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

4) **средним шагом неровностей профиля (S_m)** – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины.

5) **средним шагом местных выступов профиля (S)** – среднее значение шага местных выступов профиля в пределах базовой длины.

6) **относительной опорной длиной профиля (t_p)** – отношение опорной длины к базовой длине.

Соответствия числовых значений параметров шероховатости установлено ГОСТ 2789-73 (табл. 1).

Таблица 1

l , мм	R_z, R_{\max} , мкм	R_a , мкм
0,08	До 0,01	До 0,025
0,25	Св. 0,01 до 1,6	Св. 0,025 до 0,4
0,8	Св. 1,6 до 12,5	Св. 0,4 до 3,2
2,5	Св. 12,5 до 50	Св. 3,2 до 12,5
8	Св. 50 до 400	Св. 12,5 до 100

Контроль шероховатости поверхности может быть качественным и количественным. Качественный контроль шероховатости поверхности проводится путем визуального сравнения реальной поверхности элемента с образцом шероховатости.

Количественно шероховатость поверхности измеряют: бесконтактным методом оптическими приборами, контактным методом щуповыми приборами.

3. ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ

В практической работе использованы следующие приборы и принадлежности:

- профилограф-профилометр мод. 201;
- линейка;
- счетное устройство.

3.1. Профилограф-профилометр

Профилограф-профилометр блочной конструкции мод. 201 имеет малую измерительную силу (до 0,1 см), благодаря чему позволяет измерить шероховатость без повреждения поверхности деталей с покрытиями, деталей из цветных металлов, пластмасс и других неметаллических материалов. Он оценивает шероховатость поверхности по R_a на базовых длинах от 0,08 до 2,5 мм.

По профилограммам можно определить параметры R_a , R_z , R_{\max} , S , S_m , t_p .

Профилограф-профилометр мод. 201 является прибором щупового типа, работающим на индуктивном принципе. Прибор предназначен для точных измерений шероховатости и волнистости поверхности деталей в лабораторных условиях. При этом определение шероховатости поверхности может проводиться:

- по параметру R_a для классов чистоты от 5-го до 12-го, в этом случае отсчет величины R_a берется по показывающему прибору;

- по записи в увеличенном масштабе профиля микронеровностей (профилограмма поверхности для классов чистоты от 5-го до 14-го), в этом случае производится определение параметров R_z или R_a путем обработки профилограммы.

Прибор позволяет производить измерения с различными величинами базовой длины, что значительно расширяет его эксплуатационные возможности.

Погрешность показаний по показывающему прибору $\pm 10 \%$ от измеряемой величины.

3.2. Устройство профилографа-профилометра мод. 201

Профилограф-профилометр (рис. 2) имеет несколько независимых блоков. Стойку 1 с кареткой, универсальный столик 2, датчик 3, мотопривод 4, электронный блок 5 с показывающим прибором 20, записывающий прибор 6. Также состоит из нескольких составляющих частей: контрольный прибор 7; тумблер контрольного прибора 18; винты 9, 27; ручка 12; маховик 13; рычаг 15; блок регулирования

17; переключатели 8, 11, 16, 19, 22, 23, 24; показывающий прибор 20; рукоятка 21; тумблер включения в сеть 25; тумблер выключения 26.

Мотопривод 4 с жестко закрепленным на нем датчиком 3 перемещается по стойке при помощи маховика 14. Точная установка датчика в рабочее положение производится маховиком 10. Винтами столика 2 можно перемещать контролируемую деталь в двух взаимно перпендикулярных направлениях. К прибору прикладывается призма со съемным столиком для проверки цилиндрических деталей и другие приспособления для установки контролируемых деталей.

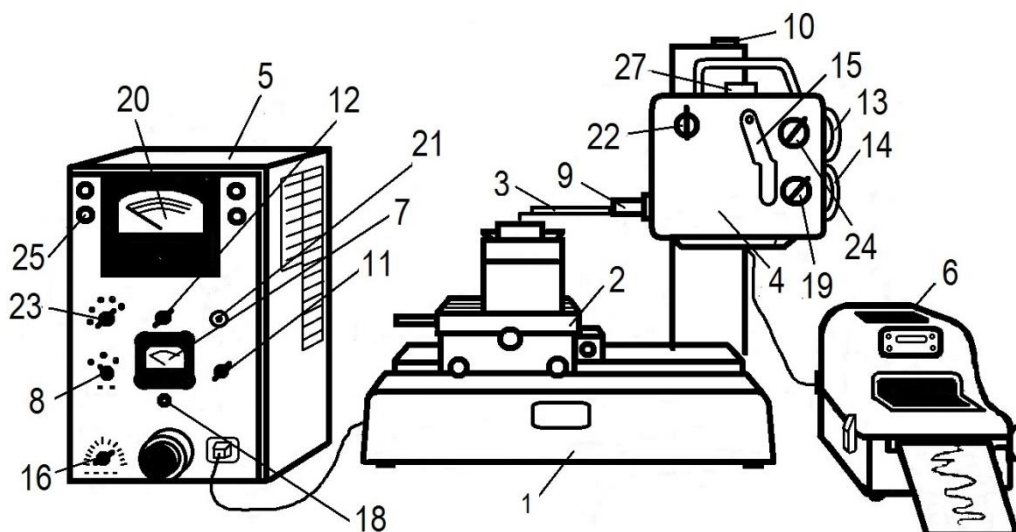


Рис. 2. Профилограф-профилометр мод. 201

Действие прибора основано на принципе ощупывания исследуемой поверхности алмазной иглой и преобразования колебаний иглы в измерение напряжения индуктивным методом.

4. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Перед выполнением работы студенту выдают профилограмму. На ней указаны значения вертикального (p) и горизонтального (q) увеличения, с которым записана профилограмма. На профилограмме выполнить все дополнительные построения необходимые для определения значений параметров шероховатости.

4.1. Определить значение параметра R_z .

На профилограмме выбирать участок с пятью наиболее характерными, расположенными последовательно, выступами и впадинами. На этом участке провести среднюю линию $m-m$. Затем измерить линейкой (в миллиметрах и без учета знака) значения пяти высот выступов y_{pi} и пяти глубин впадин профиля y_{vi} (см. рис. 1).

Определить R_z (мкм) по формуле

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

где y_{pi} – высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{vi} – глубина i -й наибольшей впадины профиля; p – вертикальное увеличение профилограммы.

4.2. Определить базовую длину.

По ГОСТ 2789-73 определить значение базовой длины l , соответствующее полученному значению R_z (табл. 1). Значение базовой длины в масштабе профилограммы $l_{пр}$ (мм) определить по формуле

$$l_{пр} = l \cdot q, \quad (2)$$

где l – значение базовой длины по ГОСТ 2789-73; q – горизонтальное увеличение профилограммы.

4.3. Определить положение средней линии профиля.

Уравнение средней линии профиля определяется по способу наименьших квадратов. Средняя линия прямая, может проходить не параллельно краю профилограммы. На средней линии отложить отрезок равный базовой длине $l_{пр}$. Ограничить участок двумя линиями, перпендикулярными средней линии.

Все остальные измерения проводить в пределах базовой длины.

4.4. Определить значение параметра R_a .

Весь участок базовой длины разбить на интервалы $\Delta x = 5$ мм. Восстановить перпендикуляры к средней линии из этих точек до пересечения с линией выступов или впадин.

Измерить расстояния y_i от линии действительного профиля (в миллиметрах и без учета знака) до средней линии (см. рис. 1).

Значение R_a в мкм определить по формуле:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n} \cdot \frac{1000}{p}, \quad (3)$$

где y_i – абсолютное значение отклонения профиля; n – число выбранных точек профиля на базовой длине; p – вертикальное увеличение профилограммы.

4.5. Определить значение параметра R_{\max} .

На участке базовой длины l через наивысшую точку выступов провести линию, параллельную средней линии – линия выступов, и через низшую точку впадин параллельную средней линии – линия впадин (см. рис. 1). Измерить значения y_{\max} и y_{\min} (в миллиметрах и без учета знака) как расстояние от средней линии до наивысшей или низшей точки реального профиля соответственно.

Значение R_{\max} (мкм) определить по формуле

$$R_{\max} = (y_{\max} + y_{\min}) \cdot \frac{1000}{p}, \quad (4)$$

где y_{\max} – расстояние от средней линии до наивысшей точки выступа; y_{\min} – расстояние от средней линии до наименьшей точки впадины; p – вертикальное увеличение профилограммы.

4.6. Определить средний шаг местных выступов S .

Для этого на участке базовой длины l измерить последовательно все шаги местных выступов S_i (см. рис. 1).

Средний шаг местных выступов S (мм) определить по формуле

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{n} \cdot \frac{1}{q}, \quad (5)$$

где n – число шагов неровностей в пределах базовой длины; S_i – шаг неровностей профиля по вершинам, равный длине отрезка средней линии между проекциями на неё двух наивысших точек соседних выступов профиля; q – горизонтальное увеличение профилограммы.

4.7. Определить средний шаг неровностей профиля S_m .

В пределах базовой длины измерить последовательно шаги по средней линии n – число шагов неровностей в пределах базовой длины (см. рис. 1).

Средний шаг неровностей S_m (мм) определить по формуле

$$S_m = \frac{\sum_{i=1}^n S_{mi}}{n} \cdot \frac{1}{q}. \quad (6)$$

где n – число шагов неровностей в пределах базовой длины; S_m – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, пересекающей профиль в трех соседних точках, и ограниченный двумя крайними точками.

4.8. Определить значения величины относительной опорной длины t_p на различных уровнях.

Последовательно провести секущие прямые параллельные средней линии на уровнях p , равных 25 %, 50 %, 75 % от R_{\max} . Уровню 0 % соответствует линия выступов, уровню 100 % – линия впадин.

Измерить величину опорной длины на каждом уровне (см. рис. 1). Значения b_i и l измерять в миллиметрах.

Значения относительной опорной длины t_p каждого уровня определить по формуле

$$t_p = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{l} \cdot 100\%, \quad (7)$$

где b_i – длина отрезка, в пределах базовой длины, отсекаемая на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии измеренная; l – базовая длина; n – число отрезков в пределах базовой длины.

По результатам расчетов построить график изменения t_p на каждом уровне сечения P .

5. ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

Отчет оформить в виде таблицы (приложение 1).

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 6.1. Что называется шероховатостью поверхности?
- 6.2. Какими параметрами характеризуется шероховатость?
- 6.3. Правила обозначения шероховатости на чертежах.

7. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

7.1. ГОСТ 2789–73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики : межгосударственный стандарт : введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 23.04.1973 № 995 : дата введения 1975–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1981. – 10 с.

7.2. ГОСТ 25142–82. Шероховатость поверхности. Термины и определения : межгосударственный стандарт : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 18

февраля 1982 г. № 730 : дата введения 1983–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1984. – 10 с.

Примечание:

С 01.01.2026 ГОСТ 2789–73 утрачивает силу на территории РФ в связи с изданием Приказа Росстандарта от 26.12.2024 № 2028-ст. Взамен вводится в действие ГОСТ Р 71448–2024. Оптика и фотоника. Шероховатость поверхности. Параметры и типы направлений неровностей поверхности. (Источники: Технорматив, Консультант+).

ОТЧЕТ К ПРАКТИЧЕСКОМУ ЗАНЯТИЮ № 8

ОБРАБОТКА ПРОФИЛОГРАММЫ

Измерительный прибор		Диапазон		Погрешность									
1. Определение R_z: $R_z =$													
i	1	2	3	4	5	$l, \text{ мм}$							
y_{imax}													
y_{imin}													
2. Определение R_a: $R_a =$													
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
y_i													
i	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
y_i													
i	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
y_i													
i	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52
y_i													
i	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65
y_i													
3. Определение R_{max}: $R_{\text{max}} =$													
$y_{\text{max}} =$						$y_{\text{min}} =$							
4. Определение S: $S =$													
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S_i													
5. Определить S_m: $S_m =$													
i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
S_{mi}													
6. Определить t_p													
$P, \%$	0	25	50	75	100								
$t_p, \%$													