

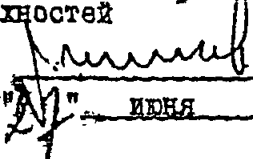
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО СТАНДАРТАМ  
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИ-  
ЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ (ВНИИМС)



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ГСИ. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ  
ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПО  
ГОСТ 2789-73 ПРИ ПОМОЩИ ПРИБОРОВ ПРО-  
ФИЛЬНОГО МЕТОДА

МИ 41-88

Начальник отдела метрологии  
качества обработанных поверх-  
ностей

  
В. С. Лукьянов  
"27" июня 1988 г.

МОСКВА, 1988

## РАЗРАБОТАНЫ

Всесоюзным научно-исследовательским институтом  
метрологической службы ВНИИМС

Директор	В.В.Сажин
Нач.отдела	В.С.Лукьянов
Исполнители	Г.Н.Самбурская , Н.А.Табачникова

## ПОДГОТОВЛЕНЫ К УТВЕРЖДЕНИЮ

Отделом метрология качества обработанных поверхностей  
Всесоюзного научно-исследовательского института  
метрологической службы ВНИИМС

Нач.отдела	В.С.Лукьянов
------------	--------------

## УТВЕРЖДЕНЫ

Всесоюзным научно-исследовательским институтом  
метрологической службы ВНИИМС

Зам.директора на научной работе	В.В.Горбатых
------------------------------------	--------------

## Методические указания

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ:

## МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ

## ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПО ГОСТ 2789-73

## ПРИ ПОМОЩИ ПРИБОРОВ ПРОФИЛЬНОГО МЕТОДА

МИ 41-85

Настоящая методика распространяется на методы выполнения измерений параметров шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $R_{max}$ ;  $S$ ,  $S_m$ ,  $t_p$  при помощи приборов профильного метода и устанавливает процедуры для обеспечения правильных и сопоставимых результатов измерения шероховатости поверхности деталей при контроле производственного процесса и приемочного контроля готовых изделий.

Все термины и определения, используемые в данной методике, соответствуют ГОСТ 25142-82.

## I. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.

Решение о правильности контролируемого производственного процесса и годности поверхности готовой детали принимается на основе сравнения значений параметров шероховатости контролируемой поверхности детали с требованиями, установленными в чертежах или технической документации.

Контролируемая поверхность детали может иметь однородную шероховатость или иметь отдельные участки с резко отличающейся шероховатостью. Это может быть установлено при визуальном осмотре поверхности.

В тех случаях, когда контролируемая поверхность имеет однородную шероховатость, то для сравнения с требованиями, установлен-

ными в чертежах или технической документации, используются значения параметров шероховатости, определенные по всей контролируемой поверхности.

В тех случаях, когда контролируемая поверхность имеет отдельные участки с резко отличающейся шероховатостью, для сравнения с требованиями, установленными в чертежах или технической документации, должны использоваться значения параметров шероховатости, определенные по участкам с резко отличающейся шероховатостью.

Для требований с верхним пределом параметра шероховатости используются участки контролируемой поверхности с большей шероховатостью, т.е. с наибольшим значением параметра шероховатости. Для требований с нижним пределом параметра шероховатости используются участки контролируемой поверхности с меньшей шероховатостью.

Если шероховатость контролируемой поверхности или ее участков значительно отличается от требований, установленных чертежом, то в этих случаях для контроля шероховатости поверхности может быть использован метод визуальной оценки или метод сравнения с образцом шероховатости по ГОСТ 9378-75. В таких случаях эти методы могут дать однозначное решение.

В других случаях для контроля шероховатости поверхности должны быть использованы методы измерения с помощью приборов.

Если требования заданы верхним пределом значения параметра шероховатости поверхности, поверхность признается годной, если не более 16 % от числа измеренных значений параметра шероховатости всей контролируемой поверхности превосходят значение, установленное чертежом или технической документацией. В случае, когда установлен нижний предел, поверхность признается годной, если не более 16 % от числа измеренных значений параметра шероховатости меньше установленного значения.

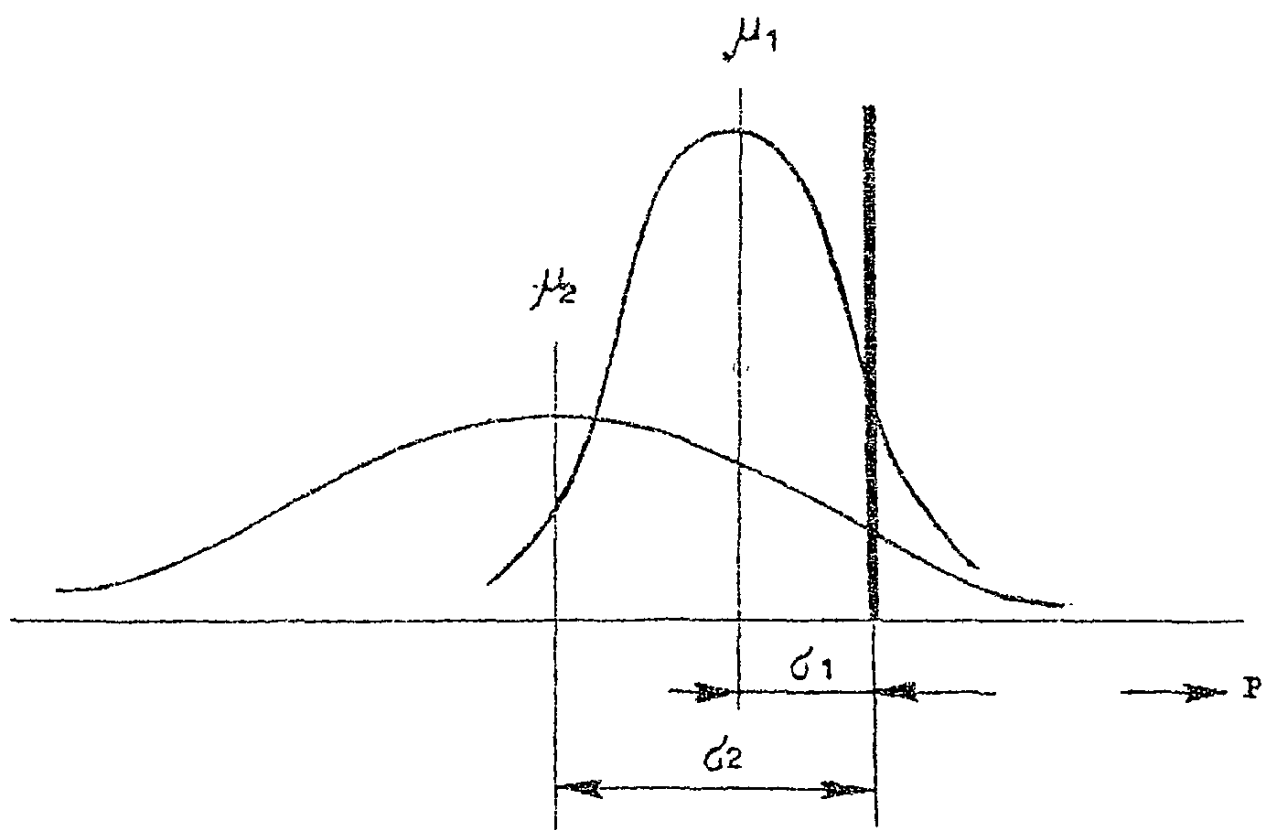
Примечание: В тех случаях, когда значения параметра шероховатости контролируемой поверхности распределены по нормальному закону, определение верхнего предела как зоны, которую могут превосходить 16 % измеренных значений параметра шероховатости поверхности, соответствует границе, определяемой величиной в  $\mu + \sigma$ , где  $\mu$  - среднее арифметическое значение параметра шероховатости и  $\sigma$  - стандартное отклонение этих значений. Чем больше значение  $\sigma$ , тем дальше от установленной границы (верхнего предела) будет располагаться среднее значений параметра шероховатости  $\mu$  (черт.1).

## 2. ПРИМЕНЕНИЕ КОНТАКТНЫХ ПРОФИЛОМЕТРОВ, ПРОФИЛОГРАФОВ С ГРАФИЧЕСКОЙ РЕГИСТРАЦИЕЙ ПРОФИЛЯ, МИКРОИНТЕРФЕРОМЕТРОВ, ПРИБОРОВ СВЕТОВОГО СЕЧЕНИЯ

Для принятия решения о годности поверхности детали используется среднее значение параметра шероховатости, найденное из совокупности единичных значений параметра шероховатости поверхности, каждое из которых измерено на одной длине оценки.

Надежность принятия решения о годности контролируемой поверхности и точность оценки среднего значения параметра шероховатости этой же поверхности зависят от числа базовых длин в пределах длины оценки, на которой было измерено единичное значение параметра шероховатости и количества этих длин оценки (число измерений по поверхности). Наименьшая длина оценки равна базовой длине.

Чем больше число измерений по поверхности и длина оценки, тем с большей надежностью может быть принято решение о годности контролируемой поверхности и с большей точностью определено среднее



Черт. I

значение параметра шероховатости.

Однако, увеличение числа измерений связано с увеличением времени измерений и стоимости. Поэтому процедура контроля должна быть результатом соответствующего компромисса.

В приложении к настоящей методике приведена для информации одна из возможных процедур контроля шероховатости поверхности детали.

### 2.1. Настройка прибора и установка образца

Перед измерением прибор настраивается в соответствии с инструкцией по пользованию им.

Поверхность контролируемого образца устанавливается так, чтобы направление сечения, определяющего профиль, совпадало с указанным в технической документации, утвержденной в установленном порядке.

Для изотропной поверхности (свойства которой одинаковы в различных направлениях) направление сечения может быть любым.

### 2.2. Выбор увеличений прибора

Вертикальное и горизонтальное увеличения профилографа должны выбираться из технических требований тех устройств, которые используются для дальнейшей обработки профиля.

Вертикальное увеличение при этом должно быть наибольшим из возможных. Угол наклона боковых сторон  $\beta$  неровностей на профилеграмме должен быть не более  $80^\circ$ .

Вертикальное увеличение микроинтерферометра, определяемое через ширину интерференционной полосы выбирается исходя из оптимального числа полос в поле изображения прибора.

Увеличение прибора светового сечения выбирается в зависимости от предполагаемого числового значения измеряемого параметра и числового значения базовой длины.

Данные, необходимые для выбора увеличения, приведены в описании прибора.

### 2.3. Выбор отсечки шага

Отсечка шага выбирается равной базовой длине, указанной в требованиях к шероховатости поверхности контролируемой детали.

В тех случаях, когда требования к базовой длине не указаны в технической документации, при измерении параметров  $R_a, R_z, R_{max}$  должны использоваться значения, приведенные в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Базовые длины и длины оценок для измерения параметра  $R_a$  неперiodических профилей (например, шлифованные профили)

$R_a$ , $\mu\text{m}$		Базовая длина, $l$ , мм	Длина оценки, $l_n$ , мм
	До 0,025	0,08	0,4
Св. 0,025	" 0,4	0,25	1,25
" 0,4	" 3,2	0,8	4,0
" 3,2	" 12,5	2,5	12,5
" 12,5	" 100,0	8,0	40,0

Таблица 2

Базовые длины и длины оценок для измерения параметров  $R_z, R_{max}$  неперiodических профилей (например, шлифованных профилей)

$R_z, R_{max}$ , $\mu\text{m}$		Базовая длина, $l$ , мм	Длина оценки, $l_n$ , мм
	До 0,10	0,08	0,4
Св. 0,10	" 1,6	0,25	1,25
" 1,6	" 12,5	0,8	4,0
" 12,5	" 50,0	2,5	12,5
" 50,0	" 400,0	8,0	40,0



При измерении параметров шероховатости профилей, близких к периодическим (например, обточенных) отсчетку шага  $\lambda_B$  следует выбирать из условия, чтобы средний шаг неровностей  $s_m$  не превышал  $0,2 \lambda_B$ , т.е. на базовой длине должно быть не менее 10 точек пересечения профиля со средней линией.

Параметры шероховатости  $s$ ,  $s_m$  и  $t_p$  измеряются на той же базовой длине, которая установлена для высотного параметра измеряемой поверхности.

#### 2.4. Выбор длины участка измерения (длины оценки) $l_n$

Для профилометров, с аналоговым  $2 \sigma$  -фильтром, в которых длина оценки устанавливается количеством базовых длин, а для профилографов длина оценки выбирается в соответствии с табл. 1 и 2.

Для профилометров других типов длина оценки устанавливается в зависимости от базовой длины в соответствии с инструкцией по пользованию прибором.

#### 2.5. Выбор опоры датчика

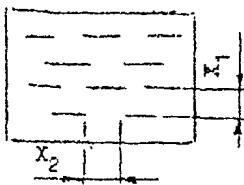
При обычных измерениях может применяться опора, радиус кривизны рабочей части которой должен быть не менее 50 значений базовой длины (отсечки шага).

При базовой длине 2,5 мм и более, в при ответственных измерениях используется независимая опора.

#### 2.6. Расположение участков измерения

Если направление измерения не указано, то деталь устанавливается так, чтобы направление сечений соответствовало наибольшим значениям высотных параметров шероховатости ( $R_a$ ,  $R_z$  или  $R_{max}$ ). Это направление будет перпендикулярно направлению неровностей измеряемой поверхности. Для изотропных поверхностей направление сечения может быть любым.

Участки измерения должны быть расположены по возможности равномерно на всей поверхности (черт. 2).



Черт. 2

Расстояния между участками измерения должны обеспечивать практическую некоррелированность параметров шероховатости, определенных на соседних трассах. Для большинства технических поверхностей этим условиям удовлетворяют расстояния:

$$X_1 = X_2 \geq 2 \text{ mm}$$

В тех случаях, когда размеры измеряемой поверхности малы и такими расстояниями задаться невозможно, рекомендуется определять минимальное расстояние между соседними трассами для поверхностей с преимущественно случайным распределением неровностей (шлифование, поларование и т.п.) следующим образом.

2.6.1. Для поверхности, на которой не наблюдаются явно направленные следы обработки, получают профилограмму в произвольном направлении. На каждом базовом участке, длина которого ( $l \cdot v_{\text{д}}$ ) определяется базовой длиной  $l$  и горизонтальным увеличением

$v_{\text{д}}$ , проводят вспомогательную среднюю линию визуальным методом таким образом, чтобы она была параллельна общему направлению

профиля в пределах базовой длины или длины оценки, а площади по обеим сторонам от средней линии до профиля были равны между собой. Длина профилограммы  $L_1$  в мм может содержать несколько базовых участков и должна быть такой, чтобы в ее пределах находилось около пятидесяти пересечений профиля со средними линиями.

2.6.2. Определить числовое значение коэффициента  $\lambda$  по формуле

$$\lambda = \frac{n}{m}$$

где  $n$  - число пересечений профиля со средней линией на длине

$L_1$

$m$  - число местных выступов профиля на длине  $L_1$ .

Примечание: При определении по профилограмме числа местных выступов профиля учитывать 10% дискриминацию местных выступов, т.е. местный выступ, высота которого не превышает 10% от  $R_{max}$ , не учитывать.

2.6.3. Определить значение интервала корреляции  $\tau_k$  в миллиметрах по формуле

$$\tau_k = \frac{\tau \cdot L_1}{n \cdot V_H}$$

где  $\tau$  - относительный интервал корреляции, определяемый в зависимости от коэффициента  $\lambda$  из табл. 3.

Таблица 3

Таблица значений  $\tau$

$\lambda$	от 0,4 до 0,8	св. 0,8 до 1,6	св. 1,6 до 1,95
$\tau$	1,5	I	2,5

2.6.4. Минимальное расстояние между участками измерения на образце принимают равным

$$X_1 = X_2 \geq 10 Z_k$$

Для анизотропных поверхностей (поверхностей, свойства которых неодинаковы в различных направлениях)  $X_2$  определяют по этой же методике, получая профилограмму в направлении, указанном в технической документации, а  $X_1$  — в перпендикулярном направлении.

## 2.7. Проведение средней линии

2.7.1. При использовании профилометров с электрическими волновыми и цифровыми фильтрами (в соответствии с ИСО 3274) получение средней линии обеспечивается самим прибором.

2.7.2. При использовании профилографов без электрических фильтров средняя линия определяется визуально, в пределах базового участка  $l_p = l_n V_h$ , где  $V_h$  — горизонтальное увеличение.

При использовании профилографов с электрическим фильтром средняя линия определяется визуальным методом в пределах участка длины оценки  $l_p = l_n V_h$ .

2.7.3. При использовании измерительных систем с универсальными компьютерами процедура выделения шероховатости в программном обеспечении должна соответствовать процедуре, определенной в ГОСТ 25142-82, а средняя линия определяется по формуле:

$$m = a + tg \alpha (x - \bar{x})$$

где  $\bar{x}$  — точка, лежащая на середине базовой длины  $l$ .

Угол  $\alpha$  определяется из формулы

$$t_{\beta}^2 = 2 \frac{\Delta x \left[ \sum_{i=1}^N i h_i - a \frac{N(N+1)}{2} \right]}{(\Delta x)^2 \frac{N(N^2-1)}{12} - \sum_{i=1}^N h_i^2 + a^2 N}$$

Коэффициент  $a$  определять из формулы

$$a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N h_i$$

где  $h_i$  — ординаты профиля в дискретных точках, расстояние между которыми равно шагу дискретизации;

$N$  — число точек на выбранном участке;

$i$  — номер ординаты;

$x$  — шаг дискретизации.

$$\Delta x = 0,5 \tau_k$$

## 2.8. Выбор длины измерения

Для обеспечения заданной точности измерения среднего значения параметра  $R_a$  длину измерения в миллиметрах определить в зависимости от заданной допустимой относительной погрешности  $\varepsilon$  и доверительной вероятности  $\beta$  по формуле

$$L = 0,4 \frac{t_{\beta}^2 \tau_k}{\varepsilon^2}$$

где  $t_{\beta}$  — квантиль порядка  $\beta$ , определяемый из табл.4.

Таблица 4

$\beta$	0,680	0,870	0,950	0,988	0,997
$t_{\beta}$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0

Число базовых длин  $q$  определяют по формуле

$$q = L/l$$

Если  $q$  - не целое число, то его округляют до ближайшего большего целого.

### 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ

3.1. При использовании профилометров каждый из параметров определяется в соответствии с процедурой, заданной в применяемом приборе.

3.2. При использовании профилографов, а также приборов светового сечения и микроинтерферометров, параметры шероховатости  $R_a$ ,  $R_z$ ,  $S$ ,  $S_m$ ,  $t_p$  определяются в соответствии с процедурой ГОСТ 25142-82 и с учетом выбранных вертикального и горизонтального увеличений и инструкцией по пользованию прибором.

Примечание: В связи с трудоемкостью измерения, параметр  $R_a$  не рекомендуется измерять на приборах типа профилограф (контактных или оптических).

### 3.3. Среднее значение параметра шероховатости.

Среднее значение параметра шероховатости  $\bar{P}$  для всей поверхности определяют по формуле

$$\bar{P} = \frac{1}{q} \sum_{j=1}^q P_j$$

- где  $F_j$  - значения одного из параметров ( $R_a, R_z, R_m, S, S_m, t_p$ ),  
определяемого на каждой базовой длине  $l$  ;
- $q$  - число базовых длин, используемых для определения  
среднего значения параметра шероховатости поверх-  
ности.

## ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

## Пример методики контроля шероховатости поверхности

Приведенный пример показывает одну из возможных методик контроля шероховатости поверхности детали.

## 1. Визуальный контроль

Контроль начинается с визуального отбора тех деталей, которые не требуют применения более точных методов контроля, например, из-за того, что шероховатость таких деталей значительно меньше или значительно больше той, которая указана на чертеже, или из-за того, что присутствуют недопускаемые дефекты.

## 2. Сравнительный контроль

Если визуальный контроль не дает возможности принять однозначное решение, должно производиться органолептическое сравнение с образцом шероховатости сравнения, по ГОСТ 9378-75.

## 3. Контроль с помощью приборов

Если сравнительный контроль не позволяет принять однозначное решение, следует произвести измерения.

Измерения следует производить на той части поверхности, где при визуальном контроле можно ожидать критические значения.

3.1. В случае если параметр задан наибольшим значением, поверхность может признана годной, если:

- первое измеренное значение не превышает 70% от установленного значения (указанного на чертеже);

- первые три измеренных значения не превышают установленного значения;

- не более, чем одно из первых шести измеренных значений превышает установленное значение;



- не более, чем два из первых 12 измеренных значений превышают установленное значение.

Иногда производят более 12 измерений (например, перед отбраковкой дорогостоящих деталей), например, 25 измерений, причем 4 из них могут превышать значение, указанное на чертеже.

Наиболее надежные результаты контроля шероховатости поверхности достигается при использовании измерительных приборов, поэтому, особенно для ответственных деталей, методика контроля может сразу начинаться с применения измерительных приборов.