

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
**«КУЗБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Т. Ф. ГОРБАЧЕВА»**  
филиал КузГТУ в г. Прокопьевске

Кафедра технологии и комплексной механизации горных работ

## **ШЕРОХОВАТОСТЬ И ВОЛНИСТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ**

Методические указания к практическим занятиям  
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»  
для студентов СПО всех специальностей

Составитель: **Л. Ф. Кожухов**

Рассмотрены и утверждены  
на заседании кафедры  
Протокол № 1 от 28.08.2018 г.

Рекомендованы к изданию  
учебно-методической комиссией  
Протокол № 1 от 28.08.2018 г.

Электронный ресурс находится  
в библиотеке филиала КузГТУ  
в г. Прокопьевске

Прокопьевск 2018

Рецензент:  
к. т. н., доцент кафедры «Технология машиностроения»  
филиала КузГТУ в г. Прокопьевске  
**Мирошин И. В.**

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                 | 4  |
| 1. Цель и задачи работы .....                                  | 5  |
| 2. Шероховатость поверхности .....                             | 5  |
| 2.1. Общие сведения .....                                      | 5  |
| 2.2. Параметры шероховатости .....                             | 7  |
| 2.2.1. Среднее арифметическое отклонение профиля $R_a$ .....   | 8  |
| 2.2.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам $R_z$ ..... | 8  |
| 2.2.3. Наибольшая высота неровностей профиля $R_{max}$ .....   | 9  |
| 2.2.4. Средний шаг неровностей профиля $S_m$ .....             | 10 |
| 2.2.5. Средний шаг местных выступов профиля $S$ .....          | 11 |
| 2.2.6. Относительная опорная длина профиля $t_r$ .....         | 11 |
| 2.3. Обозначение шероховатости на чертежах .....               | 12 |
| 2.4. Нормирование параметров шероховатости поверхности .....   | 17 |
| 3. Волнистость .....                                           | 22 |
| 4. Измерение шероховатости и волнистости поверхности .....     | 23 |
| 5. Методические указания к практической работе .....           | 27 |
| 5.1. Задания .....                                             | 27 |
| 5.2. Порядок выполнения работы .....                           | 30 |
| 5.3. Сдача практических работ .....                            | 30 |
| 6. Контрольные вопросы .....                                   | 31 |
| Литература .....                                               | 31 |
| Приложение .....                                               | 32 |

## ВВЕДЕНИЕ

Шероховатость поверхности, а также погрешности формы и расположения и физико-химические характеристики являются важнейшими показателями свойства поверхности деталей машин, определяющими её износостойкость и тем самым непосредственно влияющими на надёжность работы изделия в целом. Шероховатость поверхности тесно связана с технологией производства и методами обработки детали, а также экономикой производства, поскольку повышение чистоты поверхности любого элемента детали неизбежно вызывает использование более совершенных и дорогих технологий обработки, обрабатывающего оборудования и более высокой квалификации исполнителей. С одной стороны, чрезмерно высокая чистота поверхности сопрягаемых деталей может вызвать эффект «залипания», что приводит к повышению износа и неравномерной работе составных элементов машин. С другой стороны, низкая шероховатость поверхности неизбежно вызывает повышенный износ, нарушение заложенных в конструкцию зазоров и натягов и снижение ресурса изделия.

Улучшение качества обработки поверхности и уменьшение величины шероховатости приводят к увеличению ресурса детали. Шероховатость оказывает решающее влияние на эксплуатационные свойства машин: износостойкость, коррозионную стойкость, долговечность, прочность и т. д. Качество поверхности – это вместе взятые шероховатость и состояние поверхностного слоя металла. Если сравнивать шероховатую и идеально гладкую поверхности, то каждую точку шероховатой поверхности можно представить как точку гладкой поверхности, отклонившуюся на некоторую величину от начального положения.

Параметры шероховатости являются физическими величинами, определяющими шероховатость как свойство реальных поверхностей, и составляют метрологическую основу соответствующей области измерений. Для оценки неровности сравнивают с некоторой линией, принятой за базу. Выбор номинального профиля в качестве базовой линии физически соответствует сравнению шероховатого профиля с идеальным, гладким, номинальной формы.

Методические указания к практическим занятиям «Шероховатость и волнистость поверхности» по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» предназначены для студентов специаль-

ности 23.02.03 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта. Методические указания составлены в соответствии с учебным планом по дисциплине, содержат информацию о стандартизации и взаимозаменяемости в Российской Федерации, единой системе допусков и посадок, шероховатости и волнистости поверхностей, а также контрольные вопросы для практических занятий и направлены на закрепление, углубление и расширение знаний по учебной дисциплине, на приобретение навыков по работе со справочной литературой, нормированию, назначению и контролю шероховатости при изготовлении и эксплуатации изделия. Даются четкие методические указания по выполнению работы и содержанию отчета.

## **1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ**

**Цель работы:** назначение и контроль шероховатости (волнистости) поверхности.

**Задачи работы:**

- Изучение нормируемых параметров шероховатости поверхности деталей, их влияния на работоспособность сопрягаемых поверхностей деталей.
- Научиться правильно читать сборочные чертежи и рабочие чертежи с обозначением допустимой величины шероховатости поверхностей.
- Научиться устанавливать шероховатость поверхности для деталей разного назначения.
- Научиться обозначать шероховатость поверхности на чертежах.
- Изучить методы контроля шероховатости.

**Время выполнения работы:** 2 часа.

## **2. Шероховатость поверхности**

### **2.1. Общие сведения**

**Шероховатость поверхности [1]** – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенную с помощью базовой длины. Измеряется в микрометрах (мкм).

Шероховатость относится к микрогеометрии твёрдого тела и определяет его важнейшие эксплуатационные свойства. Прежде всего износостойкость от истирания, прочность, плотность (герметичность) соединений, химическая стойкость, внешний вид. В зависимости от условий работы поверхности назначается параметр шероховатости при проектировании деталей машин, также существует связь между предельным отклонением размера и шероховатостью. Исходная шероховатость является следствием технологической обработки поверхности материала, например, абразивами. В результате трения и изнашивания параметры исходной шероховатости, как правило, меняются. Профилограмма поверхности приведена на рисунке 1.

**Базовая длина  $l$**  – длина базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности (рисунок 1). Числовые значения базовой длины выбирают из ряда: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; 25 мм.

**Базовая линия** (поверхность) – линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности.

При нормировании и определении числовых значений параметров шероховатости в ГОСТ 2789-73 [2] за базу принимается средняя линия профиля на базовой длине  $l$ .

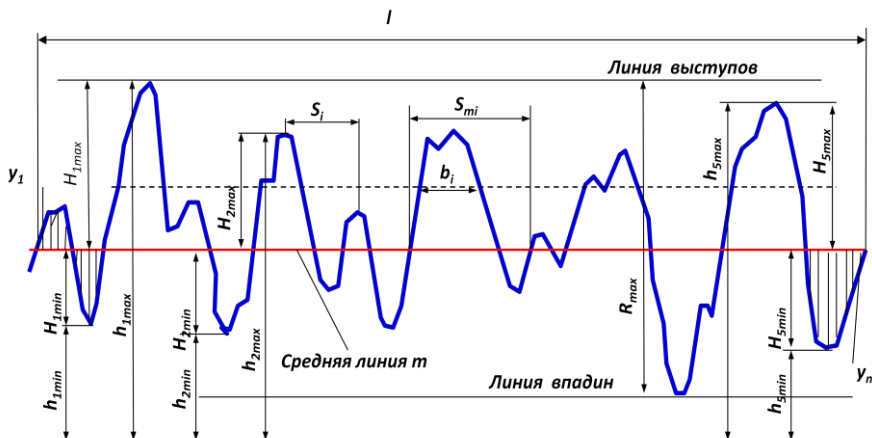


Рисунок 1. Профилограмма поверхности

$l$  – базовая длина;  $t$  – средняя линия профиля;  $S_{mi}$  – средний шаг неровностей профиля;  $S_i$  – средний шаг местных выступов профиля;  $H_{imax}$  – отклонение пяти наибольших максимумов профиля;  $H_{imin}$  – отклонение пяти наибольших минимумов профиля;  $h_{imax}$  – расстояние от высших точек пяти наибольших максимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль;  $h_{imin}$  – расстояние от низших точек пяти наибольших минимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль;  $R_{max}$  – наибольшая высота профиля;  $y_i$  – отклонения профиля от линии  $t$ ;  $p$  – уровень сечения профиля;  $b_n$  – длина отрезков, отсекаемых на уровне  $p$ .

**Средняя линия профиля  $t$**  – базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

Систему отсчета шероховатости от средней линии профиля называют *системой средней линии*.

## 2.2. Параметры шероховатости

Для практического нормирования в большинстве стран мира используют шесть параметров, установленных ГОСТ 2789-73 [2] и характеризующих как высоту поверхностных неровностей, так и линей-

ные (шаговые) показатели этих неровностей.

Высотные параметры (вертикальные):

$Ra$  – среднее арифметическое отклонение профиля,

$Rz$  – высота неровностей профиля по десяти точкам,

$Rmax$  – наибольшая высота профиля.

Шаговые параметры (горизонтальные):

$Sm$  – средний шаг неровностей профиля,

$S$  – средний шаг местных выступов профиля,

$tr$  – относительная опорная длина профиля.

### 2.2.1. Среднее арифметическое отклонение профиля $Ra$

Среднее арифметическое отклонение профиля  $Ra$  – среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины:

$$Ra = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

где  $l$  – базовая длина;

$n$  – число выбранных точек профиля на базовой длине;

$y$  – расстояние между любой точкой профиля и средней линией (отклонение профиля).

Параметр  $Ra$  характеризует среднюю высоту всех неровностей профиля. Нормируется значениями от 0,008 до 100 мкм.

Параметр  $R_a$  предпочтителен при нормировании, так как определяется по текущим ординатам всего профиля на базовой длине с малой дискретностью.

### 2.2.2. Высота неровностей профиля по десяти точкам $Rz$

Высота неровностей профиля по десяти точкам  $Rz$  – сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины:

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |H_{i\max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i\min}| \right)$$

или

$$Rz = \frac{1}{5} \left( \sum_{i=1}^5 |h_{i\max}| + \left| \sum_{i=1}^5 h_{i\min} \right| \right)$$

где  $h_{i\max}$ ,  $h_{i\min}$  – высота  $i$ -го наибольшего профиля выступа и глубина  $i$ -й наибольшей впадины профиля

Параметр  $Rz$  нормируется значениями от 0,025 до 1600 мкм.

Обычно принимается  $Rz = 4 Ra$ .

### 2.2.3. Наибольшая высота неровностей профиля $R_{\max}$

Наибольшая высота неровностей профиля  $R_{\max}$  – расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины. Наибольшей высотой профиля – расстоянием между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины:

$$R_{\max} = h_{\max} - h_{\min},$$

$h_{\max}$  – расстояние от наивысшей точки выступа до линии, параллельной средней линии;

$h_{\min}$  – расстояние от наименьшей точки впадины до линии, параллельной средней линии.

Нормируются значения от 0,025 до 1600 мкм, как и для  $Rz$  (рисунок 2).



Рисунок 2 – Наибольшая высота неровностей профиля  $R_{\max}$ .

Линия выступов профиля – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.

Линия впадин профиля – это линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины.

#### 2.2.4. Средний шаг неровностей профиля $S_m$

Средний шаг неровностей профиля  $S_m$  (рисунок 3) – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины:

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_{mi}$$

где  $S_{mi}$  – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, заключенного между точками пересечения смежных выступов и впадин профиля со средней линией.

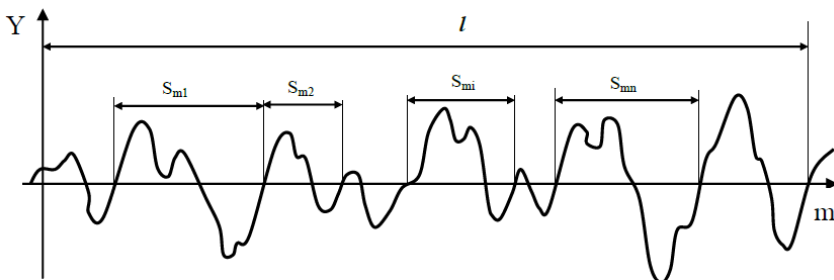


Рисунок 3 – Средний шаг неровностей профиля  $S_m$ .

Под параметром  $S_m$  понимается среднее значение длин отрезков средней линии, пересекающих профиль в трех соседних точках и ограниченных двумя крайними точками. Нормируются значениями от 0,002 до 12,5 мм.

В конструкторской и технологической документации параметры  $R_z$  и  $S_m$  нормируются:  $R_z$  в мкм и  $S_m$  в мм

### 2.2.5. Средний шаг местных выступов профиля S

Средний шаг местных выступов профиля S (рисунок 4) – среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины:

$$S = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i$$

где  $S_i$  – шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии, заключенного между проекциями на нее наивысших точек двух соседних местных выступов профиля.

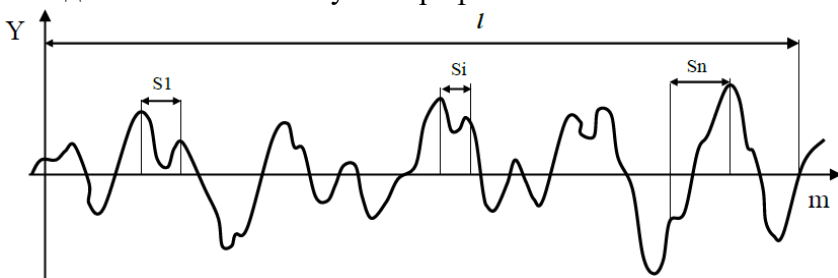


Рисунок 4 – Средний шаг неровностей профиля по вершинам S.

Под параметром S понимается среднее значение длин отрезков средней линии между проекциями на эту линию двух наивысших точек соседних выступов профиля. Нормируются значения от 0,002 до 12,5 мм.

### 2.2.6. Относительная опорная длина профиля $t_p$

Относительная опорная длина профиля  $t_p$  (рисунок 5) – это отношение сумм длин отрезков, отсекаемых на заданном уровне в материале профиля линией, эквидистантной средней линии в пределах базовой длины, к базовой длине

$$t_p = \frac{100\%}{\ell} \sum_{i=1}^n b_i$$

где  $p$  – уровень сечения профиля;

$b$  – расстояние между линией выступов профиля и линией,

пересекающей профиль эквидистантно линии выступов профиля.

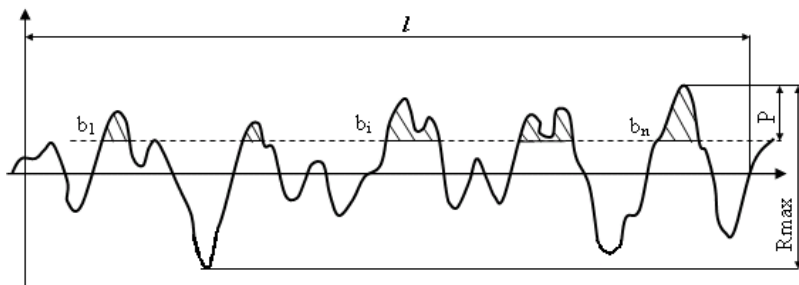


Рисунок 5 – Относительная опорная длина профиля  $t_p$ .

Значение уровня сечения  $P$  нормируется в процентах от  $R_{max}$ . Эти значения выбираются из ряда 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90%  $R_{max}$ . Значения  $t_p$  также нормируются в процентах от базовой длины и выбираются из следующего ряда: 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90% базовой длины ( $l$ ).

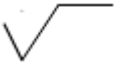
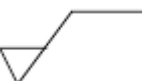
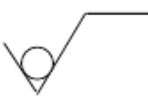
### 2.3. Обозначение шероховатости на чертежах

Шероховатость поверхности обозначают на чертеже по ГОСТ 2.309-73 [3], который полностью соответствует ИСО 1302. Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия независимо от методов их образования (механической обработкой, литьем, ковкой, штамповкой, прокатом, волочением и т. д.), кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции. Структура обозначения шероховатости поверхности показана на рисунке 6.



Рисунок 6 – Структура обозначения шероховатости на чертежах.

В обозначении шероховатости применяют следующие знаки:

| Графическое изображение                                                          | Пояснение к знаку                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|  | Знак, соответствующий условию нормирования шероховатости, когда метод образования поверхности чертежом не регламентируется; применение предпочтительно.                                                                                                                                   |
|  | Знак, соответствующий требованию, чтобы поверхность была образована полным удалением поверхностного слоя материала (например, точением, шлифованием, полированием и т. п., конкретный вид обработки может не указываться). Следы необработанной поверхности ("черновины") не допускаются. |
|  | Знак, соответствующий конструкторскому требованию, чтобы поверхность была образована без удаления поверхностного слоя материала (например, литьем, штамповкой, прессованием, конкретный вид образования поверхности может не указываться). Следы зачистки поверхности не допускаются.     |

Обозначения шероховатости располагают на линиях видимого контура, выносных линиях или на полках линий-выносок, на тех видах, разрезах и сечениях, на которых проставлены соответствующие размеры, возможно ближе к размерным линиям. При недостатке места допускается располагать их на размерных линиях или на их продолжениях (рисунок 7), а также разрывать выносную линию.

На линии невидимого контура допускается наносить обозначения шероховатости только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.

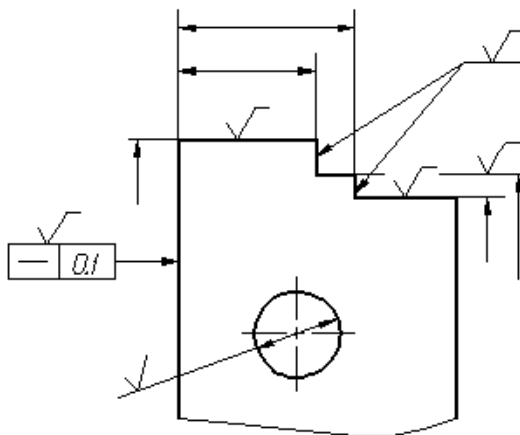


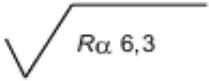
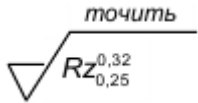
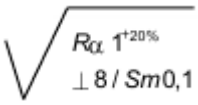
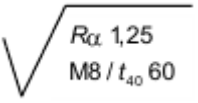
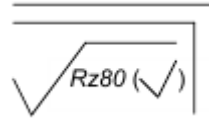
Рисунок 7 – Правила расположения обозначения шероховатости.

При указании нескольких параметров шероховатости они приводятся в определенной последовательности сверху вниз: сначала указываются высотные параметры  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$ , затем шаговые  $Sm$ ,  $S$  и параметр формы  $t_p$ . Числовое значение параметра может быть указано следующим образом:

- 1) одно число, соответствующее максимальному для параметров  $Ra$ ,  $Rz$ ,  $Rmax$ ,  $Sm$ ,  $S$  и минимальному для параметра  $t_p$  значению;
- 2) два предельных значения, определяющих диапазон допускаемой шероховатости и размещенных в две строки (в верхней строке – максимальное значение, в нижней – минимальное);
- 3) номинальное значение параметра с предельными отклонениями от него (предельные отклонения указываются в %, выбираются из ряда 10, 20, 40).

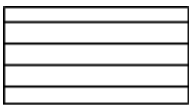
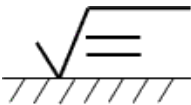
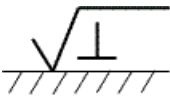
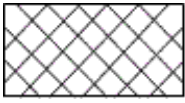
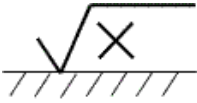
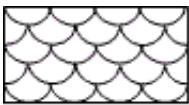
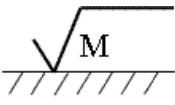
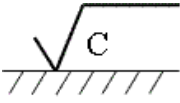
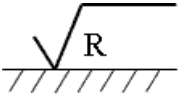
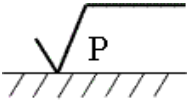
Вид обработки поверхности указывают в обозначении шероховатости только в тех случаях, когда он является единственно возможным для получения требуемого качества поверхности. Например: шлифование, полирование, чистовое точение, фрезерование, хонингование и т. д. Примеры обозначения шероховатости на чертежах приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Примеры обозначения шероховатости на чертеже

| Обозначение шероховатости на чертеже по ГОСТ 2.309-73 [3]                          | Указания по обозначению шероховатости                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Шероховатость по параметру $R_a$ должна быть не более 6,3 мкм; базовая длина 2,5 мм при этом может не указываться.                                                                                                                                                    |
|    | Шероховатость поверхности по параметру $R_z$ должна быть в пределах 0,32...0,25 мкм; базовая длина 2,5 мм может не указываться; единственно возможный способ обработки – точение.                                                                                     |
|    | Шероховатость 1 мкм по параметру $R_a$ может иметь отклонения не более 20 %, т. е. быть от 1 до 1,2 мкм; базовая длина 0,25 может не указываться; параметр $S_m$ – не более 0,1 мм при измерении на базовой длине 0,8 мм; направление неровностей – перпендикулярное. |
|    | Шероховатость поверхности по параметру $R_a$ – не более 1,25; базовая длина 0,25 не указывается; относительная опорная длина профиля при уровне сечения 40 % должна быть не менее 60 % при измерении на базовой длине 0,8 мм; направление неровностей – произвольное. |
|    | Поверхность не подвергается механической обработке по данному чертежу (в состоянии поставки). При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.                                                                               |
|  | Обозначение располагается в правом верхнем углу чертежа и обозначает требования по параметру шероховатости $R_z$ – не более 80 мкм для всех поверхностей на чертеже, не имеющих обозначения шероховатости, на базовой длине 0,8 мм.                                   |

Стандартом ГОСТ 2.309-73 [3] установлены типы направлений неровностей и их условное обозначение, которые представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Условные обозначения направления неровностей

| Типы направления неровностей | Схематическое изображение                                                           | Условное обозначение                                                                | Направление следов обработки                                           |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Параллельное                 |    |    | Следы параллельны линии, на которую указывает знак.                    |
| Перпендикулярное             |    |    | Следы перпендикулярны линии, на которую указывает знак.                |
| Перекрещивающееся            |    |    | Следы перекрещиваются под наклоном к линии, на которую указывает знак. |
| Произвольное                 |    |    | Следы хаотичные, без определенного направления.                        |
| Кругообразное                |   |   | Следы примерно кругообразные по отношению к центру поверхности.        |
| Радиальное                   |  |  | Следы идут примерно по радиусу к центру поверхности.                   |
| Точечное                     |  |  | Следы в виде отдельных точек.                                          |

## 2.4. Нормирование параметров шероховатости поверхности

Выбор параметров шероховатости поверхности производится в соответствии с ее функциональным назначением.

Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Из всех перечисленных параметров шероховатости наиболее часто применяют параметры  $Ra$  и  $Rz$ . Предпочтительно, в том числе и для самых грубых поверхностей, нормировать параметр  $Ra$ , который лучше отражает отклонения профиля, поскольку определяется по значительно большему числу точек, чем  $Rz$ .

Параметр  $Rz$  нормируется в тех случаях, когда прямой контроль  $Ra$  с помощью профилометров невозможен (режущие кромки инструментов и т. п.).

Числовые значения параметров  $Ra$  и  $Rz$  приведены в таблице 3. Следует применять в первую очередь предпочтительные значения.

Таблица 3 – Шероховатость поверхности (ГОСТ 2789-73 [2])

| Среднее арифметическое отклонение профиля $Ra$ , мкм |             |             |              |       | Высота неровностей профиля по десяти точкам $Rz$ , мкм |            |             |             |             |              |
|------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|-------|--------------------------------------------------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| <u>100</u>                                           | 10.0        | 1.00        | <u>0.100</u> | 0.010 |                                                        | 1000       | <u>100</u>  | 10.0        | 1.00        | <u>0.10</u>  |
| 80                                                   | 8.0         | <u>0.80</u> | 0.080        | 0.008 |                                                        | 800        | 80          | 8.0         | <u>0.80</u> | 0.080        |
| 63                                                   | <u>6.3</u>  | 0.63        | 0.063        |       |                                                        | 630        | 63          | <u>6.3</u>  | 0.63        | 0.063        |
| 50                                                   | 5.0         | 0.50        | <u>0.050</u> |       |                                                        | 500        | <u>50</u>   | 5.0         | 0.50        | <u>0.050</u> |
| 40                                                   | 4.0         | <u>0.40</u> | 0.040        |       |                                                        | <u>400</u> | 40          | 4.0         | <u>0.40</u> | 0.040        |
| 32                                                   | <u>3.2</u>  | 0.32        | 0.032        |       |                                                        | 320        | 32          | <u>3.2</u>  | 0.32        | 0.032        |
| <u>25</u>                                            | 2.5         | 0.25        | <u>0.025</u> |       |                                                        | 250        | <u>25.0</u> | 2.5         | 0.25        | <u>0.025</u> |
| 20                                                   | 2.0         | <u>0.20</u> | 0.020        |       |                                                        | <u>200</u> | 20.0        | 2.0         | <u>0.20</u> |              |
| 16.0                                                 | <u>1.60</u> | 0.160       | 0.016        |       | 1600                                                   | 160        | 16.0        | <u>1.60</u> | 0.160       |              |
| <u>12.5</u>                                          | 1.25        | 0.125       | <u>0.012</u> |       | 1250                                                   | 125        | <u>12.5</u> | 1.25        | 0.125       |              |

Примечание. Подчеркнутые отклонения являются предпочтительными при нормировании параметра.

Для числовых значений высотных параметров установлены соответствующие базовые длины, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Соответствие числовых значений Ra, Rz, Rmax числовым значениям базовой длины l

|               |          |             |            |            |            |
|---------------|----------|-------------|------------|------------|------------|
| Ra, мкм       | До 0,025 | 0,025...0,4 | 0,4...3,2  | 3,2...12,5 | 12,5...100 |
| Rz, Rmax, мкм | До 0,1   | 0,1...1,6   | 1,6...12,5 | 12,5...50  | 50...400   |
| l, мм         | 0,08     | 0,25        | 0,8        | 2,5        | 8,0        |

Технологический процесс изготовления детали и окончательная обработка поверхности детали определяет ее шероховатость. Параметры шероховатости поверхности при различных методах ее обработки даны в таблице 5.

Таблица 5 – Шероховатость поверхности при различных методах обработки

| Параметры шероховатости Ra, мкм | Наименование поверхности изделия               | Метод обработки                                                                                 |
|---------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                               | 2                                              | 3                                                                                               |
| 50–25                           | Вал                                            | Черновое обтачивание.                                                                           |
| 12,5–6,3                        | Зубчатое колесо<br>Шлицевой вал<br>(Отверстие) | Зубонарезание модульной фрезой.<br>Предварительное шлицефрезерование.<br>Черновое растачивание. |
| 12, –3,2                        | (Отверстие)<br>(Плоская)<br>Вал                | Сверление и растачивание.<br>Черновое торцовое фрезерование.<br>Получистовое обтачивание.       |
| 6,3–3,2                         | Зубчатое колесо<br>(Отверстие)                 | Зубонарезание червячной фрезой.<br>Черновое зенкерование.                                       |
| 6,3–1,6                         | (Плоская)<br>(Отверстие)                       | Шабрение, чистовое торцовое точение, чистовое строгание.<br>Получистовое растачивание.          |
| 3,2–1,6                         | Зубчатое колесо<br>Шлицевой вал                | Зубонарезание долбьяками.<br>Предварительное шлифование.                                        |
| 3,2–1,25                        | (Отверстие)<br>(Плоская)                       | Чистовое зенкерование.<br>Черновое протягивание.                                                |

Продолжение таблицы 5

| 1                                                                                   | 2                                                                 | 3                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2,5–1,25<br>2,5–1<br>2,5–0,8<br>2,5–0,63<br>1,6–0,8                                 | (Отверстие)<br>Вал<br>»<br>(Плоская)<br>Шлицевая втулка           | Черновое развёртывание.<br>Предварительное шлифование.<br>Чистовое обтачивание.<br>Шабрение от себя.<br>Шлицепротягивание.               |
| 1,25–0,63<br>1,25–0,32<br>1,25–0,2<br>1–0,2                                         | (Отверстие)<br>»<br>Вал<br>(Плоская)                              | Чистовое развёртывание.<br>Чистовое протягивание.<br>Чистовое шлифование.<br>Тонкое фрезерование.                                        |
| 1–0,32                                                                              | Шлицевой вал<br>Зубчатое колесо                                   | Обкатывание шлицев.<br>Обкатывание зубьев.                                                                                               |
| 0,8–0,2<br>0,8–0,1<br>0,63–0,32<br>0,32–0,08<br>0,25–0,05<br>0,2 –0,04<br>0,16–0,02 | (Отверстие)<br>Вал<br>(Отверстие)<br>»<br>Вал<br>(Отверстие)<br>» | Тонкое растачивание.<br>Тонкое обтачивание.<br>Тонкое развёртывание.<br>Тонкое шлифование.<br>То же<br>Тонкое хонингование.<br>Притирка. |

Шероховатость (параметр  $Ra$ ) связана с точностью изготовления изделия, т. е. с качеством (таблица 6). Чем, меньше качество (уже поле допуска), тем более высокие требования к параметрам шероховатости.

Таблица 6 – Минимальные требования к шероховатости поверхности (по параметру  $R_a$ , мкм) в зависимости от допусков размера

| Допуск размера | Номинальные размеры, мм |          |           |         | Допуск размера | Номинальные размеры, мм |          |           |         |
|----------------|-------------------------|----------|-----------|---------|----------------|-------------------------|----------|-----------|---------|
|                | до 18                   | 18 до 50 | 50 до 120 | Св. 120 |                | до 18                   | 18 до 50 | 50 до 120 | Св. 120 |
| IT5            | 0,4                     | 0,8      | 1,6       | 1,6     | IT8            | 1,6                     | 3,2      | 3,2       | 3,2     |
|                | 0,2                     | 0,4      | 0,8       | 0,8     |                | 0,8                     | 1,6      | 3,2       | 3,2     |
|                | 0,1                     | 0,2      | 0,4       | 0,4     |                | 0,4                     | 0,8      | 1,6       | 1,6     |
| IT6            | 0,8                     | 1,6      | 1,6       | 3,2     | IT9            | 3,2                     | 3,2      | 6,3       | 6,3     |
|                | 0,4                     | 0,8      | 0,8       | 1,6     |                | 1,6                     | 3,2      | 3,2       | 6,3     |
|                | 0,2                     | 0,4      | 0,4       | 0,8     |                | 0,8                     | 1,6      | 1,6       | 3,2     |
| IT7            | 1,6                     | 3,2      | 3,2       | 3,2     | IT10           | 3,2                     | 6,3      | 6,3       | 6,3     |
|                | 0,8                     | 1,6      | 1,6       | 3,2     |                | 1,6                     | 3,2      | 3,2       | 6,3     |
|                | 0,4                     | 0,8      | 0,8       | 1,6     |                | 0,8                     | 1,6      | 1,6       | 3,2     |

Когда отсутствуют рекомендации по назначению шероховатости поверхности, ограничения шероховатости могут быть связаны с допуском размера ( $IT$ ), формы ( $TF$ ) или расположения ( $TP$ ).

Большинство геометрических отклонений детали должно находиться в пределах поля допуска размера. Поэтому величину параметра  $R_z$  рекомендуется назначать не более 0.33 от величины поля допуска на размер либо 0.5...0.4 от допуска расположения или формы. Если элемент детали имеет все три допуска, то следует брать допуск с наименьшей величиной:

$$R_z = 0,33 IT \text{ или } R_z = 0,5 TF; \text{ или } R_z = 0,5 TP$$

Переход от параметра  $R_z$  к параметру  $R_a$  производится по соотношениям:

$$R_a = 0.25 R_z \text{ при } R_z > 8 \text{ мкм или при } R_z = 8 \text{ мкм};$$

$$R_a = 0.2 R_z \text{ при } R_z < 8 \text{ мкм.}$$

После определения параметр  $R_a$  округляют до ближайшего числа из ряда стандартных значений (таблица 3).

В настоящее время существует несколько способов назначения шероховатости поверхности:

1. По выбору числовых значений для наиболее характерных видов сопряжений.

2. Шероховатость устанавливается стандартами на детали и изделия, а также на поверхности, с которыми они сопрягаются.

### **Пример 1.**

На чертеже сопряжения проставлен размер  $\varnothing 30 \frac{H7}{r6}$ , причем  $\varnothing 30H7$  – допуск изготовления отверстия,  $30r6$  – допуск изготовления вала, но отсутствует параметр шероховатости. Известно, что вал со втулкой будет соединен с натягом. Выбрать параметр шероховатости вала и втулки и по его числовому значению назначить вид окончательной обработки вала.

#### **Решение**

Принимаем параметр  $Ra$ , как наиболее предпочтительный при нормировании, так как определяется по текущим ординатам всего профиля на базовой длине. Для вала 6-го качества номинального размера 30 мм (интервал размеров «Св. 18 до 50 мм») по таблице 6 могут быть назначены три значения  $Ra$ : 1,6; 0,8 и 0,4 мкм. Выбираем  $Ra = 0,8$  мкм. Для втулки 7 качества номинального размера 30 мм (интервал размеров «Св. 18 до 50 мм») по таблице 6 могут быть назначены три значения  $Ra$ : 3,2; 1,6 и 0,8 мкм. Выбираем  $Ra = 1,6$  мкм. Согласно таблицы 5 требования по точности и шероховатости выполняются для вала при тонком растачивании и тонком обтачивании, для втулки – при черновом развёртывании, предварительном шлифовании, чистовом обтачивании или шабрении от себя.

### **Пример 2.**

На чертеже детали задан размер  $\varnothing 42k6 \left( \begin{smallmatrix} +0,018 \\ +0,002 \end{smallmatrix} \right)$ . Определить параметр шероховатости  $Ra$ .

#### **Решение**

Допуск размера  $IT = 16$  мкм.

Параметр  $Rz = 0,33 IT = 0,33 \times 16 = 5,3$  мкм.

Параметр  $Ra = 0,2 Rz = 0,2 \times 5,3 = 1,06$  мкм.

Для нанесения на чертеже детали по таблице 3 принимаем ближайшее меньшее стандартное значение  $Ra = 0,8$  мкм.

### Пример 3.

На чертеже детали заданы  $\varnothing 36k6 \begin{pmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{pmatrix}$ , допуск радиального биения  $TP = 9$  мкм и отклонение от цилиндричности  $TF = 4$  мкм. Определить параметр шероховатости  $Ra$ .

Решение

Допуск размера  $IT = 13$  мкм, допуск  $TP = 9$  мкм, поэтому параметр  $Rz = 0,5$   $TF = 0,5 \times 4 = 2$  мкм.

Параметр  $Ra = 0,2$   $Rz = 0,2 \times 2 = 0,4$  мкм. Для нанесения на чертеже детали по таблице 3 принимаем ближайшее меньшее стандартное значение  $Ra = 0,4$  мкм.

## 3. ВОЛНИСТОСТЬ

Под *волнистостью* поверхности понимают совокупность периодически повторяющихся неровностей, у которых расстояния между смежными длинами  $l$ . Волнистость занимает промежуточное место между шероховатостью и отклонением формы. Условно границу между различными порядками отклонений поверхности можно установить по значению отношения шага  $Sw$  к высоте неровностей  $Wz$ . При  $(Sw/Wz) < 40$  отклонения относят к шероховатости поверхности, при  $1000 \geq (Sw/Wz) \geq 40$  – к волнистости, при  $(Sw/Wz) > 1000$  к отклонениям формы (рисунок 8). возвышенностями или впадинами превышают базовую

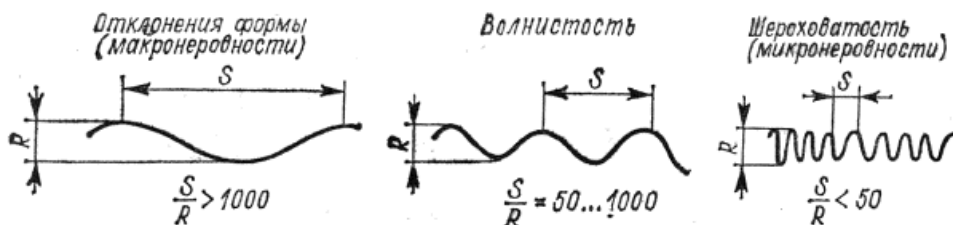


Рисунок 8 – Отклонения формы, волнистость и шероховатость поверхности.

### Параметры волнистости:

#### 1. Высота волнистости

$$W_z = (1/5) \cdot (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5)$$

2. Наибольшая высота волнистости  $W_{\max}$  – расстояние между наивысшей и наименьшей точками измеренного профиля в пределах длины  $L_w$ , измеренное на одной полной волне.

#### 3. Средний шаг волнистости

$$S_w = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_{wi}$$

Схема для определения высоты (а) и шага (б) волнистости приведена на рисунке 9.

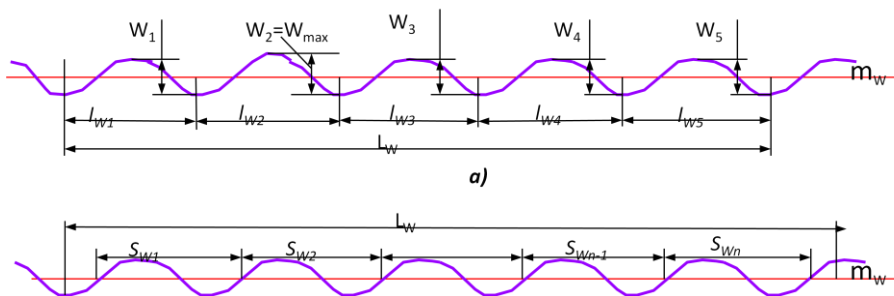


Рисунок 9 – Схема для определения высоты (а) и шага (б) волнистости.

Предельные числовые значения  $W_z$  выбирают из ряда: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200 мкм.

## 4. ИЗМЕРЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ И ВОЛНИСТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

Измерения и контроль параметров волнистости и шероховатости поверхностей относятся к линейно-угловым измерениям, однако измеряемые величины здесь очень малы. На производстве измерению подлежат высоты неровностей от 0,025 мкм и шагов начиная с 2 мкм.

Контроль шероховатости поверхности может осуществляться:

1) сравнением (визуально или с помощью микроинтерферомет-

ра) реальной поверхности изделия с рабочими образцами шероховатости, которые имеют стандартизованные значения параметра  $R_a$  ;

2) измерением параметров шероховатости с помощью «ощупывающих» или оптических приборов.

Числовые значения параметров шероховатости определяются либо непосредственно по шкале приборов (профилометров), либо по увеличенному изображению профиля или записанной профилограмме сечения профиля (на приборах – профилографах). Если в технических требованиях не задано направление измерения шероховатости, то измерения производят в том направлении, где имеется наиболее грубая шероховатость. При механической обработке резанием этому условию соответствует направление измерения, перпендикулярное главному движению при резании (поперечная шероховатость).

Волнистость поверхности измеряют на профилографах (при этом увеличивают базовую длину замеров и применяют более тупую алмазную иглу), а также на специальных приборах. В некоторых случаях волнистость оценивают на оптиметрах и микронными индикаторами.

Наиболее простым методом контроля шероховатости поверхностей деталей в цеховых условиях является метод сравнения с образцами визуально или на ощупь (рисунок 10).

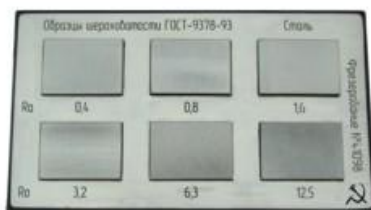


Рисунок 10 – Образцы шероховатости типа ОШ.

Образцы в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 9378-93 (ИСО 2623-1-85, ИСО 2632-2-85) [4] изготавливаются из тех же материалов, что и контролируемые детали, и обрабатываются теми же методами. Кроме того, форма образцов и основное направление неровностей поверхности должны соответствовать определенным указаниям. Образцы шероховатости изготавливают плоскими или цилиндрическими с поверхностью сравнения не менее 30 x 30 мм.

Сравнение поверхностей детали и образца невооруженным глазом дает удовлетворительные результаты только для грубых поверхностей (приблизительно от  $Ra = 0,6\text{--}0,8$  мкм и более).

Параметр  $Ra$  предпочтителен при нормировании, так как определяется по текущим ординатам всего профиля на базовой длине с малой дискретностью. Этим параметром нормируется шероховатость образцов сравнения (эталонов шероховатости) по ГОСТу 9378.

Для количественного определения параметров неровностей применимы бесконтактные и контактные методы измерений.

Наибольшее распространение из бесконтактных методов получили методы светового сечения, теневой проекции, метод с применением растров, микроинтерференционные и др.

При щуповом (контактном) методе измерения неровностей поверхности в качестве щупа используют остро заточенную иглу, поступательно перемещающуюся по определенной трассе относительно поверхности. Механические колебания иглы преобразуются, как правило, в электрические при помощи электромеханического преобразователя того или иного типа. Снятый с преобразователя полезный сигнал усиливают, а затем измеряют его параметры, характеризующие неровности исследуемой поверхности (профилометрирование), или записывают параметры профиля поверхности в заранее выбранных вертикальном и горизонтальном масштабах (профилографирование). В лабораторных условиях для оценки шероховатости поверхности часто применяют щуповые электромеханические приборы, предназначенные для измерений параметров шероховатости поверхности, называют профилометрами, а такие же приборы для записи неровностей поверхности – профилографами (рисунок 11).

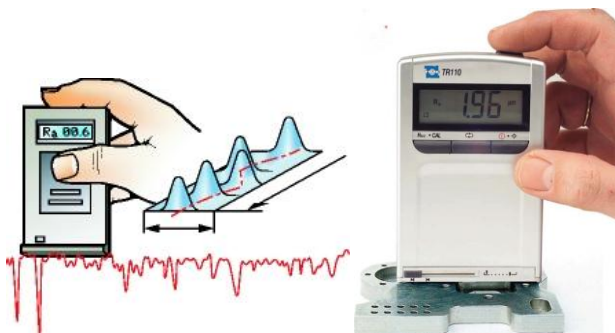


Рисунок 11 – Портативный измеритель шероховатости наружной поверхности (профилометр).

Профилографы позволяют не только записывать профиль поверхности, но и измерять параметры шероховатости. Поэтому их называют профилографами-профилометрами. В практической работе для выполнения измерений параметров шероховатости поверхности используется прибор (профилограф-профилометр) «СЕЙТРОНИК ПШ 8-3 (С.С.)», который предназначен для измерений шероховатости поверхностей в любом пространственном положении изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию (образующие цилиндрических поверхностей; отверстия; плоские поверхности). Измерение параметров шероховатости производится по системе средней линии.

Область применения – цеха и лаборатории промышленных предприятий различных отраслей машиностроения, научно-исследовательские институты, метрологические центры, а также в полевых условиях.

Прибор « СЕЙТРОНИК ПШ8-3 (С.С.) » состоит из следующих основных частей (рисунок 12):

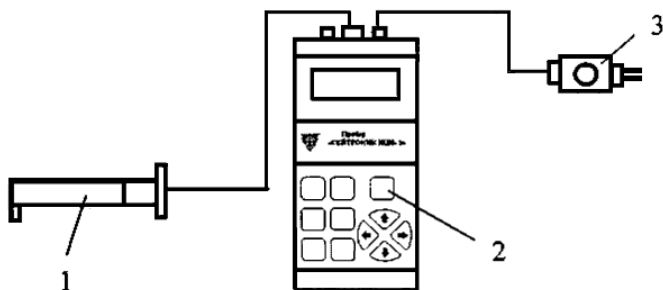


Рисунок 12 – Профилограф-профилометр  
«СЕЙТРОНИК ПШ8-3 (С.С.)».

- а) первичного преобразователя 1;
- б) микропроцессорного блока 2;
- в) источника питания постоянного тока (адаптера) 3.

Профилограф-профилометр «СЕЙТРОНИК ПШ8-3 (С.С.)» позволяет определять параметры шероховатости в цифровом виде на микропроцессорном блоке или на экране монитора компьютера, а также регистрировать профилограмму в прямоугольной системе координат на мониторе компьютера. Распечатанный на принтере Протокол измерений со снятой профилограммой микрорельефа при помощи профилографа-профилометра «СЕЙТРОНИК ПШ 8-3 (С.С.)» позволяет документировать процедуру определения шероховатости и сопоставить полученные результаты с данными, полученными с помощью вычислений.

## 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

### 5.1. Задания

Практическая работа состоит из четырех заданий. Индивидуальные варианты заданий 1-3 приведены в таблицах 9-11. Номер варианта индивидуального задания определяется по номеру студента в списке группы.

#### Задание 1

Задано соединение (вариант в соответствии с таблицей 9):

- определить характер соединения;
- выбрать параметр шероховатости;
- по числовому значению параметра шероховатости назначить вид окончательной обработки отверстия и вала.

Таблица 9

| Варианты заданий    |                     |                      |                     |                     |                     |                     |                     |                     |  |
|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--|
| 1, 19               | 2, 20               | 3, 21                | 4, 22               | 5, 23               | 6, 24               | 7, 25               | 8, 26               | 9, 27               |  |
| Ø15 $\frac{H6}{p5}$ | Ø20 $\frac{H7}{s6}$ | Ø110 $\frac{H6}{r5}$ | Ø90 $\frac{H7}{t6}$ | Ø45 $\frac{H6}{s5}$ | Ø10 $\frac{H8}{s7}$ | Ø85 $\frac{H7}{p6}$ | Ø50 $\frac{H8}{u8}$ | Ø72 $\frac{H7}{r6}$ |  |
| Варианты заданий    |                     |                      |                     |                     |                     |                     |                     |                     |  |
| 10, 28              | 11, 29              | 12, 30               | 13, 31              | 14, 32              | 15, 33              | 16, 34              | 17, 35              | 18, 36              |  |
| Ø75 $\frac{H7}{t6}$ | Ø30 $\frac{H8}{s7}$ | Ø130 $\frac{H9}{u8}$ | Ø80 $\frac{H7}{s6}$ | Ø12 $\frac{H7}{r6}$ | Ø28 $\frac{H7}{p6}$ | Ø35 $\frac{H6}{s5}$ | Ø60 $\frac{H6}{r5}$ | Ø48 $\frac{H6}{p5}$ |  |

## Задание 2

На чертеже задан размер (вариант в соответствии с таблицей 10). Определить параметр шероховатости Ra по расчетным формулам.

Таблица 10

| Варианты заданий                                                |                                                                 |                                                                 |                                                                 |                                                                 |                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1, 7, 13,<br>19, 25                                             | 2, 8, 14,<br>20, 26                                             | 3, 9, 15,<br>21, 27                                             | 4, 10, 16,<br>22, 28                                            | 5, 11, 17,<br>23, 29                                            | 6, 12, 18,<br>2, 30                                             |
| $\varnothing 25 \begin{pmatrix} -0,020 \\ -0,041 \end{pmatrix}$ | $\varnothing 15 \begin{pmatrix} +0,012 \\ +0,001 \end{pmatrix}$ | $\varnothing 30 \begin{pmatrix} +0,035 \\ +0,022 \end{pmatrix}$ | $\varnothing 45 \begin{pmatrix} -0,050 \\ -0,089 \end{pmatrix}$ | $\varnothing 64 \begin{pmatrix} +0,039 \\ +0,020 \end{pmatrix}$ | $\varnothing 85 \begin{pmatrix} +0,073 \\ +0,051 \end{pmatrix}$ |

## Задание 3

Задан размер детали, допуск формы и расположения. По варианту (вариант в соответствии с таблицей 11) определить параметр шероховатости Ra по расчетным формулам

Таблица 11

| Варианты             | Соединение                                                      | Допуск формы,<br>мкм |           |                     | Допуск расположе-<br>ния, мкм |                         |                    |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|-----------|---------------------|-------------------------------|-------------------------|--------------------|
|                      |                                                                 | Плоскостность        | Круглость | Цилиндрич-<br>ность | Соосность                     | Перпендику-<br>лярность | Торцовое<br>биение |
| 1                    | 2                                                               | 3                    | 4         | 5                   | 6                             | 7                       | 8                  |
| 1, 7, 13,<br>19, 25  | $\varnothing 32 \begin{pmatrix} +0,064 \\ +0,025 \end{pmatrix}$ | 12                   |           |                     |                               | 20                      |                    |
| 2, 8, 14,<br>20, 26  | $\varnothing 36 \begin{pmatrix} +0,064 \\ +0,025 \end{pmatrix}$ |                      | 6         |                     | 25                            |                         |                    |
| 3, 9, 15,<br>21, 27  | $\varnothing 70 \begin{pmatrix} +0,134 \\ +0,060 \end{pmatrix}$ |                      |           | 40                  |                               |                         | 100                |
| 4, 10, 16,<br>22, 28 | $\varnothing 55 \begin{pmatrix} -0,009 \\ -0,039 \end{pmatrix}$ | 10                   |           |                     |                               | 16                      |                    |
| 5, 11, 17,<br>23, 29 | $\varnothing 18 \begin{pmatrix} +0,030 \\ +0,012 \end{pmatrix}$ |                      |           |                     | 10                            |                         |                    |
| 6, 12, 18,<br>24, 30 | $\varnothing 50 \begin{pmatrix} +0,109 \\ +0,070 \end{pmatrix}$ |                      |           | 16                  |                               |                         | 25                 |

Задание 4. Изучить эскизы деталей (рисунки П1-П5 приложения) с указанными обозначениями отклонений формы и расположения поверхностей и шероховатости поверхности. Расшифровать обозначения отклонений формы и расположения заданных поверхностей и шероховатости.

## 5.2. Порядок выполнения работы

Изучить теоретическую часть.

Задание 1

1. Выписав по своему варианту задание, по системе отверстия и основному отверстию для заданного поля допуска вала и втулки определить характер соединения.

2. Для выбранного соединения выбрать параметр шероховатости.

3. Для отверстия и вала заданного качества и номинального размера по таблице 6 выбрать числовое значение  $R_a$ , по которому в соответствии с таблицей 5 назначить вид окончательной обработки отверстия и вала. Решать по образцу примера 1.

Задание 2

Решать по образцу примера 2, для нанесения на чертеже принимать предпочтительное значение  $R_a$  по таблице 3.

Задание 3

Решать по образцу примера 3, для нанесения на чертеже принимать предпочтительное значение  $R_a$  по таблице 3.

Задание 4

Изучить предложенный преподавателем эскиз детали (Приложение) с указанными обозначениями отклонений формы и расположения поверхностей и шероховатости поверхности. Расшифровать обозначения отклонений формы и расположения заданных поверхностей и шероховатости.

В ходе выполнения практической работы студентом составляется отчет. Отчет по практическим занятиям должен быть оформлен в тетрадях для практических работ. Все выполненные расчеты должны быть приведены в отчете.

## 5.3. Сдача практических работ

Выполненная работа подлежит защите, в ходе которой преподавателем задаются контрольные вопросы по сути выполняемой работы, в результате ответов на которые делается заключение о понимании студентом хода и сути выполняемой практической работы. Оценка выставляется преподавателем после проверки и защиты практической работы в соответствии с объемом и правильностью выполненных заданий.

## 6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое шероховатость поверхности?
2. Как влияет на работу деталей машин шероховатость поверхности?
3. Каким стандартом устанавливаются параметры шероховатости?
4. поверхности?
5. Какие параметры являются основными при выборе шероховатости поверхности?
6. Сколько параметров шероховатости поверхности устанавливает стандарт?
7. Назовите высотные параметры шероховатости поверхности и формулы для их определения.
8. Какой из высотных параметров шероховатости является предпочтительным и почему?
9. Назовите шаговые параметры шероховатости поверхности и формулы для их определения.
10. Каким образом наносятся параметры шероховатости поверхности на чертежах?
11. Как и какими приборами измеряется шероховатость поверхности?
12. От чего зависит выбор параметров шероховатости поверхности?

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 25142-82 Шероховатость поверхности. Термины и определения.
2. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
3. ГОСТ 2.309-73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей
4. ГОСТ 9378-93 (ИСО 2632-1-85, ИСО 2632-2-85) Образцы шероховатости поверхности (сравнения). Общие технические условия.

# ПРИЛОЖЕНИЕ

## Эскизы деталей

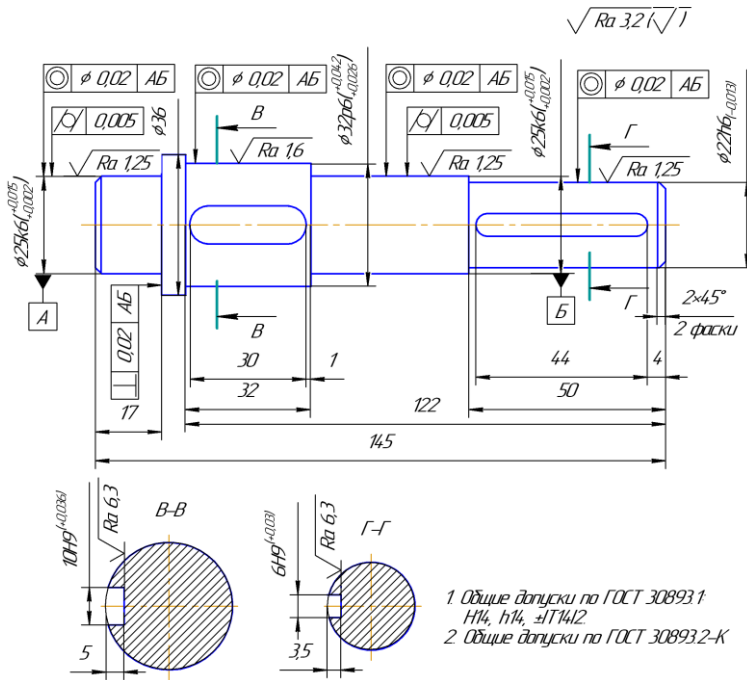


Рисунок – П1.

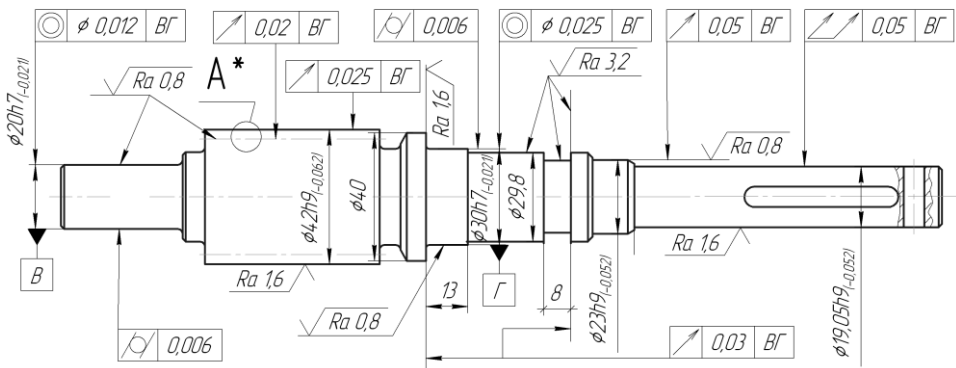
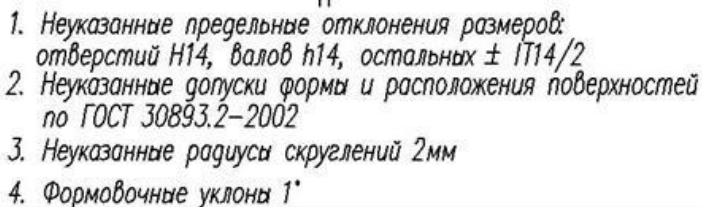


Рисунок – П2.





|           |            |         |      |                    |                                 |                 |         |
|-----------|------------|---------|------|--------------------|---------------------------------|-----------------|---------|
|           |            |         |      |                    |                                 | 1111.711300.004 |         |
| Изм/Лист  | № докум    | Подпись | Дата | Крышка подшипника  | Литер                           | Масса           | Масштаб |
| Разработ  | Смирнов    |         |      |                    | ПК                              | 1.06            | 1:1     |
| Руковод   | Иванов     |         |      |                    | Лист                            | Листов 1        |         |
| Консульт  | Петров     |         |      |                    |                                 |                 |         |
|           |            |         |      |                    |                                 |                 |         |
| Н. контро |            |         |      | СЧ 15 ГОСТ 1412-85 | УТУ-УПИ Кафедра<br>Детали машин |                 |         |
| Утвердил  | Зинковский |         |      |                    |                                 |                 |         |

34

Составитель  
**Леонид Федорович Кожухов**

Рецензент  
**Игорь Викторович Мирошин**

# **ШЕРОХОВАТОСТЬ И ВОЛНИСТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ**

Методические указания к практическим занятиям  
по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация»  
для студентов СПО всех специальностей

Электронный ресурс

Сверстано в филиале КузГТУ в г. Прокопьевске.  
653039, г. Прокопьевск, ул. Ноградская, 19а.

Заказ 327.