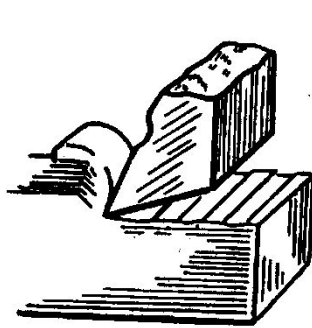


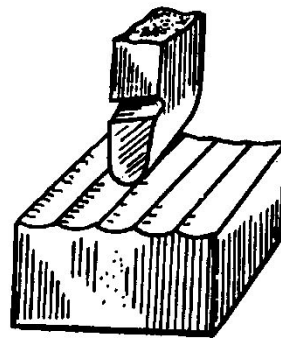
Шероховатость поверхности

Поверхности деталей не бывают совершенно гладкими.

При штамповке, механической обработке на поверхностях образуются неровности. Эти неровности можно рассмотреть через увеличительное стекло (лупу) или на специальных приборах.

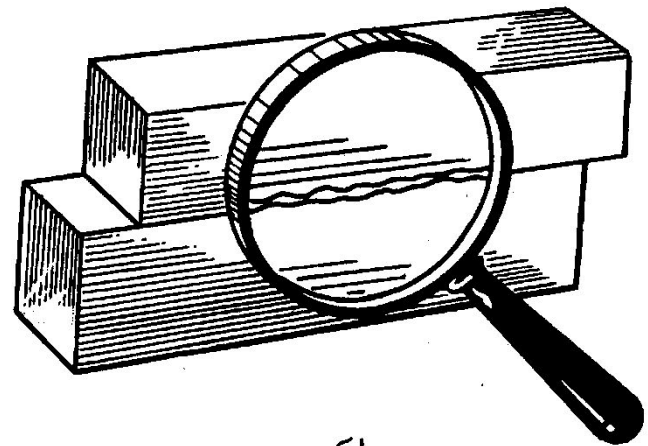


*Продольная
шероховатость*



*Поперечная
шероховатость*

а)



б)

- При обработке заготовок в результате воздействия режущих кромок инструмента на обрабатываемых поверхностях образуются микронеровности.
- **Шероховатость поверхности - совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами.**
- Шероховатость поверхности является одной из основных характеристик качества поверхности детали и оказывает влияние на эксплуатационные показатели машин, станков, приборов.

Шероховатость поверхностей

Правильное
назначение
конструктором
шероховатости
поверхности,
соответствующей
условиям работы
детали, имеет
огромное значение
в машиностроении

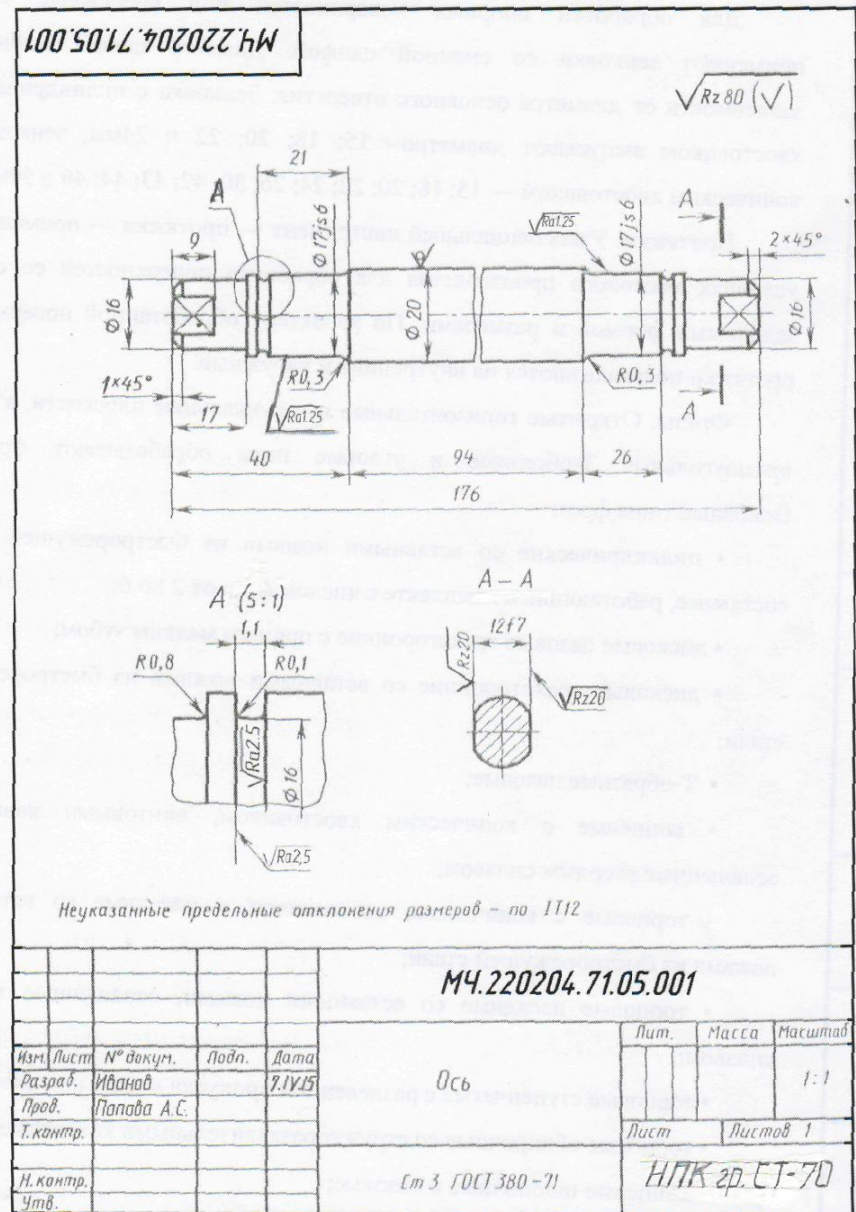
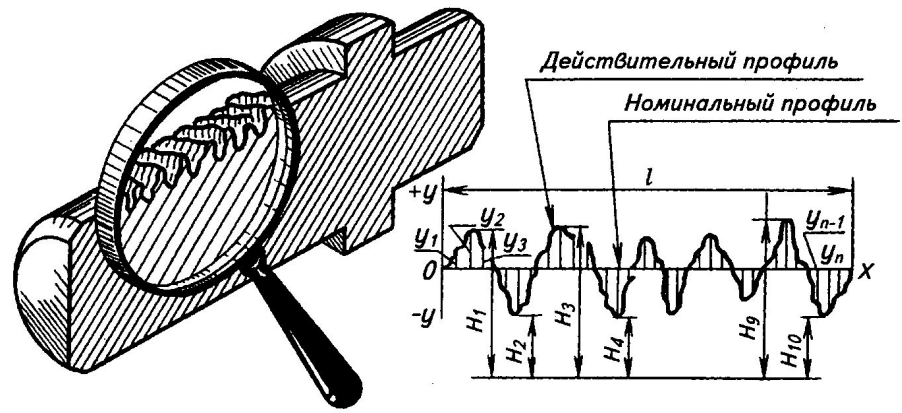


Рисунок 9.

Основные параметры шероховатости

- Число геометрических параметров для оценки шероховатости поверхности достигает более 40 наименований.
- Все основные определения, параметры шероховатости и их числовые значения приведены в ГОСТ 2789—73 и ГОСТ 25142—82.



- Для практического нормирования в большинстве стран мира, как и в России, используют шесть параметров, которые делят на три группы:

высотные:

- **Ra** — среднее арифметическое отклонение профиля;
- **Rz** — высота неровностей профиля по десяти точкам;
- **$Rmax$** — наибольшая высота профиля;

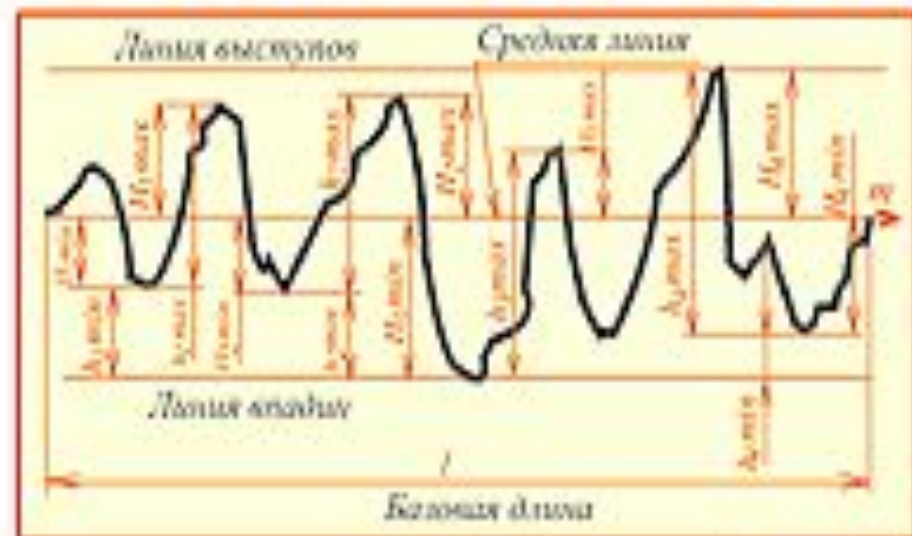
шаговые:

- **Sm** — средний шаг неровностей профиля;
- **S** — средний шаг местных выступов профиля;

параметр формы:

- **lr** — относительная опорная длина профиля.
- Значения этих параметров определяются в пределах некоторого участка поверхности, длина которого называется **базовой длиной l** .

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ



Высотные параметры шероховатости

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i| \text{ средняя арифметическая отклонение профиля}$$

$$R_z = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx$$

$$R_v = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n H_{-i} - \sum_{i=1}^n H_{+i} \right) \text{ высота неровностей профиля по 10 точкам}$$

$$R_v = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n h_{-i} - \sum_{i=1}^n h_{+i} \right)$$

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i; \quad s = \frac{l}{N-1} \text{ - средний шаг неровностей профиля по вершинам,}$$

где: N - число максимумов профиля

Шаговые параметры шероховатости

$$S_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i; \quad S_k = \frac{2l_k}{k-1} \text{ - средний шаг неровностей профиля по средней линии,}$$

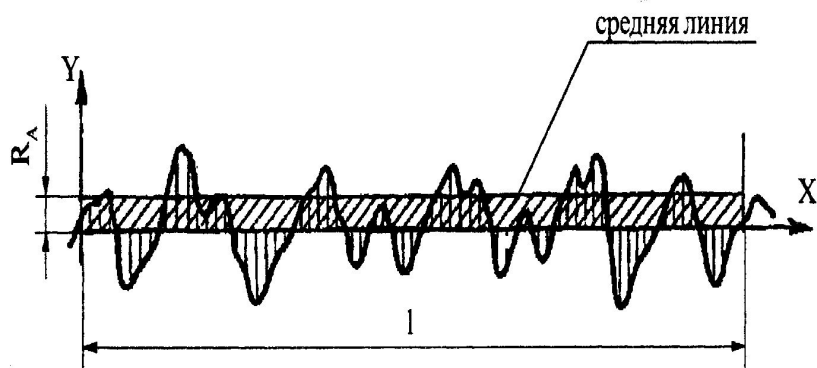
где: k - число пиков профиля; $l_k \ll l$

l_k - длина отрезка средней линии в пределах базовой длины, ограниченная первым и последним нечетным перегибом профиля по средней линии

Высотно-шаговый параметр шероховатостей

$$t_r = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \text{ (в процентах) - относительная опорная длина профиля}$$

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a



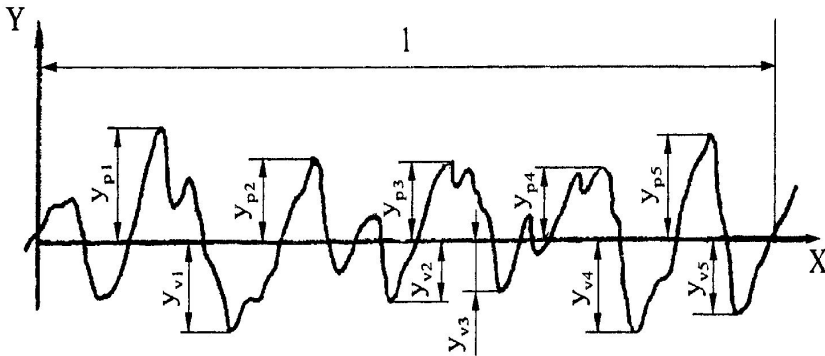
$$R_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

- Среднее арифметическое отклонение профиля R_a представляет собой среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины

где:

- y_i - расстояние точек измеренного профиля до его средней линии;
- n - количество измерений

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z



$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}$$

- Высота 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.

Где:

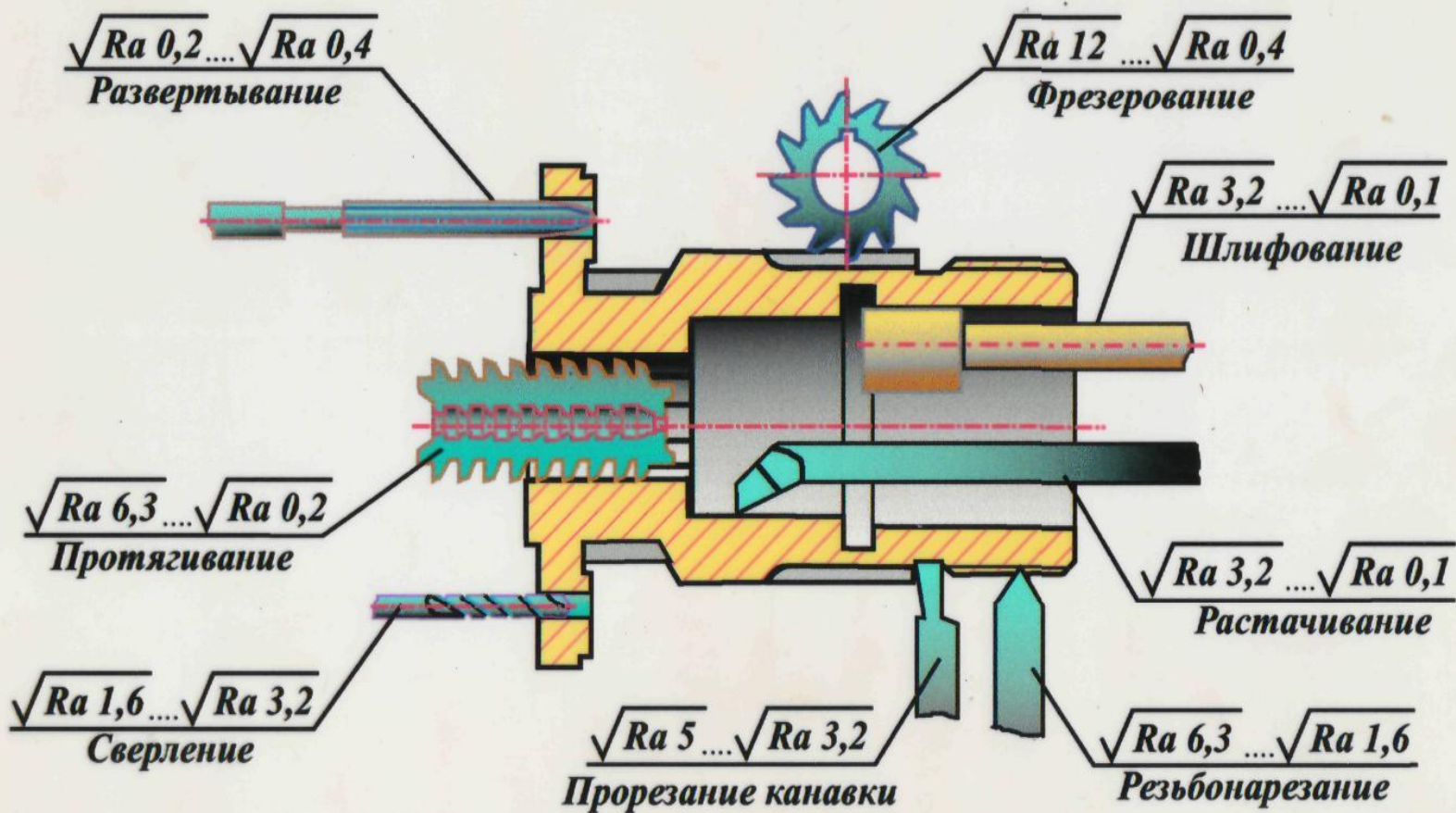
- y_{pi} - высота i -го наибольшего выступа профиля;
- y_{vi} -- глубина i -й наибольшей впадины профиля.

- **Наибольшая высота профиля R_{\max}** — расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины.
- Линия выступов профиля — линия, эквидистантная средней линии, проходящая через высшую точку профиля в пределах базовой длины.
- Линия впадин профиля — линия, эквидистантная средней линии, проходящая через низшую точку профиля в пределах базовой длины. $S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{m_i}$,
- где **S_{mt}** — шаг неровностей профиля, равный длине отрезка средней линии между точками пересечения ее с одноименными сторонами соседних неровностей; n — число шагов в пределах базовой длины.

- Числовые значения R_a и R_z выражаются в микрометрах. По своему физическому смыслу R_a характеризует высоту всех неровностей профиля, а параметр R_z - только наибольших.
- *Параметр R_a более полно определяет шероховатость, нежели R_z , и поэтому рекомендуется к применению.*

Примерная шероховатость поверхностей, получаемая при обработке различными инструментами.

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ



ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ

Класс шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Ra</i> , мкм	80... 40	40... 20	20... 10	10... 5	5... 2,5	2,5... 1,25	1,26... 0,63	0,63... 0,32	0,32... 0,16	0,16... 0,08	0,08... 0,04	0,04... 0,02	0,02... 0,01	0,01... 0,008
<i>Rz</i> , мкм	320... 160	60... 80	80... 40	40... 20	20... 10	10... 6,3	6,3... 3,2	3,2... 2,6	2,6... 0,8	0,8... 0,4	0,4... 0,2	0,2... 0,1	0,1... 0,05	0,05... 0,025
Базовая длина, мм	8		2,5		0,8			0,25				0,08		
<i>Достижимый при данном способе изготовления диапазон классов шероховатости</i>														
Оптимистичные	✓	✓	✓											
Шабрение							✓	✓	✓					
Сверление			✓	✓	✓	✓								
Стружальные	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
Развертывание							✓	✓	✓					
Тошение	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Фрезерование		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
Протяжка						✓	✓	✓	✓	✓				
Шлифование						✓	✓	✓	✓	✓				
Притирка								✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Хонингование								✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Прокат					✓	✓	✓	✓	✓					
Литье в песок	✓	✓	✓	✓										
Литье под давлением		✓	✓	✓	✓	✓	✓							

Значение параметров шероховатости (по ГОСТ 2879-83)

Высотные параметры Ra, Rz класса шероховатости

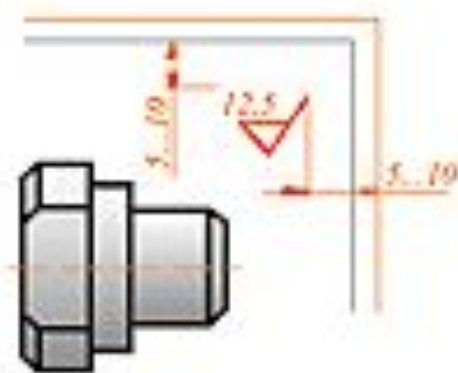
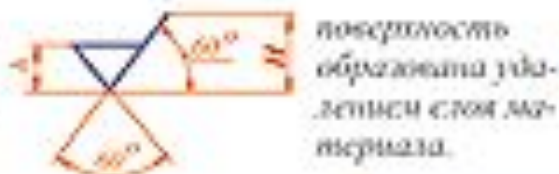
Класс шероховатости	Ra, мкм	Rz, мкм	Возможные методы обработки
1 2	80 40	320 160	Грубое обтачивание, черновое фрезерование, сверление
3 4	20 10	80 40	Получистовое обтачивание, черновое фрезерование, сверление, черновое зенкерование
5 6	5 2,5	20 10	Чистовое точение, развертывание, шлифование, чистовое протягивание
7 8 9	1,25 0,63 0,32	6,3 3,2 1,6	Тонкое точение, тонкое развертывание, чистовое шлифование
10 11	0,16 0,08	0,8 0,4	Тонкое полирование, хонингование, суперфиниширование
12 13 14	0,04 0,02 0,01	0,2 0,1 0,05	Зеркальная доводка

Таблица _____

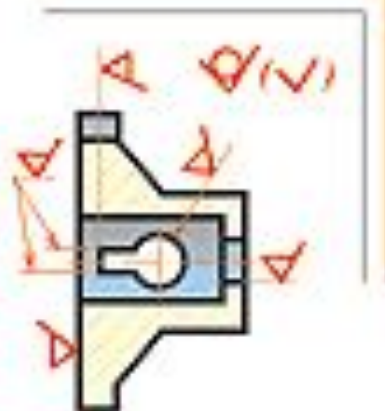
Соответствие числовых значений Ra , Rz , R_{max} числовым значениям базовой длины l

Ra , мкм	До 0,025	Свыше 0,025 до 0,4	Свыше 0,4 до 3,2	Свыше 3,2 до 12,5	Свыше 12,5 до 100
Rz , R_{max} , мкм	До 0,1	Свыше 0,1 до 1,6	Свыше 1,6 до 12,5	Свыше 12,5 до 50	Свыше 50 до 400
l , мм	0,08	0,25	0,8	2,5	8,0

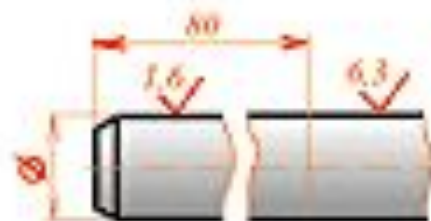
ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ



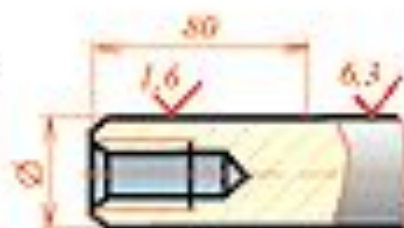
При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали обозначение шероховатости помещают в прямом вертикальном углу чертежа и на изображении не показывают.



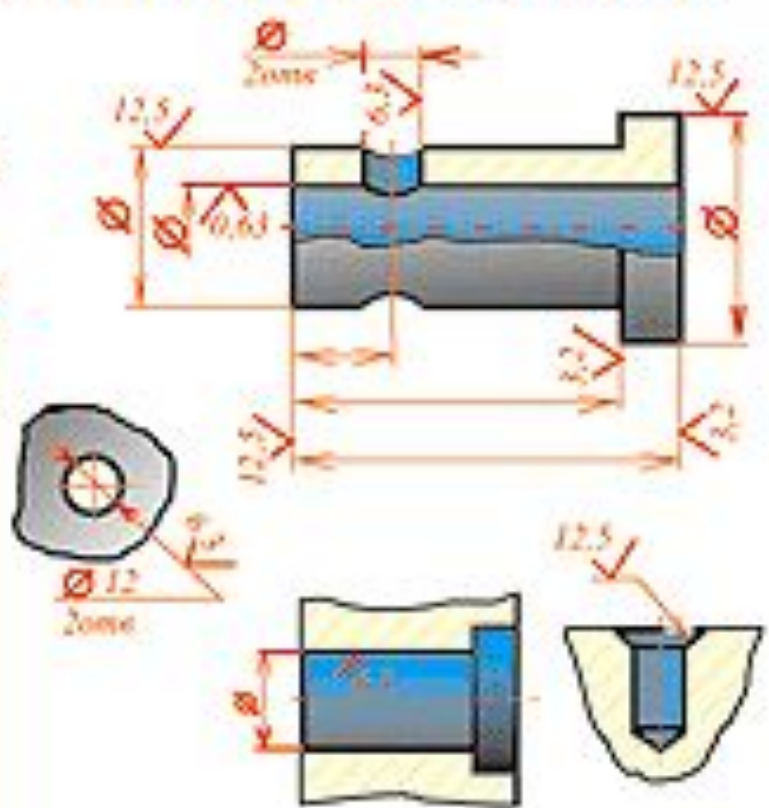
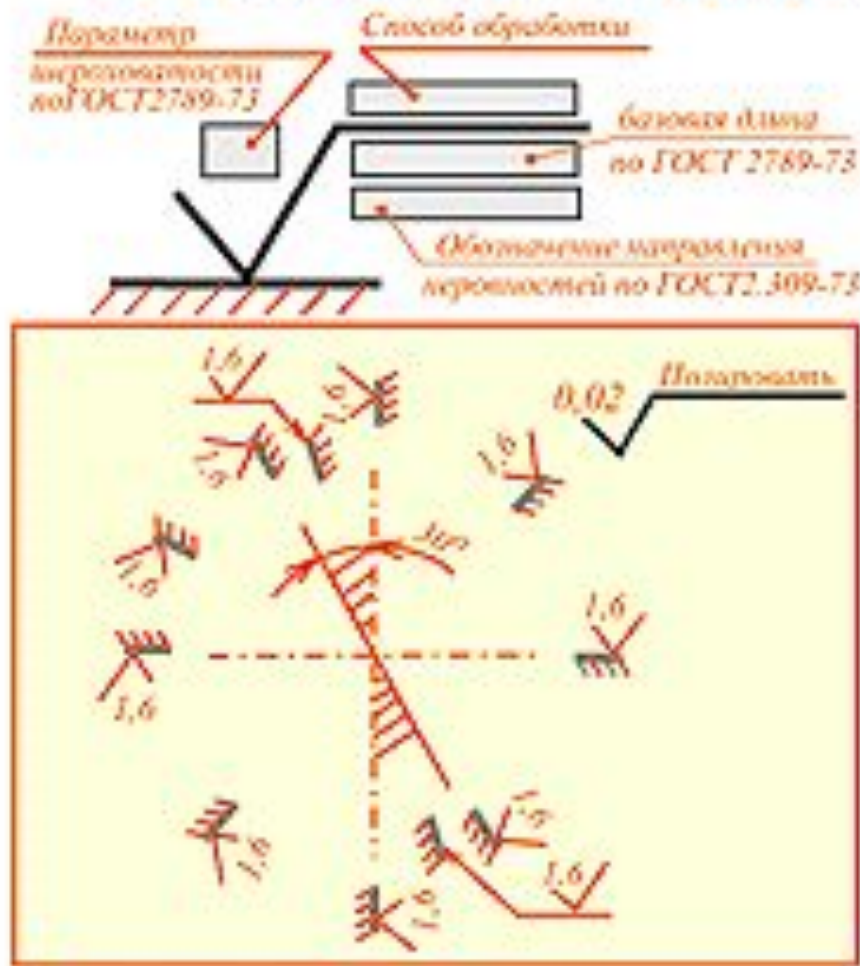
При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условный знак (✓), означающий слово 'одинаковое'.



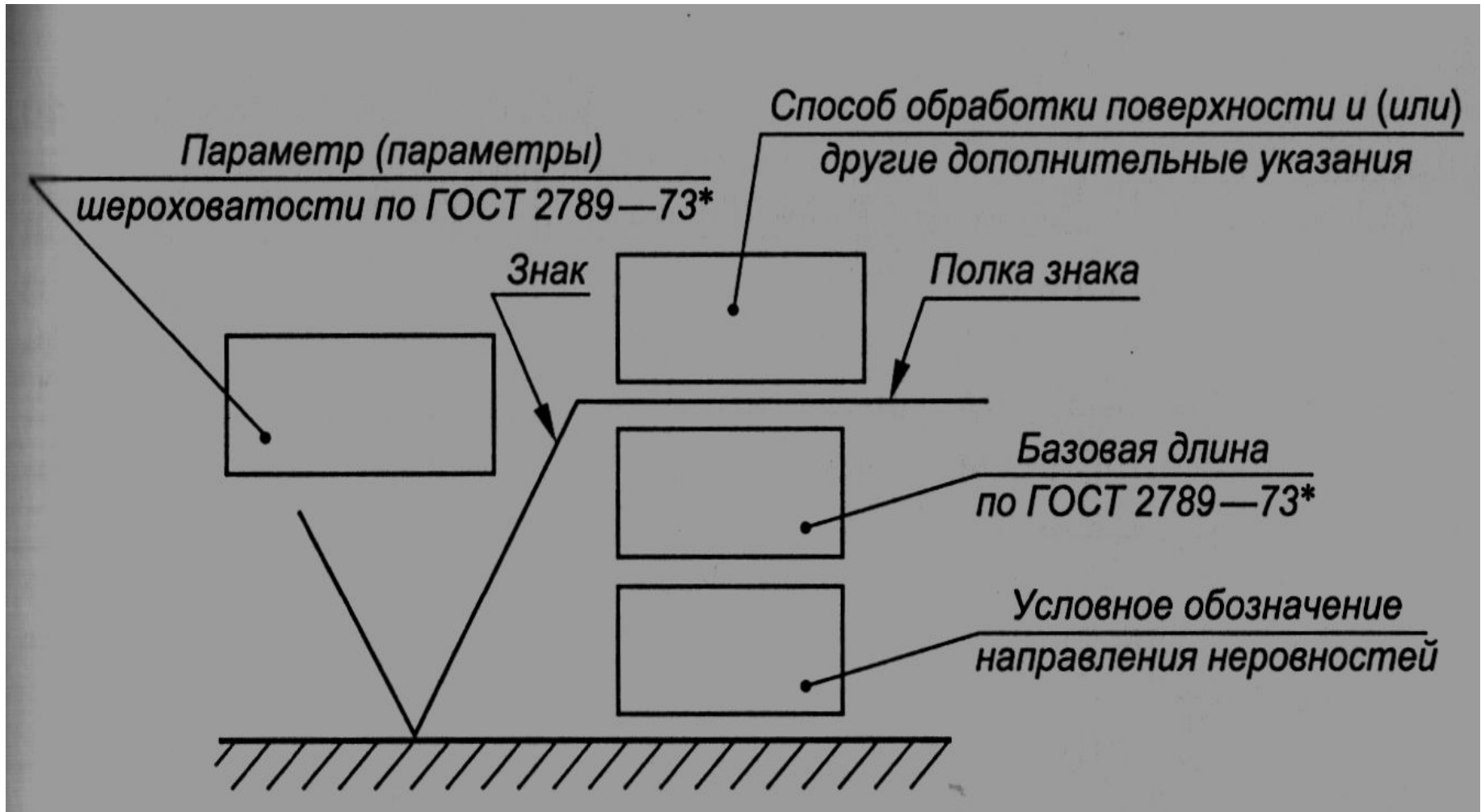
Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки размечиваются сложной толстой линией. Через замкнутую часть этой линии граница между участками не проходит.






ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ





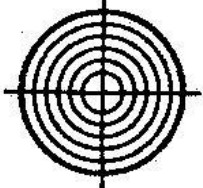


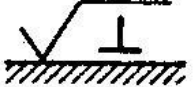
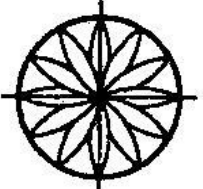


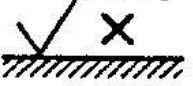
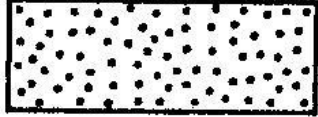

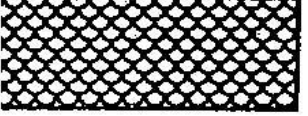

Обозначение шероховатости поверхности и правила ее нанесения на чертежах определяет ГОСТ 2.309-73*.



Для обозначения шероховатости используют следующие знаки.

-  Применяется в случае, когда метод обработки поверхности чертежом не регламентирован.
-  Указывает на то, что поверхность детали должна быть получена путем удаления слоя металла.
-  Указывает на то, что поверхность может быть получена без удаления слоя металла (холодной штамповкой, прокатом).

Типы направления шероховатости и их обозначения

Расположение неровностей		Обозначение на чертеже	Расположение неровностей		Обозначение на чертеже
	Параллельное			Круговое	
	Перпендикулярное			Радиальное	
	Перекрещивающееся			Точечное	
	Произвольное				

- а - когда все поверхности имеют одинаковую шероховатость;

- б - когда все поверхности, кроме указанных, имеют одинаковую шероховатость;

- **в - когда все поверхности, кроме указанных, остаются в состоянии заготовки**

Обозначение шероховатости

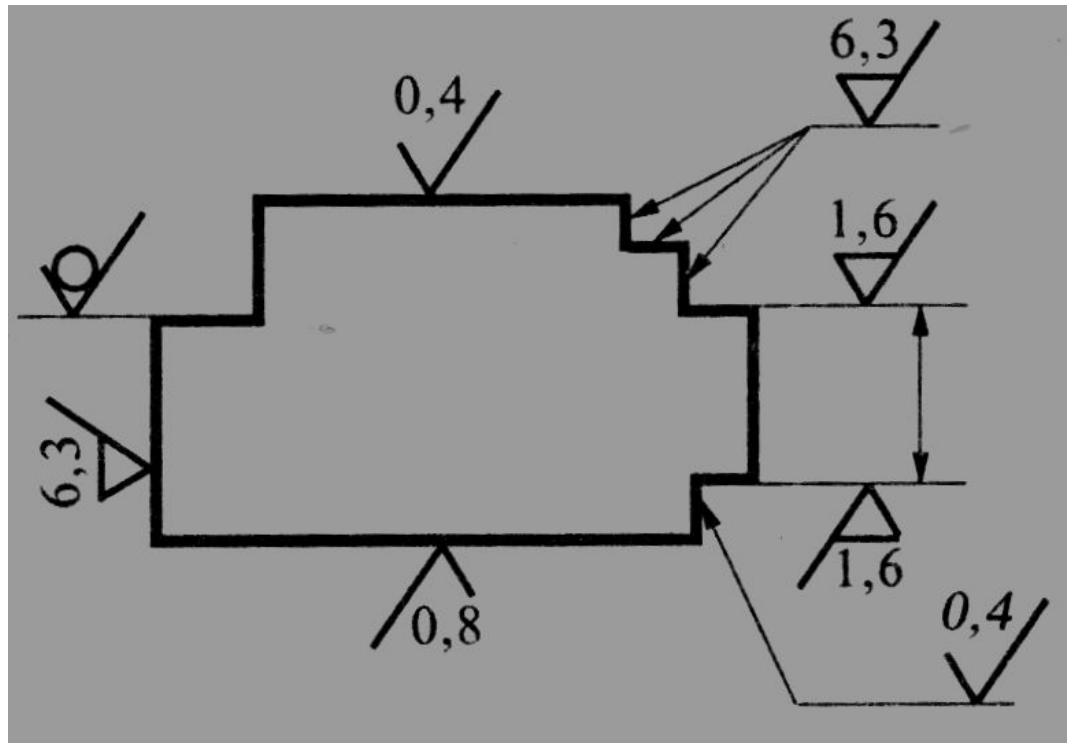
а - когда все поверхности имеют одинаковую шероховатость;

б - когда все поверхности, кроме указанных, имеют одинаковую шероховатость;

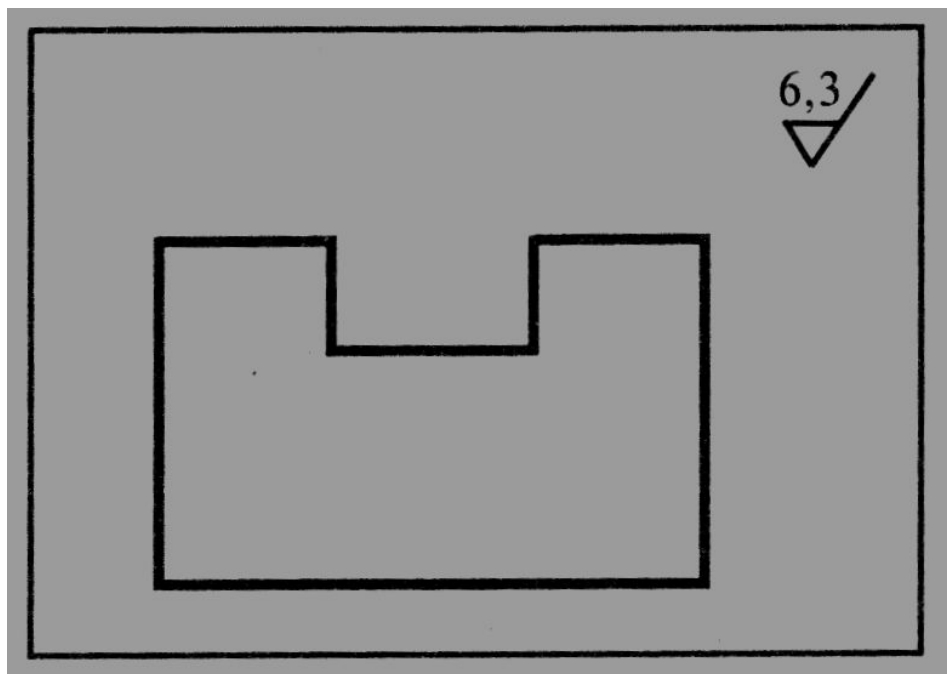
в - когда все поверхности, кроме указанных, остаются в состоянии заготовки

Над знаком указывают буквенное обозначение параметра шероховатости R_z (R_a не указывается) и его значение в микрометрах, например: 1,25/.

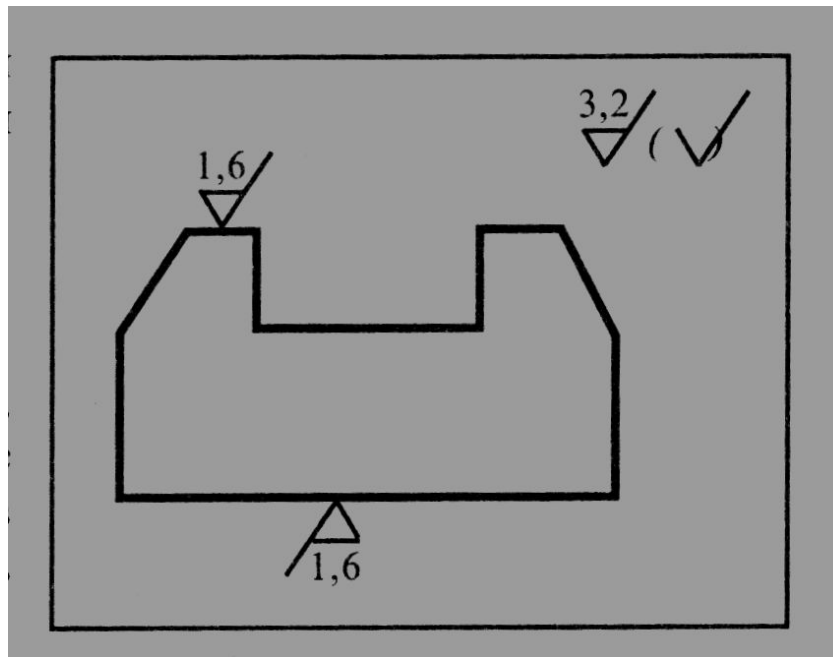




- Условный знак шероховатости наносится на линиях контура, на выносных линиях или на полках линий-выносок.



- Если все поверхности детали имеют одинаковую шероховатость, то ее обозначение помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображение не наносят.



- В случае одинаковой шероховатости большей части поверхностей детали, в правом верхнем углу чертежа помещается:
 - - обозначение этой шероховатости;
 - - условное обозначение знака в скобках, который означает, что все поверхности, не имеющие на чертеже знаков шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед скобкой.

ПРИМЕРЫ ПРОСТАНОВКИ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ



Рис. 1

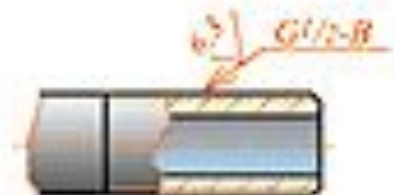
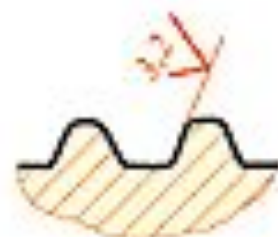
Если шероховатость поверхностей, образующих контур детали должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносится один раз в соответствии с черт. 1. Диаметр условно-высотного знака O – 4...5 мм.

В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плоски переставляется одна в другую, знак O не приводится (черт. 2).



Рис. 2

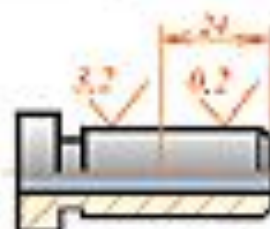
M20-7H



Обозначение шероховатости рабочих поверхностей зубьев зубчатых колес, маховых шкивов и т.п., если на чертеже не приведен их профиль, условно наносится на линии действительной поверхности.



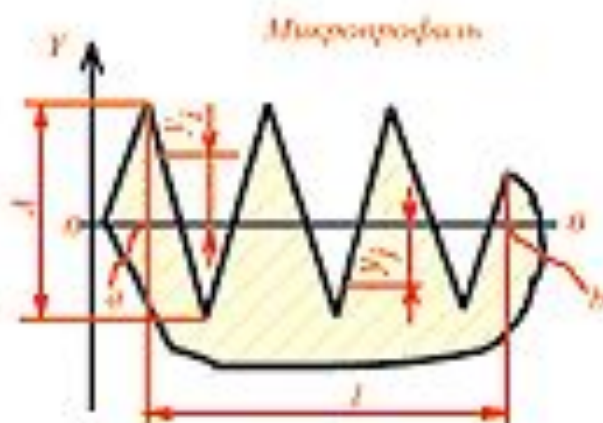
Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносится по общим правилам при изображении профиля или условно на выносной линии для указания размера резьбы, на размерной линии или ее продолжении.



Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки различают с помощью тонкой линии с нанесением соответствующего размера и обозначения шероховатости.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ

Пример. Определить шероховатость поверхности, макропрофиль которой показан, если амплитуда микронеровностей составляет $A=100$ микрометров ($\mu\text{м}$).



РЕШЕНИЕ Определим положение средней линии профиля 0-0 так, чтобы сумма площадей, ограниченных профилем поверхности, была одинакова по обеим сторонам этой линии. Шероховатость по шкале R_a - это среднее арифметическое значение высоты микронеровностей (y), замеряемое от средней линии профиля (по модулю) в пределах базовой длины l . Среднее арифметическое любой функции на интервале $l=b-a$ может быть определено по формуле:

$$y = \frac{\sum |y_i|}{n} = \int_a^b \frac{|f(x)| dx}{b-a}$$

Шероховатость по шкале R_a - это среднее арифметическое значение высоты микронеровностей (y), замеряемое от средней линии профиля (по модулю) в пределах базовой длины l . Среднее арифметическое любой функции на интервале $l=b-a$ может быть определено по формуле:

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется шероховатостью поверхности?
2. Каково влияние шероховатости поверхности на эксплуатационные свойства деталей?
3. Что называется базовой линией, базовой длиной, средней линией?
4. Какие параметры установлены для нормирования шероховатости поверхности? Дайте их характеристику.
5. Как обозначаются на чертежах требования к шероховатости поверхности?