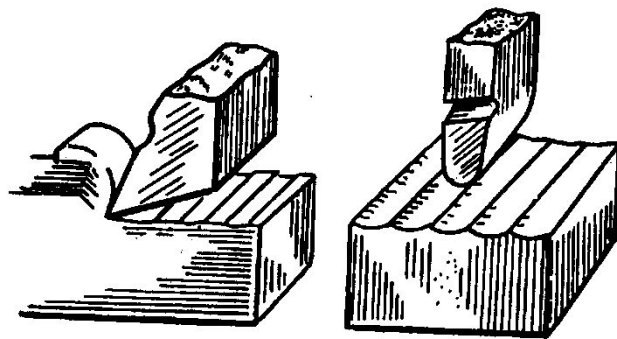


Шероховатость поверхности

Поверхности деталей не бывают совершенно гладкими.

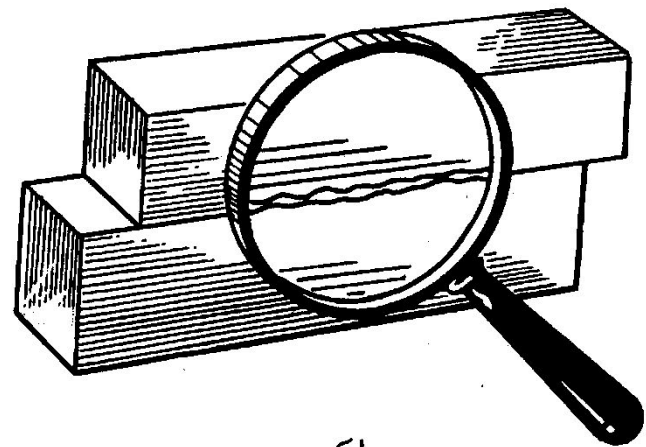
При штамповке, механической обработке на поверхностях образуются неровности. Эти неровности можно рассмотреть через увеличительное стекло (лупу) или на специальных приборах.



*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

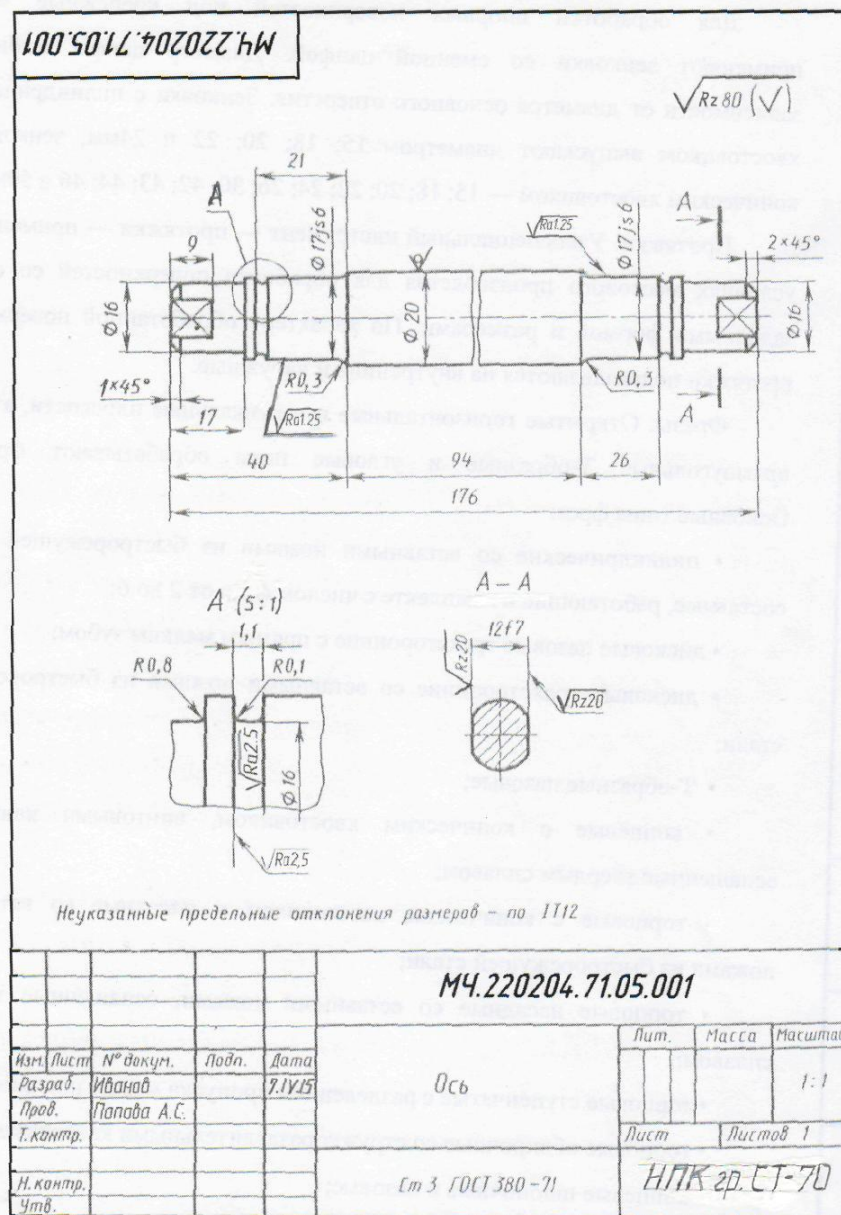
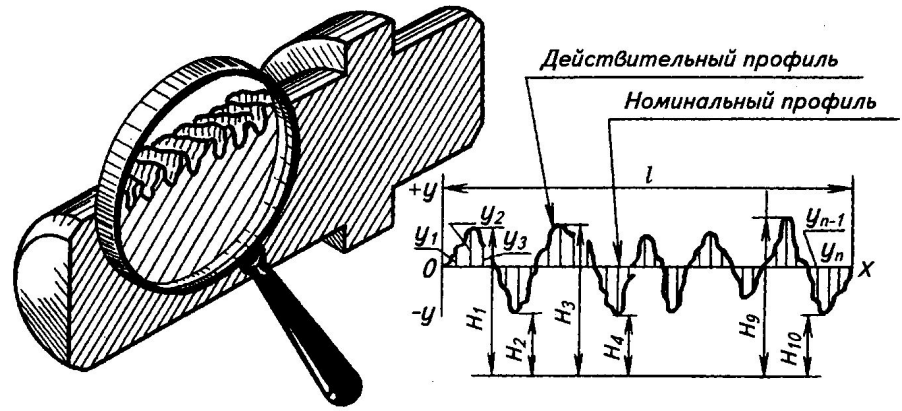


Рисунок 9.

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;

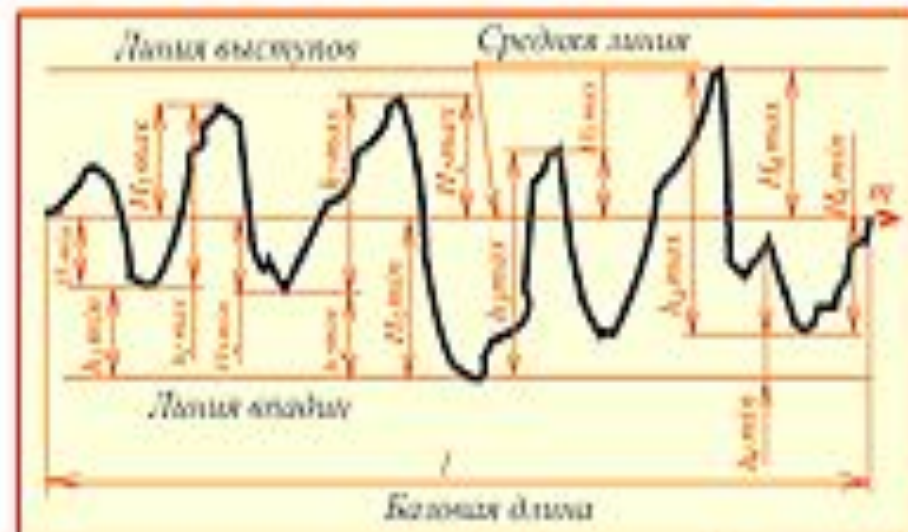
шаговые:

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

параметр формы:

- ***tr*** — 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 шкелюватости

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

среднее арифметическое
абсолютных прогноза

$$R = \frac{1}{2} \int_0^1 |y(x)|^2 dx,$$

$$R_s = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n H_{i, \text{max}} - \sum_{i=1}^n H_{i, \text{min}} \right) - \text{высота неровностей профилей по 10 точкам}$$

$$R_i = \frac{1}{n} \left(\sum_{j=1}^n h_{ij} - \sum_{j=1}^n h_{jj} \right)$$

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

Адг. N-мисно, заградишено профиле

Шаговые параметры шероховатости

$$S_n = \frac{1}{n} S_n : S_n = \frac{2I_2}{k-1} \text{ - средний шаг проекционных профилей по средней линии,}$$

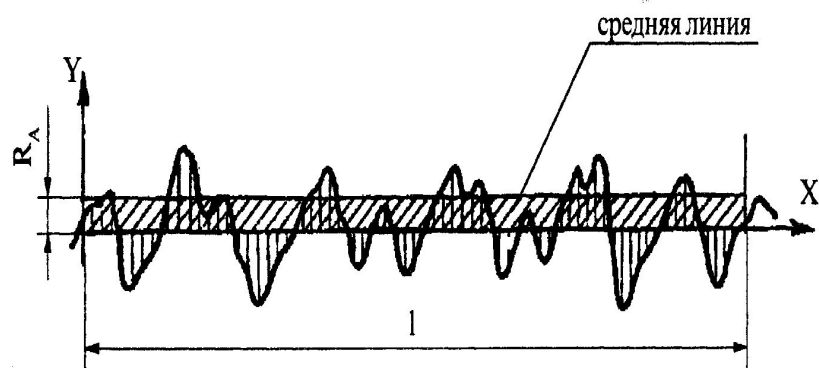
εἰς: ἐ-νὰς ἀνὰ μὲν κροφίαν: $I_1 \in I$

I_n - длина отрезка средней линии в предикте базисной длины, ограниченная первым и последним ненулевыми пересечениями профиля со средней линией

Высотно-шаговый параметр шероховатостей

$$t_r = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r b_i \text{ (в процентах) - относительная оценка для профиля}$$

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a



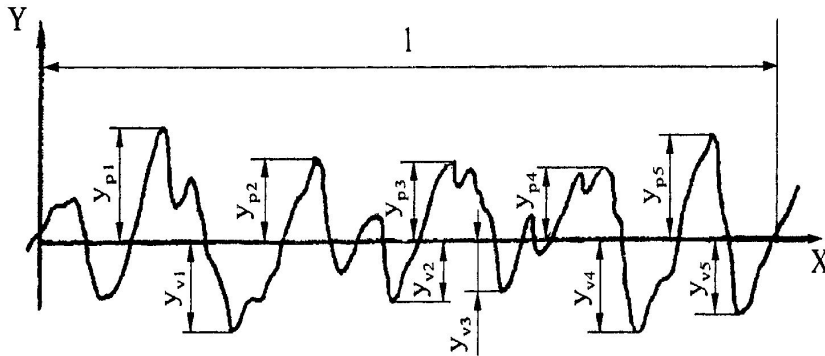
$$R_A = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|$$

- 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:

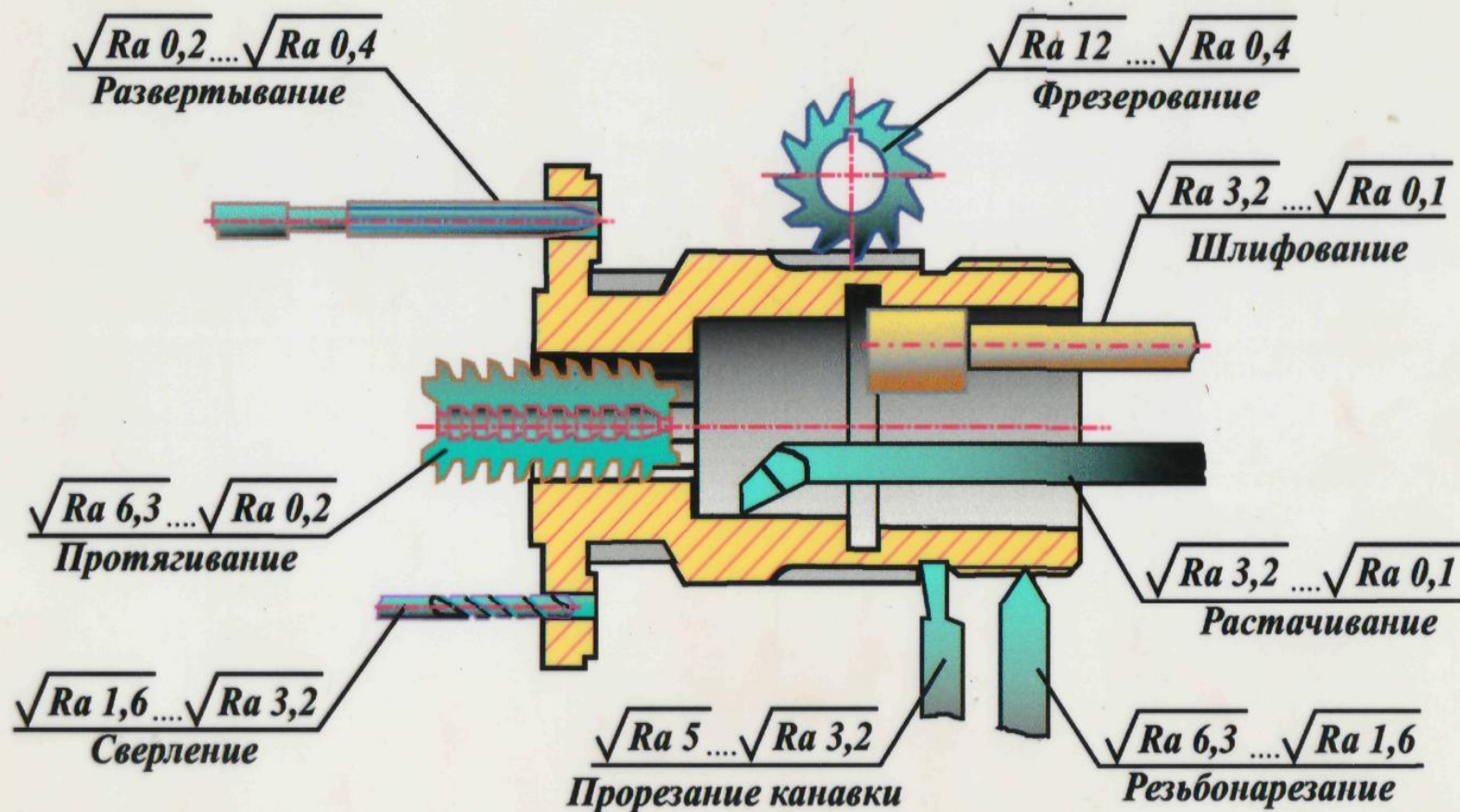
- y_{pi} - высота i -го наибольшего выступа профиля;
 y_{vi} -- глубина i -й наибольшей впадины профиля.

- **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}** — среднее арифметическое значение высот 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

Классы шероховатости	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
R_a , мкм	80... 40	40... 20	20... 10	10... 5	5... 2,5	2,5... 1,25	1,25... 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
R_z , мкм	320... 160	60... 30	30... 15	15... 7,5	7,5... 3,75	3,75... 1,875	1,875... 0,9375	0,9375... 0,46875	0,46875... 0,234375	0,234375... 0,1171875	0,1171875... 0,05859375	0,05859375... 0,029296875	0,029296875... 0,0146484375	0,0146484375... 0,00732421875
Базовая длина, мм	8		2,5		0,8		0,25		0,08		0,025		0,008	
Достижимый при данном способе изготовления деталей класс шероховатости														
Отливание	✓	✓	✓											
Шлифование							✓	✓	✓					
Сверление			✓	✓	✓	✓								
Строгание	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
Развертывание							✓	✓	✓					
Тошение	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Фрезерование		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						
Протягивание						✓	✓	✓	✓	✓				
Шлифование						✓	✓	✓	✓	✓				
Притирка								✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Хонингование								✓	✓	✓	✓	✓		
Прокат					✓	✓	✓	✓	✓					
Литье в песок	✓	✓	✓	✓										
Литье под давлением		✓	✓	✓	✓	✓	✓							

Значение параметров шероховатости (по ГОСТ 2879-83)

Высотные параметры Ra, Rz класса шероховатости

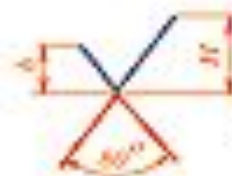
Класс шероховатости	Ra, мкм	Rz, мкм	Возможные методы обработки
1 2	80 40	320 160	Грубое обтачивание, черновое фрезерование, сверление
3 4	20 10	80 40	Получистовое обтачивание, черновое фрезерование, сверление, черновое зенкерование
5 6	5 2,5	20 10	Чистовое точение, развертывание, шлифование, чистовое 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

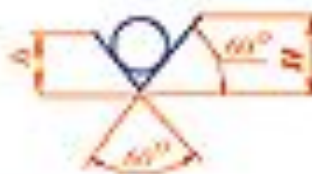
ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ



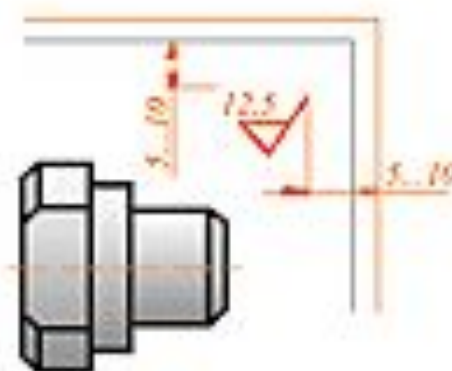
когда вид обработки конструктором не устанавливается;



поверхность обработана удалением слоя материала.



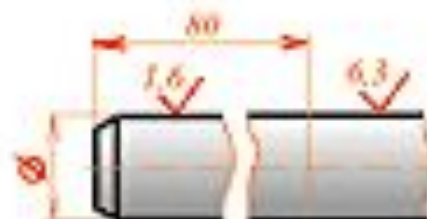
поверхность обработана без удаления слоя материала



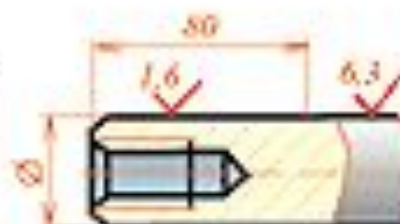
При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали обозначение шероховатости помещают в прямом вертикальном углу чертежа и на изображении не наносят.



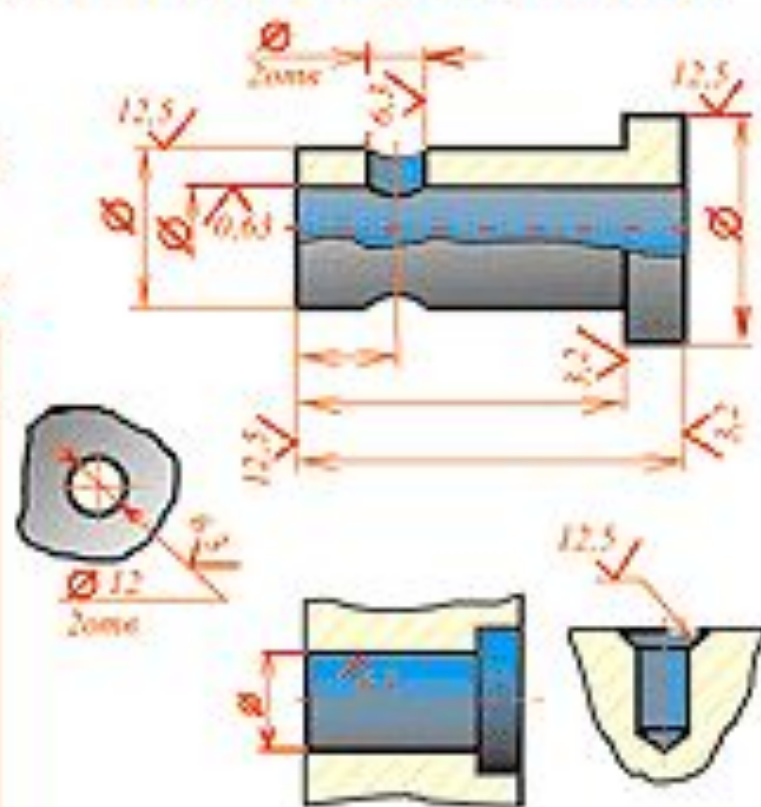
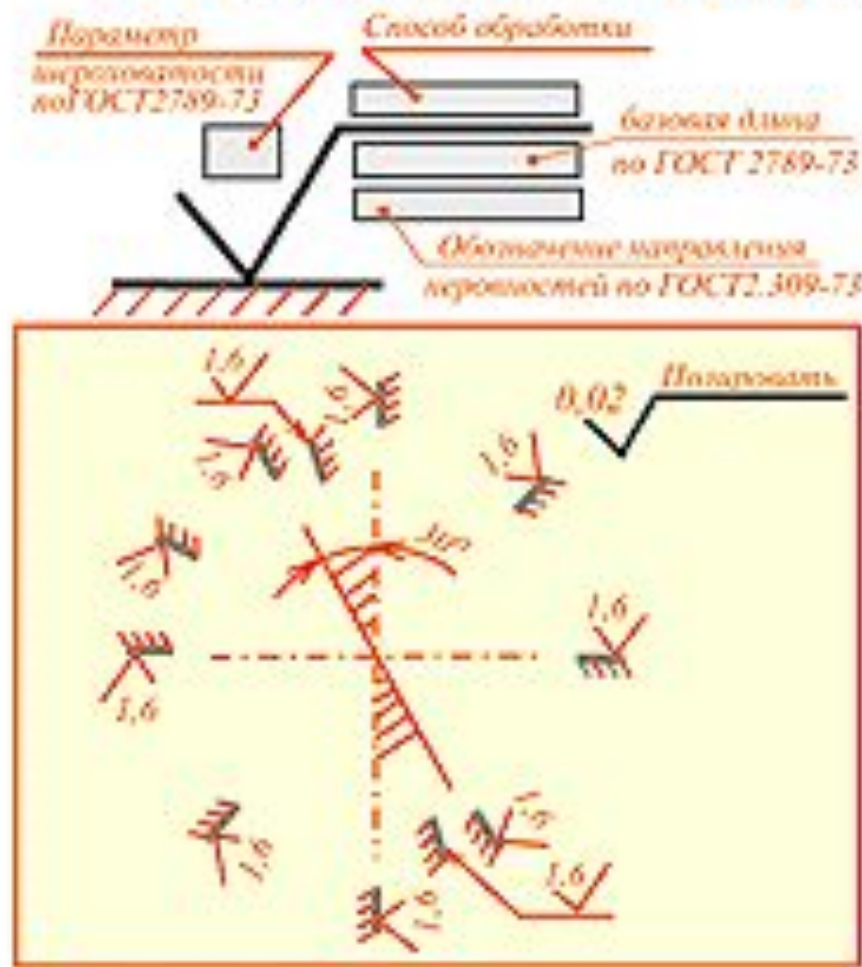
При указании одинаковой шероховатости для всех поверхностей детали в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и условный знак (✓) означающий слово 'одинаковое'.



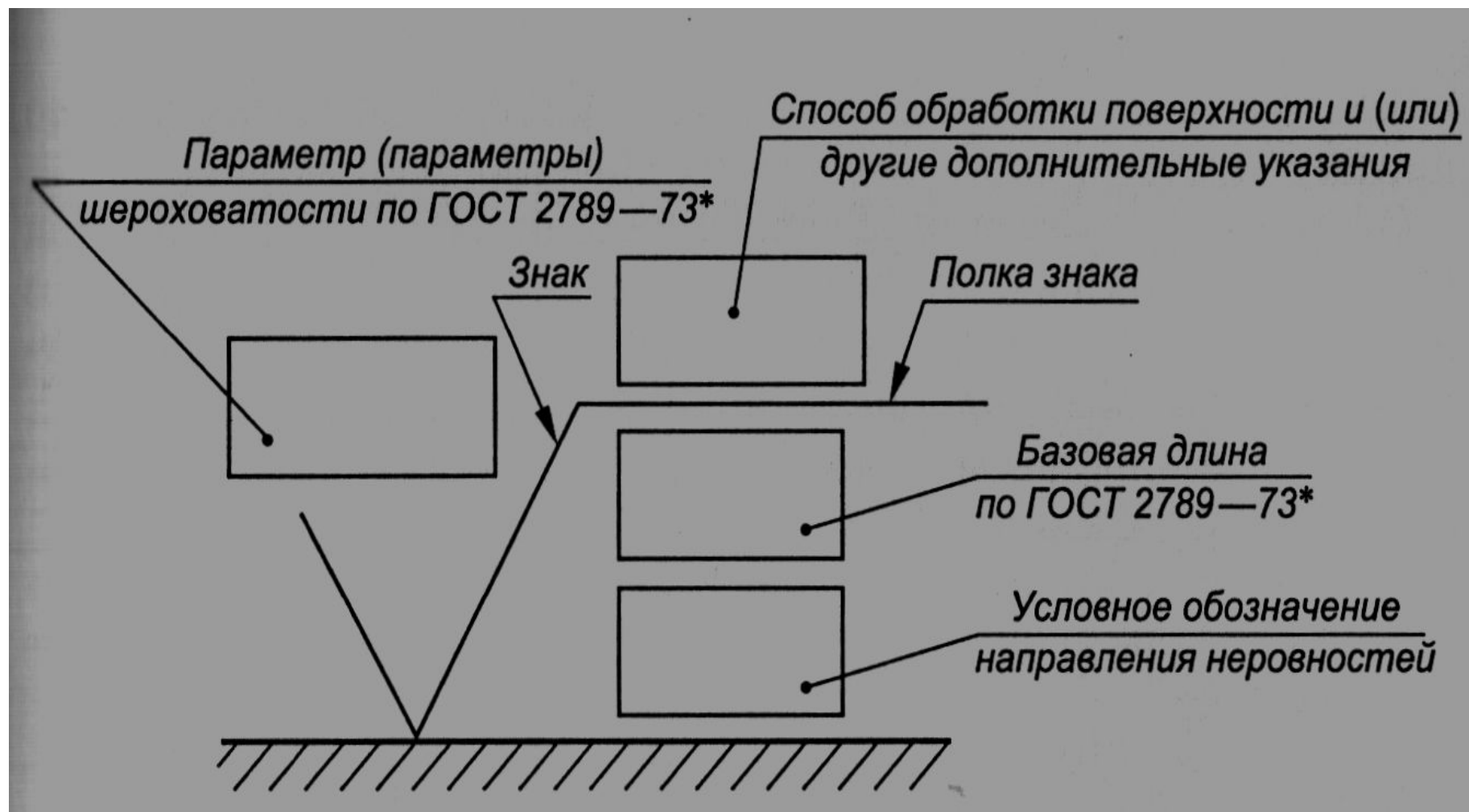
Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной толстой линией. Через заштрихованную толую линию границы между участками не проходят.



ОБОЗНАЧЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ



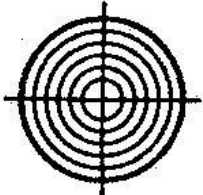
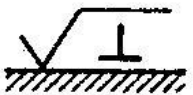
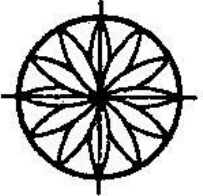
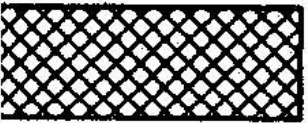
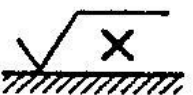
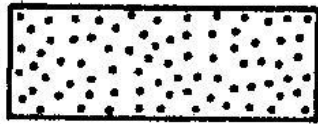
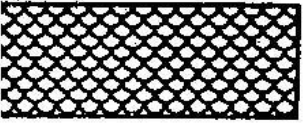
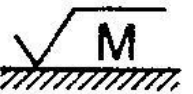
Обозначение шероховатости поверхности и правила ее нанесения на чертежах определяет ГОСТ 2.309-73*.



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
	Парал- лельное			Круговое	
	Перпен- дикуляр- ное			Радиаль- ное	
	Перекре- щаваю- щееся			Точечное	
	Произ- вольное				

- 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

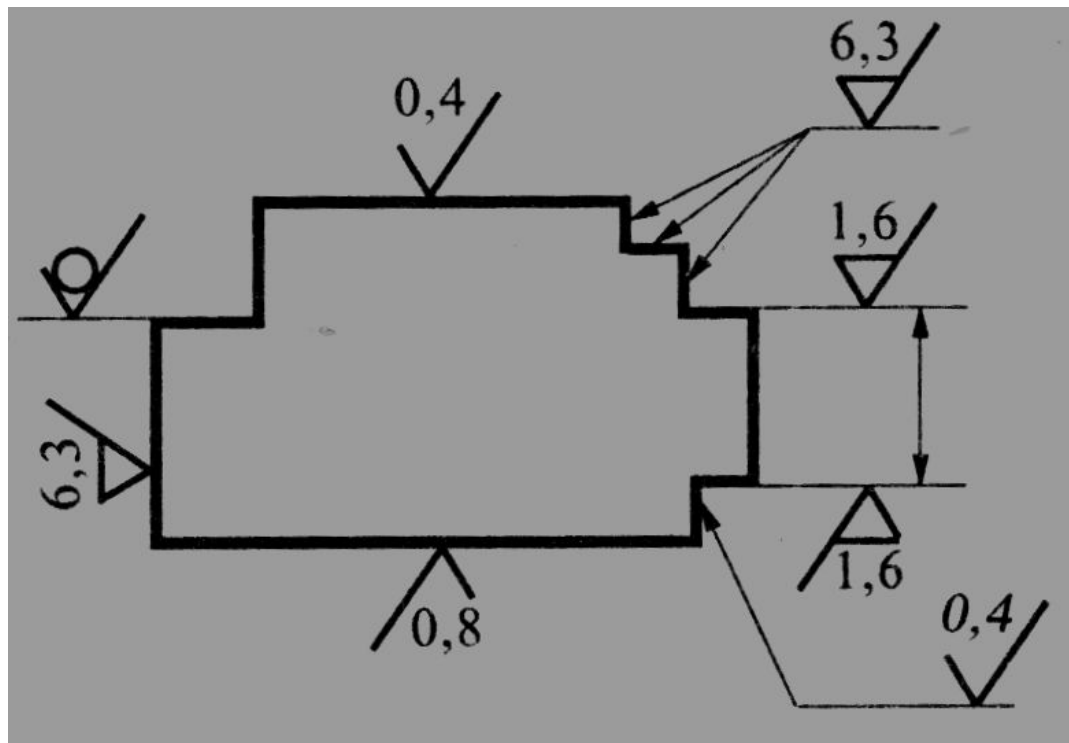
а - когда все поверхности имеют одинаковую шероховатость;

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

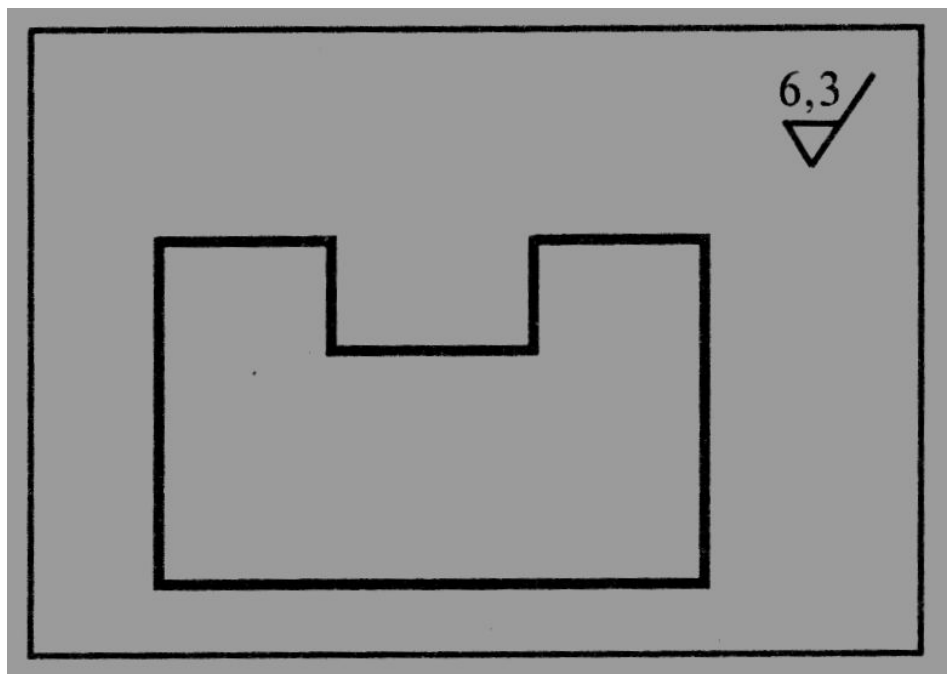
в - когда все поверхности, кроме указанных, остаются в состоянии заготовки

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

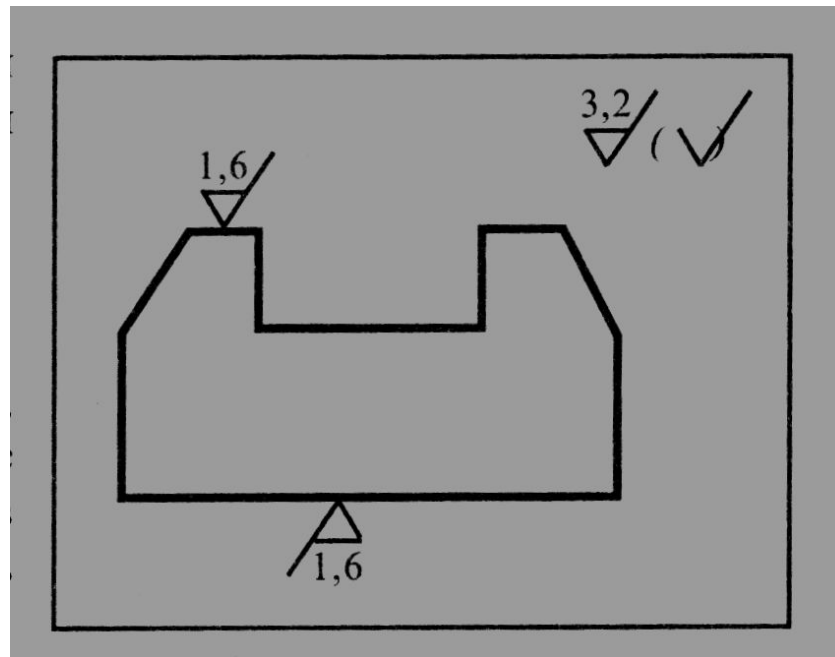




- Условный знак шероховатости наносится на линиях контура, на выносных линиях или на полках линий-выносок.



- 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

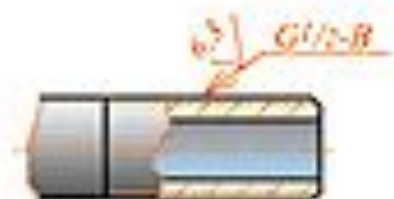
Если шероховатость поверхностей, образующих контур должна быть одинаковой, обозначение шероховатости наносит один раз в соответствии с черт. 1. Диаметр условного знака $\bigcirc$ 4...5 мм.

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



Рис. 2

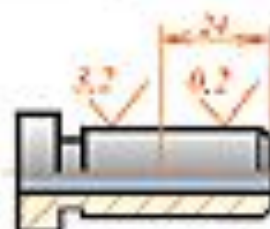
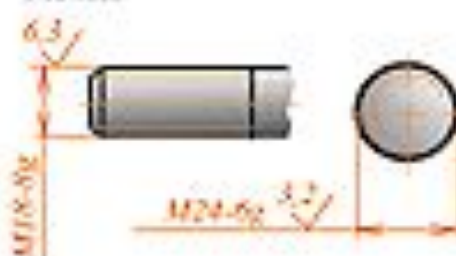
M20-7H



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



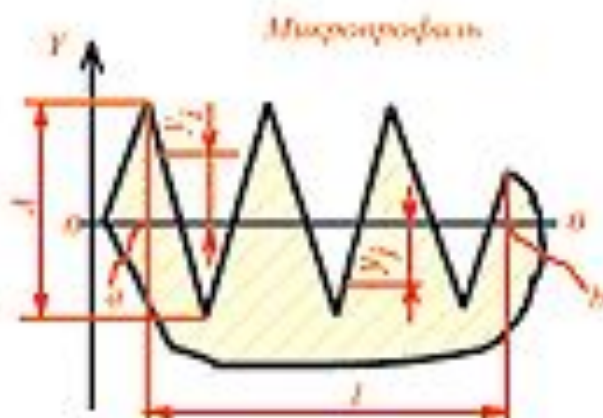
Обозначение шероховатости поверхности профиля резьбы наносит по общим правилам при изображении профиля или условно на выносной линии для указания размера резьбы, на размерной линии или ее продолжении.



Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки различают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующим размером и обозначением шероховатости.

ПРИМЕР РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ

Пример. Определить шероховатость поверхности, микропрофиль которой показан, если амплитуда микронеровностей составляет $A=100$ микром (мкм).



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 Ra - это среднее арифметическое значение высоты микронеровностей (y), замеренное 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:

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

Шероховатость по шкале Ra - это среднее арифметическое значение высоты микронеровностей (y), замеренное 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?