

# Тема 2.7.2 Шероховатость поверхностей

---

**Изучить лекцию и ответить на вопросы**

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Что называется шероховатостью поверхности?
2. Какие существуют параметры шероховатости поверхности?
3. Какие существуют условные знаки шероховатости и что они обозначают на чертеже?
4. Какой параметр шероховатости является предпочтительным ( $Ra$  или  $Rz$ ) и почему?
5. Каким образом осуществляется выбор шероховатости?



# Для чего нужна шероховатость?

---



- Проектируя машины, конструктор задает не только точность, с какой должны быть выдержаны размеры элемента детали, но и допустимую шероховатость его поверхности, обеспечивающую длительную работоспособность детали.
  - Конструктор также должен также учитывать экономический фактор – чем выше требования к качеству поверхности, тем дороже ее изготовление.
-

**Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная на определенной (базовой) длине, называется шероховатостью поверхности.**

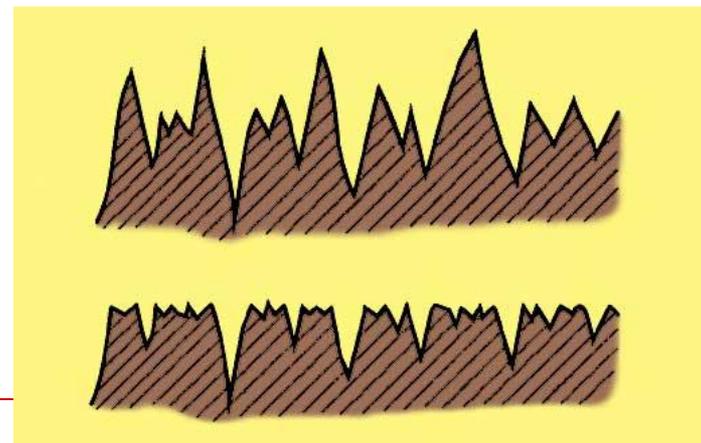
Шероховатость поверхностей регламентируется следующими стандартами:

- **ГОСТ 25142 – 82.** Шероховатость поверхностей. Термины и определения.
  - **ГОСТ 2789 – 73.** Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики.
  - **ГОСТ 2.309 – 73.** Обозначения шероховатости поверхностей.
-

# Микрогеометрия поверхности

---

- Если рассмотреть в сильную лупу или под микроскопом (профилометром) поверхность какой-либо детали, то даже на хорошо отполированной поверхности будут заметны микронеровности.



# Образцы деталей с разным качеством поверхности

- На рисунке 1 изображены два валика, диаметры которых при измерении микрометром оказались практически равными, но шероховатость (высота гребешков) на валике **а** больше, чем на валике **б**.
- Если принять, что валики будут работать в одинаковых условиях, то установленный расчетом зазор между валиком и отверстием в случае **а** нарушится быстрее (из-за истирания поверхностей), чем в случае **б**, и надежность работы механизма уменьшится.

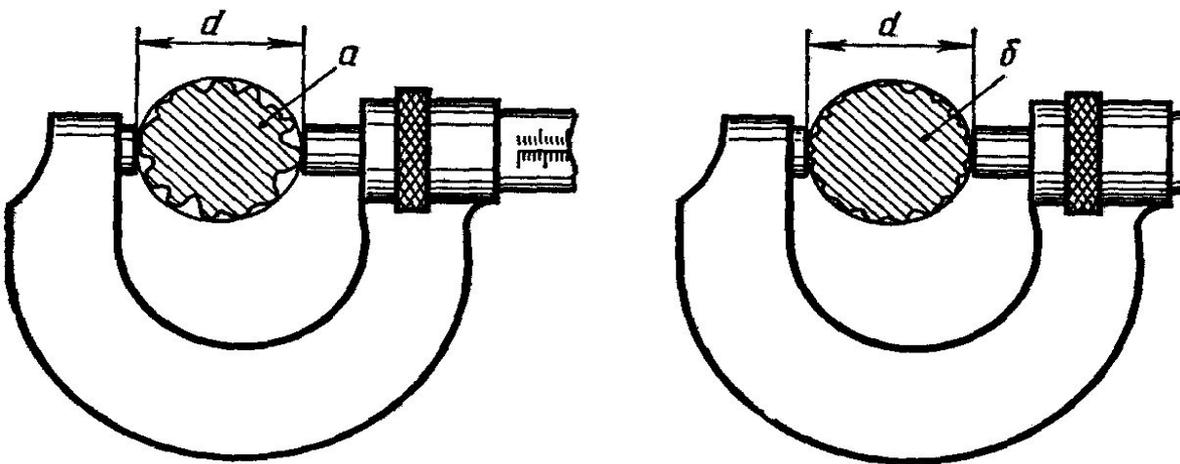
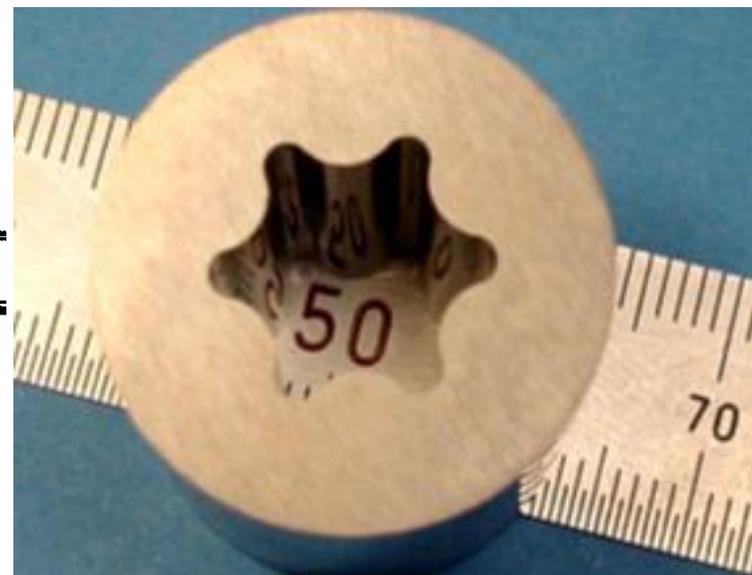


Рисунок 1 – Образцы валиков



Зеркальная вырезка конусной матрицы из карбида вольфрама, шероховатость 12-го класса

# Параметры и характеристики шероховатости поверхности

---

- Для оценки качества поверхности ГОСТ 2789-73 установил шесть параметров:
  - 1) **среднее арифметическое отклонение профиля** (символ  $R_a$ )- среднее арифметическое значение ординат  $y_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине;
  - 2) **средняя высота неровностей профиля по 10 точкам** (символ  $R_z$ )- сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины;
  - 3) **наибольшая высота профиля** (символ  $R_{max}$ );
  - 4) **средний шаг неровностей** (символ  $S_m$ );
  - 5) **средний шаг по неровностям** (символ  $S$ );
  - 6) **относительная опорная длина профиля** (символ  $t_p$ ), определяемая как отношение опорной длины профиля  $l_p$  к базовой длине.
-

# Профилограмма

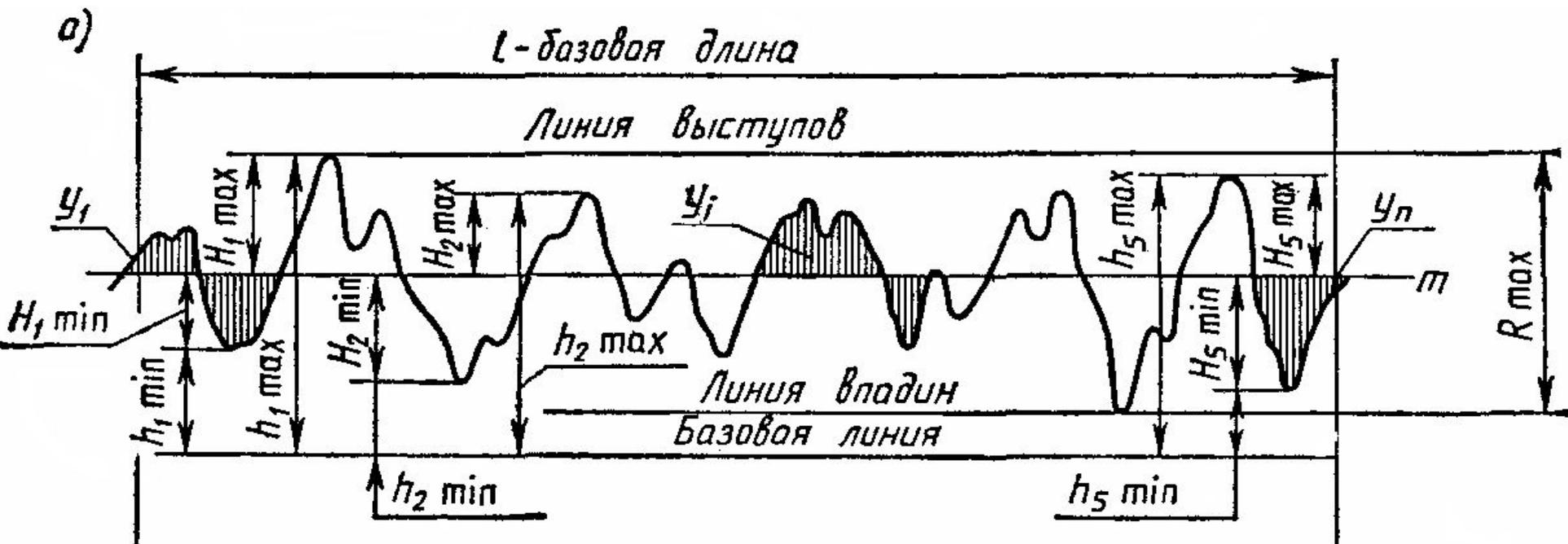


Рисунок 2 – Профилограмма поверхности детали

Среднее арифметическое отклонение профиля (символ  $R_a$ )- среднее арифметическое значение ординат  $y_i$  некоторого количества точек, выбранных на базовой длине

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

# Параметр шероховатости Rz

Средняя высота неровностей профиля по 10 точкам (символ Rz) - сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины

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

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

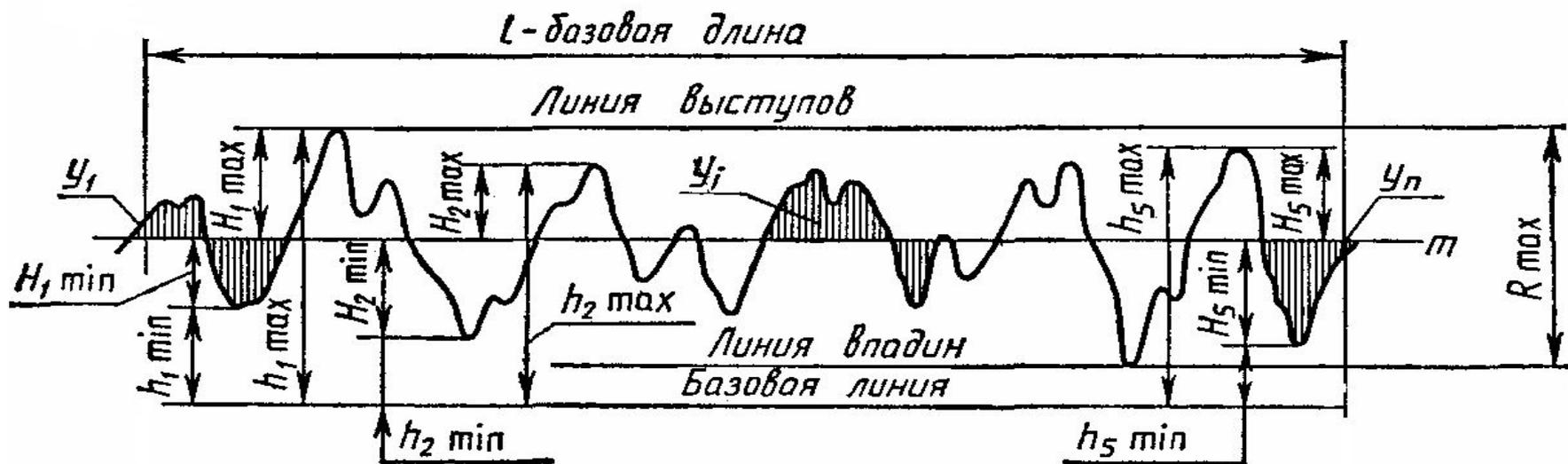
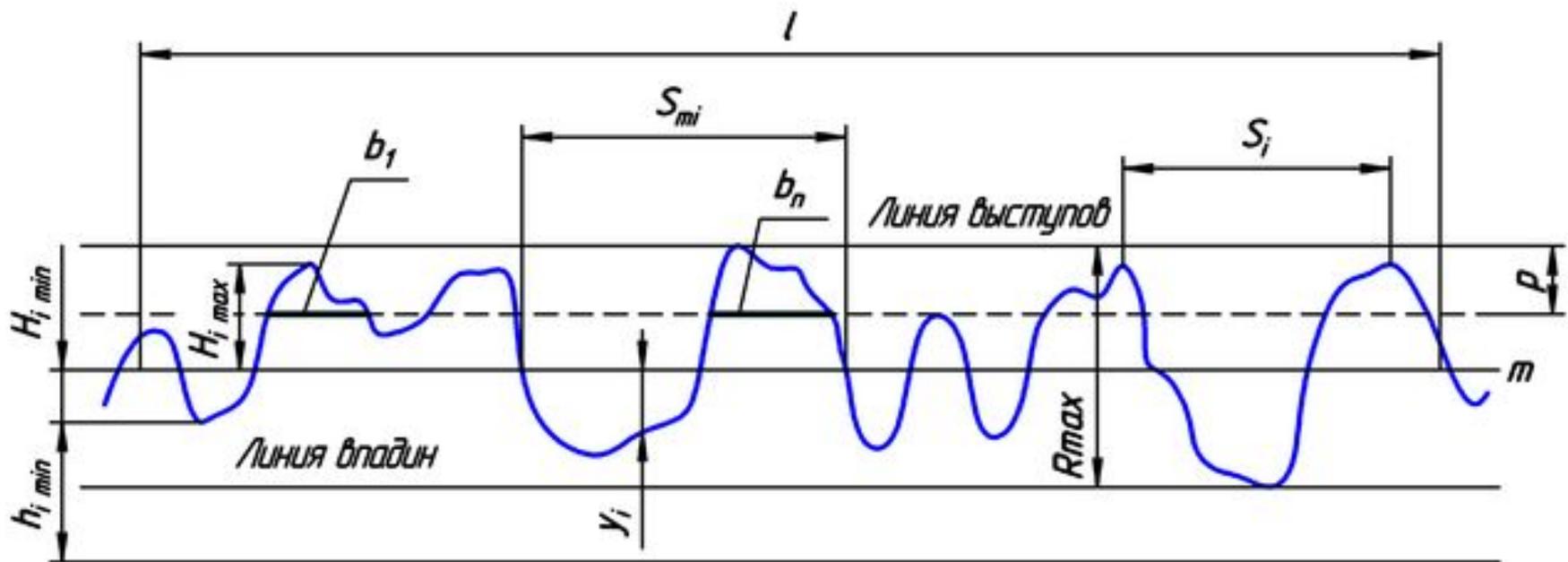


Рисунок 3-Профилограмма

# Наибольшая высота профиля (символ $R_{max}$ )



$b_1, b_i, b_n$  –длины отрезков в пределах базовой длины;

$S_i$  –средний шаг неровностей по вершинам;  $S_{mi}$  – средний шаг неровностей

Рисунок 4- Наибольшая высота профиля на профилограмме

# Нормирование шероховатости поверхности

---

- Требования к шероховатости поверхности могут нормироваться:
  - одним параметром (например, высотным –  $R_a$ ,  $R_z$  или  $R_{max}$  либо шаговым-  $S_m$  или  $S$ , либо относительной опорной длиной профиля  $t_p$ )-  $R_a0,5$ ;  $R_z80$  или  $R_{max}6,3$ ;  $S_m0,63$ ;  $S0,032$ ;  $t_p5070^*$ ;
  - двумя параметрами (например, одним высотным и одним шаговым или одним из них и параметром  $t_p$ ;
  - тремя параметрами (одним высотным, одним шаговым и  $t_p$ ).
  - \* *Примечание:  $t_p5070$ - относительная опорная длина профиля  $t_p=70\%$  при уровне сечения профиля  $p=50\%$ .*
-

## Выбор значений параметров шероховатости

Ряды значений среднего арифметического отклонения профиля  $R_a$ , мкм

<u>100</u>	10,0	1,00	<u>0,100</u>	0,010
80	8,0	<u>0,80</u>	0,080	0,008
63	<u>6,3</u>	0,63	0,063	-
<u>50</u>	5,0	0,50	<u>0,050</u>	-
40	4,0	<u>0,40</u>	0,040	-
32	<u>3,2</u>	0,32	0,032	-
<u>25</u>	2,5	0,25	<u>0,025</u>	-
20	2,0	<u>0,20</u>	0,020	-
16,0	<u>1,60</u>	0,160	0,016	-
<u>12,5</u>	1,25	0,125	<u>0,012</u>	-

Ряды значений высоты неровностей профиля  $R_z$  и  $R_{max}$ , мкм

-	1000	<u>100</u>	10,0	1,00	<u>0,100</u>
-	800	80	8,0	<u>0,80</u>	0,080
-	630	63	<u>6,3</u>	0,63	0,063
-	500	<u>50</u>	5,0	0,50	<u>0,050</u>
-	<u>400</u>	40	4,0	<u>0,40</u>	0,040
-	320	32	<u>3,2</u>	0,32	0,032
-	250	<u>25</u>	2,5	0,25	<u>0,025</u>
-	<u>200</u>	20	2,0	<u>0,20</u>	0,020
1600	160	16,0	1,60	0,160	-
1250	125	12,5	1,25	0,125	-

# Структура обозначения шероховатости поверхности

- Все сведения о шероховатости располагают согласно структуре обозначения шероховатости по ГОСТ 2.309-73.

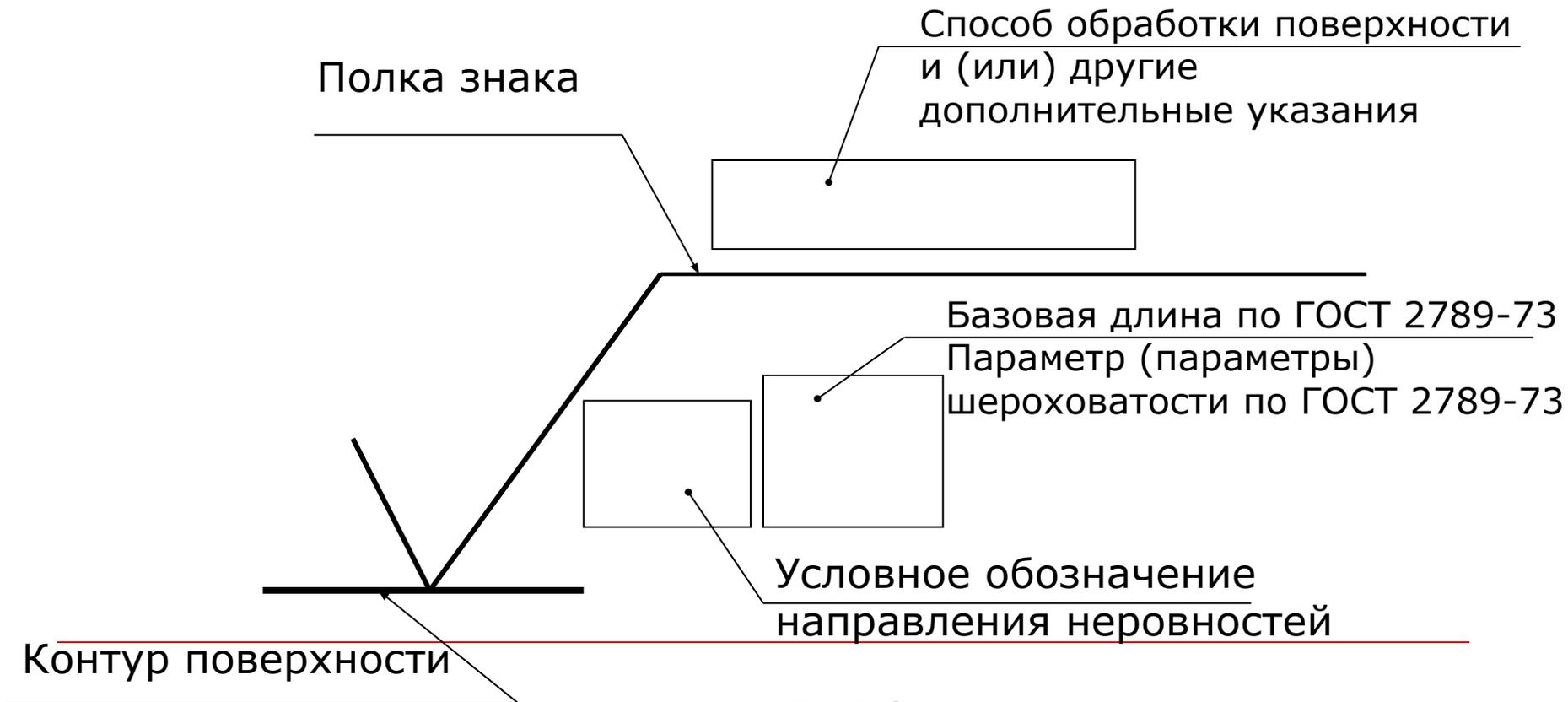


Рисунок 5- Обозначение шероховатости

Высота **h** должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел. Высота **H** равна (1,5...5) **h**. Толщина линий знаков должна быть приблизительно равна половине толщины сплошной линии, применяемой на чертеже.

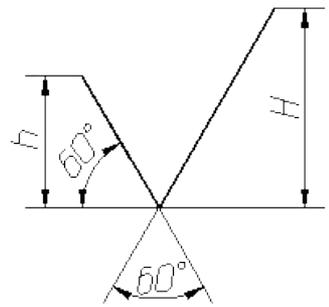


Рисунок 6 - Обозначение шероховатости поверхности без указания способа обработки

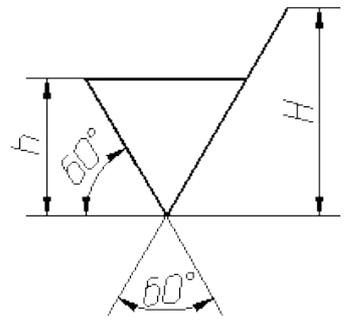


Рисунок 7- Обозначение шероховатости поверхности при образовании которой обязательно удаление слоя материала

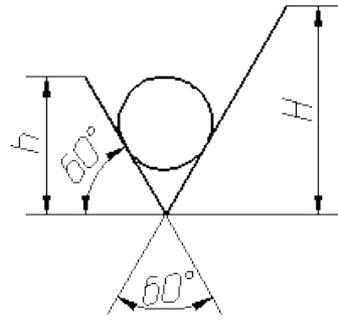
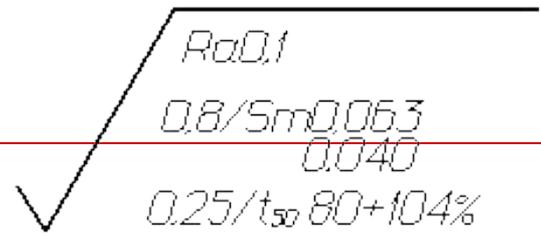
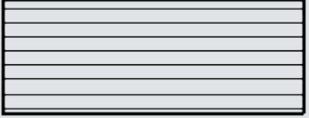
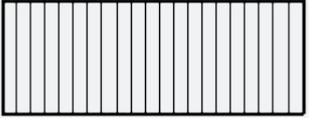
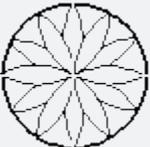


Рисунок 8- Обозначение шероховатости поверхности, образование которой осуществляется без удаление слоя материала

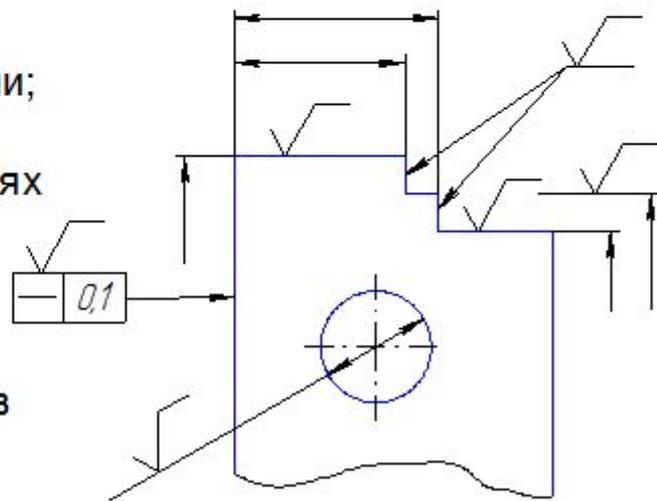
Параметр высоты неровностей профиля,  
~~параметр шага неровностей профиля,~~  
 относительная опорная длина профиля.



Тип направления неровностей	Схематичное изображение	Пояснение
Параллельное, =		Параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования 
Перпендикулярное, ⊥		Перпендикулярно линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования 
Перекрещивающиеся, X		Перекрещивание в двух направлениях наклонно к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования 
Произвольное, M		Различные направления по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность, к шероховатости которой устанавливаются требования 
Кругообразное, C		Приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования 
Радиальное, R		Приблизительно радиально по отношению к центру поверхности, к шероховатости которой устанавливаются требования 

# Основные правила нанесения обозначений шероховатости поверхностей на чертежах

1. Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.
2. Обозначение шероховатости следует ставить на тех видах и разрезах, на которых поставлены размеры, относящиеся к соответствующим частям детали.
3. Знаки располагаются на:
  - а) линиях контура элементов детали;
  - б) выносных линиях, при этом по возможности ближе к размерной линии;
  - в) полках выносных линий;
  - г) размерных линиях или их продолжениях при недостатке места, при этом разрешается разрывать выносную линию;
  - д) на рамке допуска формы;
  - е) на линии невидимого контура только в случаях, когда от этой линии нанесен размер.



4. Знаки, имеющие полку, должны располагаться относительно основной надписи чертежа так, как указано на рис.1, а знаки без полки (без указания параметра и способа обработки) располагают как на рис.2. При расположении поверхности в заштрихованной зоне обозначение наносят только на полке линии-выноски.

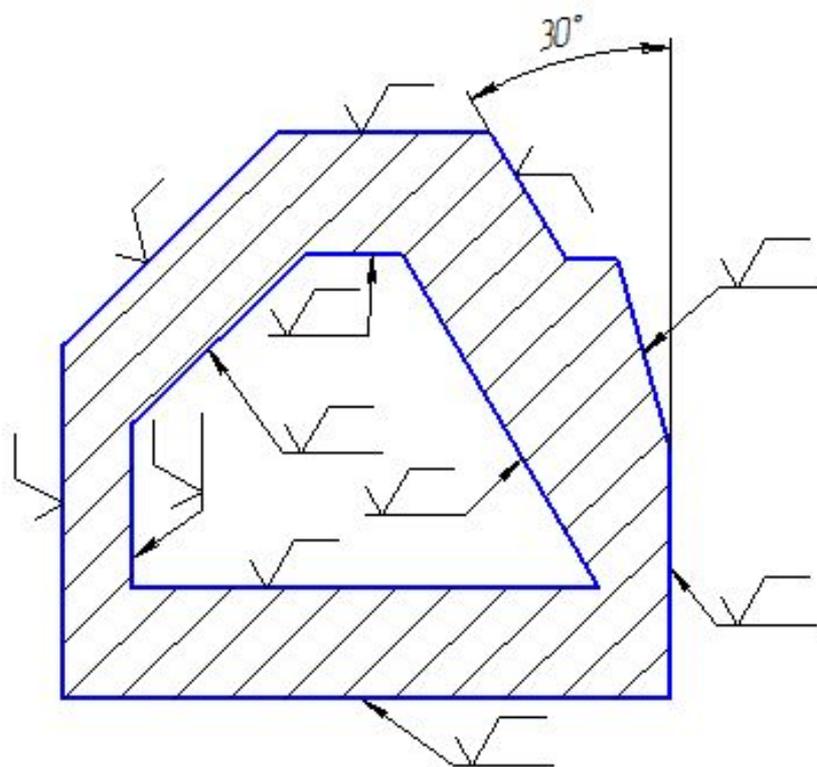


рис. 1

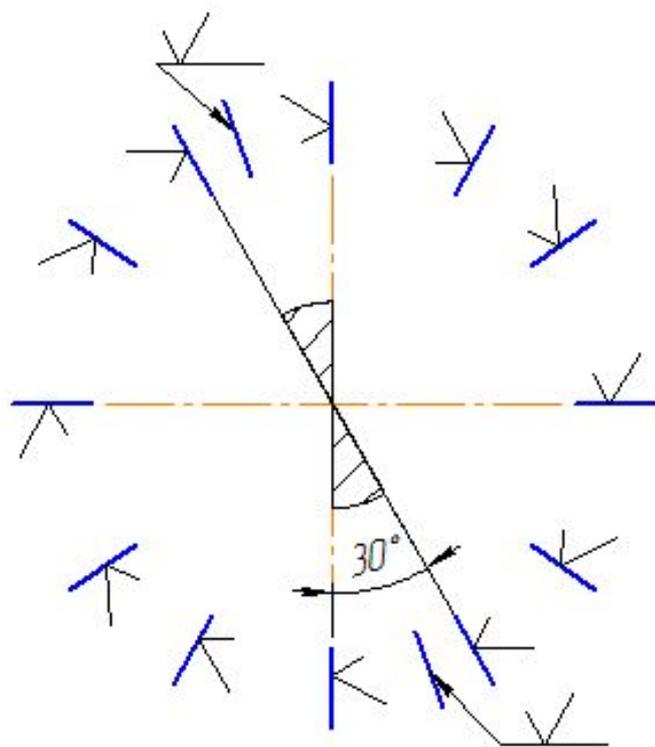
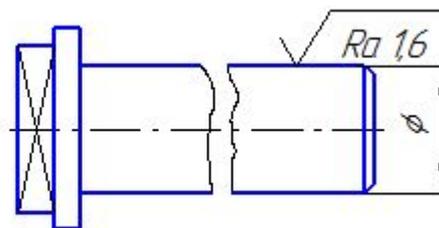
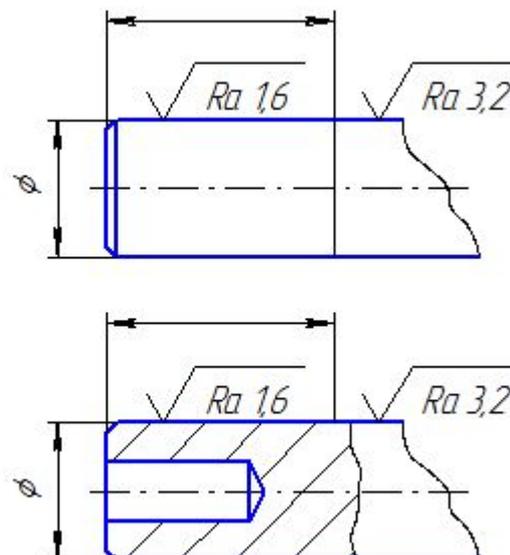


рис. 2

5. При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения, по возможности ближе к месту указания размеров.

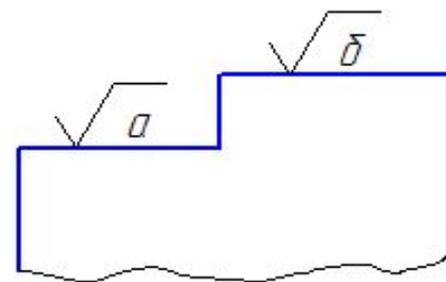


6. Если шероховатость одной и той же поверхности различна на отдельных участках, то эти участки разграничивают сплошной тонкой линией с нанесением соответствующих размеров и обозначений шероховатости. Через заштрихованную зону линию границы между участками не проводят.



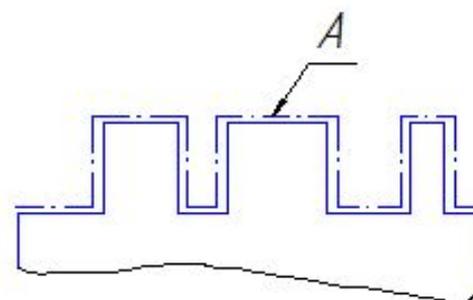
7. Когда на чертеже поверхности детали **мало места для размещения знака шероховатости**, то допускается применять **упрощенное обозначение** с разъяснением этого обозначения в технических требованиях чертежа. При этом используют знак и строчные буквы русского алфавита в алфавитном порядке, без повторений и, как правило, без пропусков.

8. Если одинаковую шероховатость имеет **поверхность сложной конфигурации**, допускается обозначение шероховатости приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности, например: **“Шероховатость поверхности А -  $\sqrt{Ra\ 6,3}$ ”** При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведенной от утолщенной штрих - пунктирной линии, которой обводят поверхность на расстоянии 0,8... 1 мм от линии контура.



$$\sqrt{a} = \sqrt{\text{Полировать}} \quad \sqrt{M\ 0,8 / Ra\ 0,4}$$

$$\sqrt{\delta} = \sqrt{Ra\ 0,8}$$



9. Если одинаковую шероховатость имеют поверхности, образующие **контур**, обозначение шероховатости наносят один раз (рис. 1). Диаметр вспомогательного знака  $\bigcirc$  - 4...5 мм. В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, **плавно переходящих** одна в другую, знак  $\bigcirc$  не приводят (рис. 2).

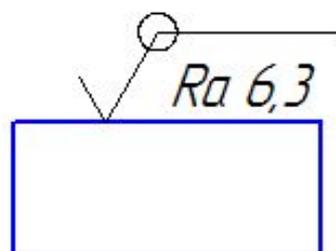


рис. 1

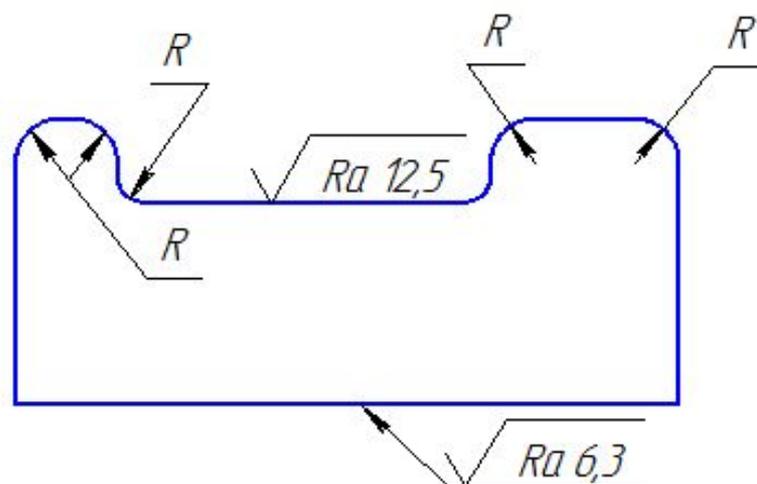
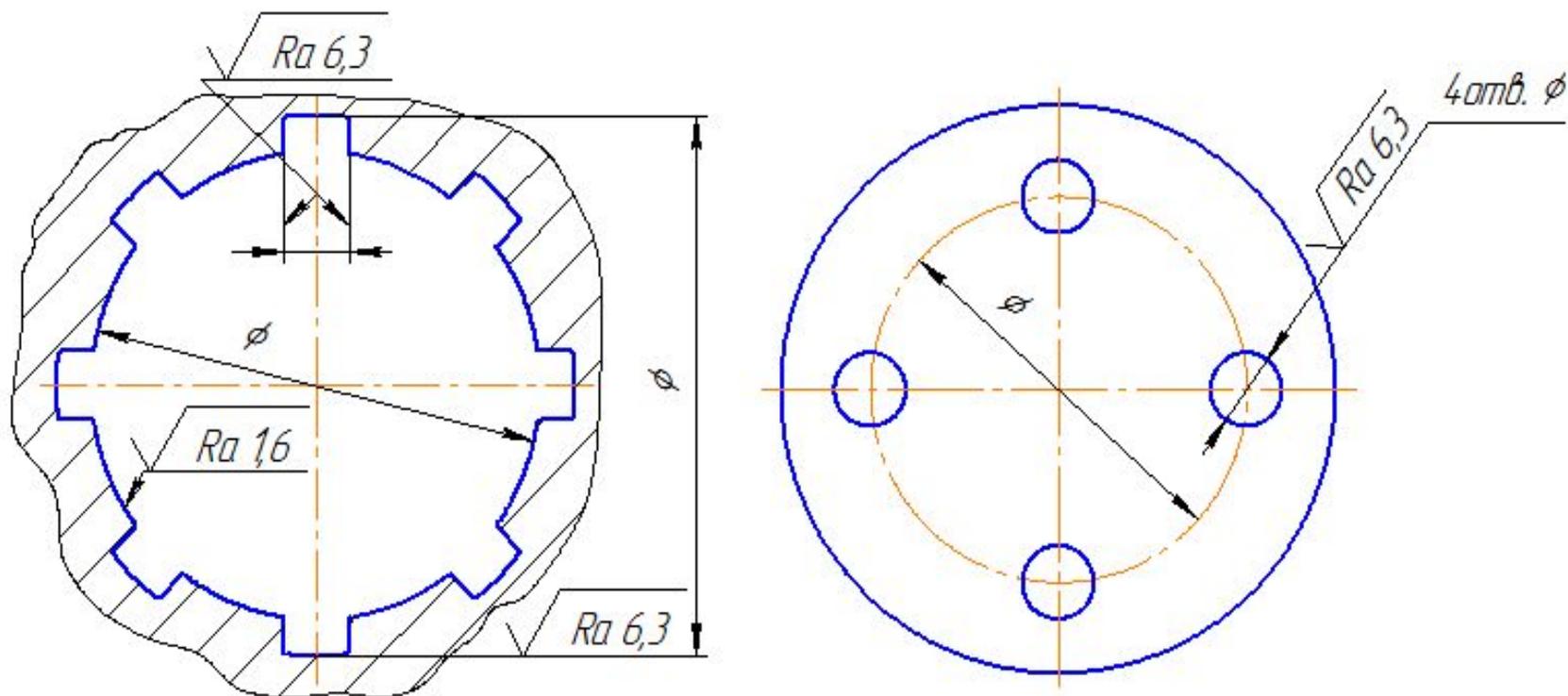
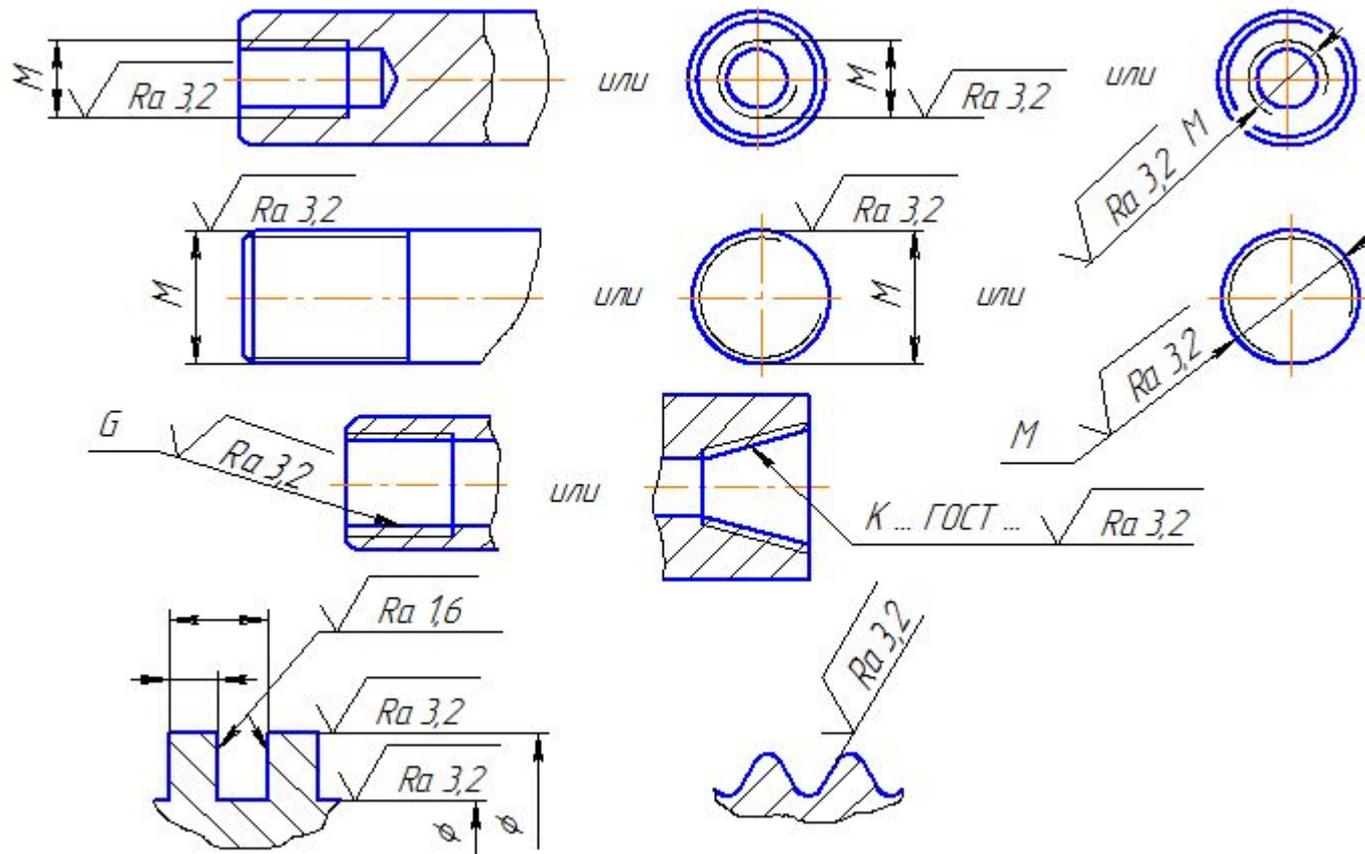


рис. 2

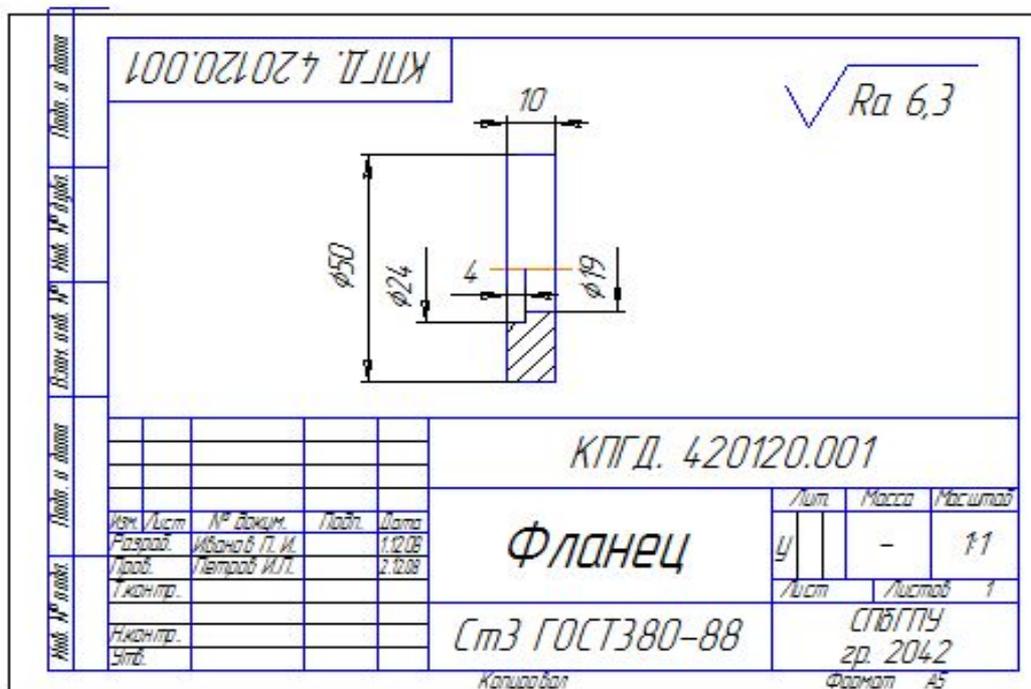
10. Обозначение шероховатости поверхности повторяющихся элементов изделия (отверстий, пазов, зубьев и т.п.), количество которых указано на чертеже, а также обозначение шероховатости одной и той же поверхности наносят один раз, независимо от числа изображений.



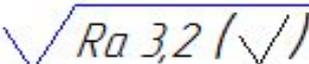
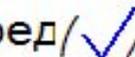
11. Обозначение шероховатости поверхности профиля **резьбы** наносят по общим правилам при изображении профиля (в том числе для резьбы с нестандартным профилем) или условно на выносной линии для указания размера резьбы, на размерной линии или на ее продолжении.

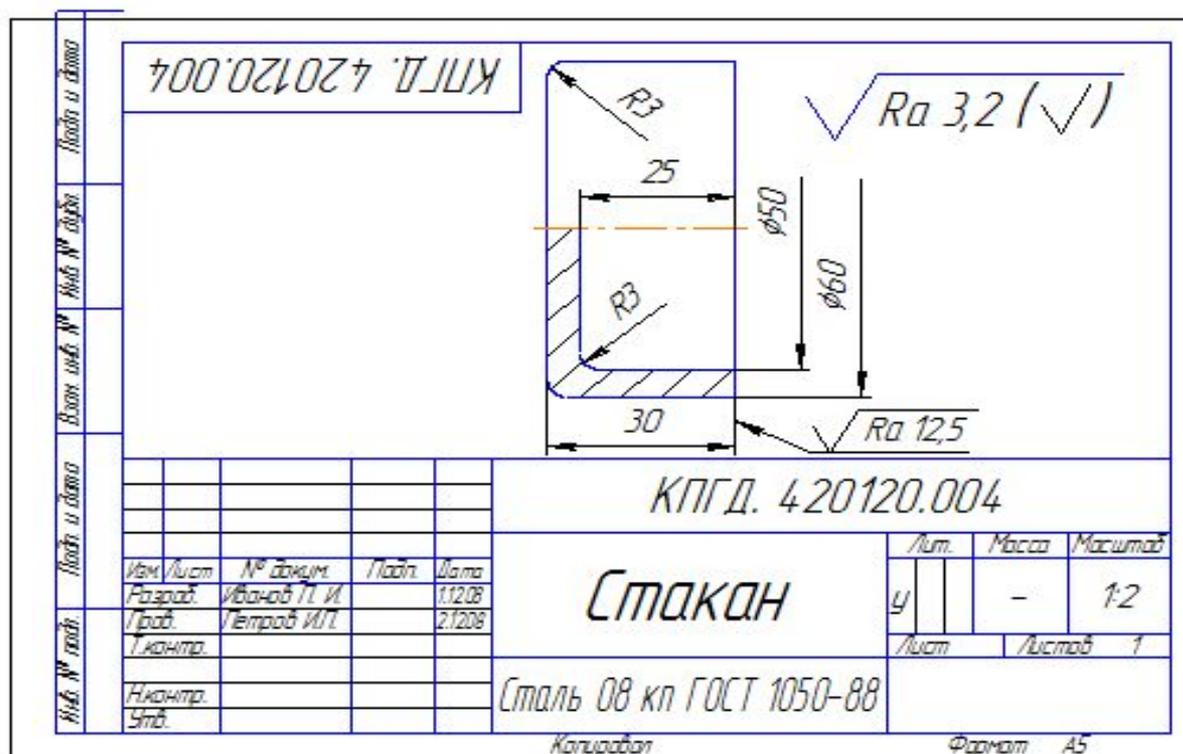


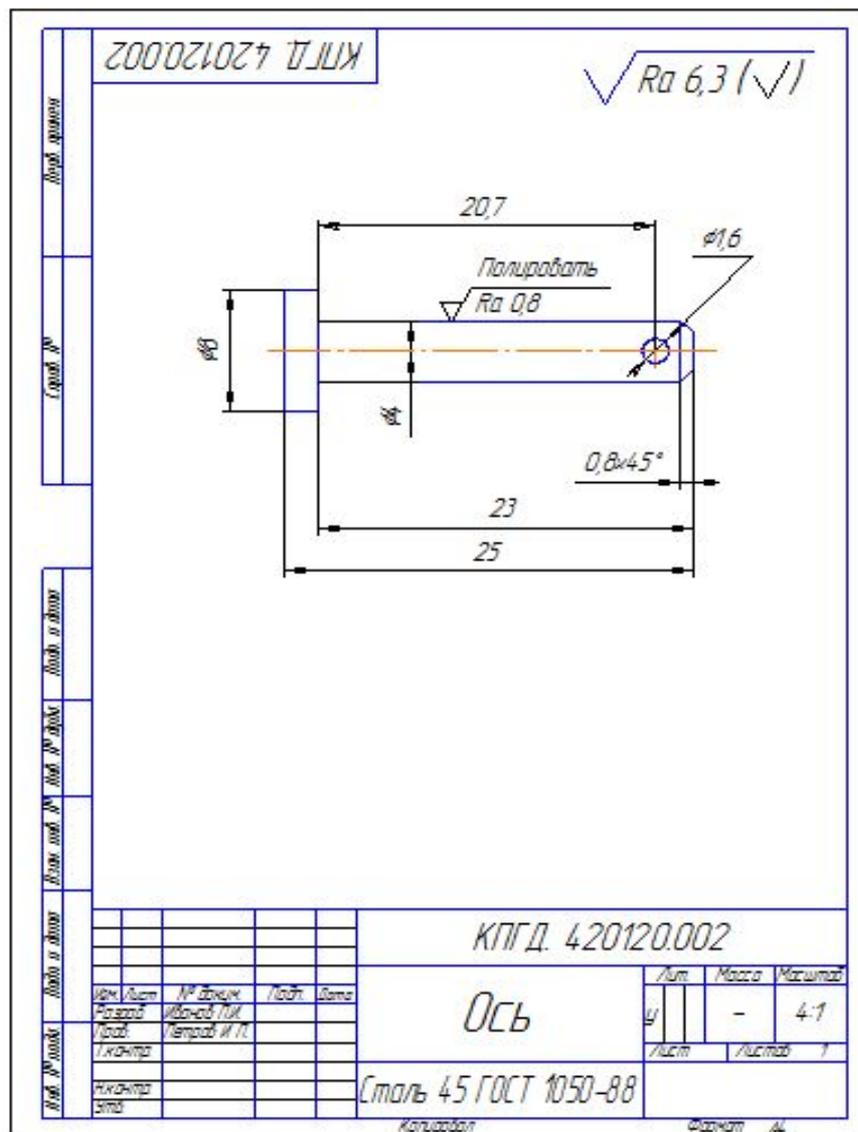
12. Если требования к шероховатости одинаковы для всех поверхностей детали, то знак указывают один раз и помещают в правом верхнем углу чертежа, а на поверхностях элементов детали знаков не наносят. **Размеры и толщина линий знака** в обозначении шероховатости, вынесенном в правый верхний угол чертежа, должны быть приблизительно в **1,5 раза больше**, чем в обозначениях, нанесенных на изображении.



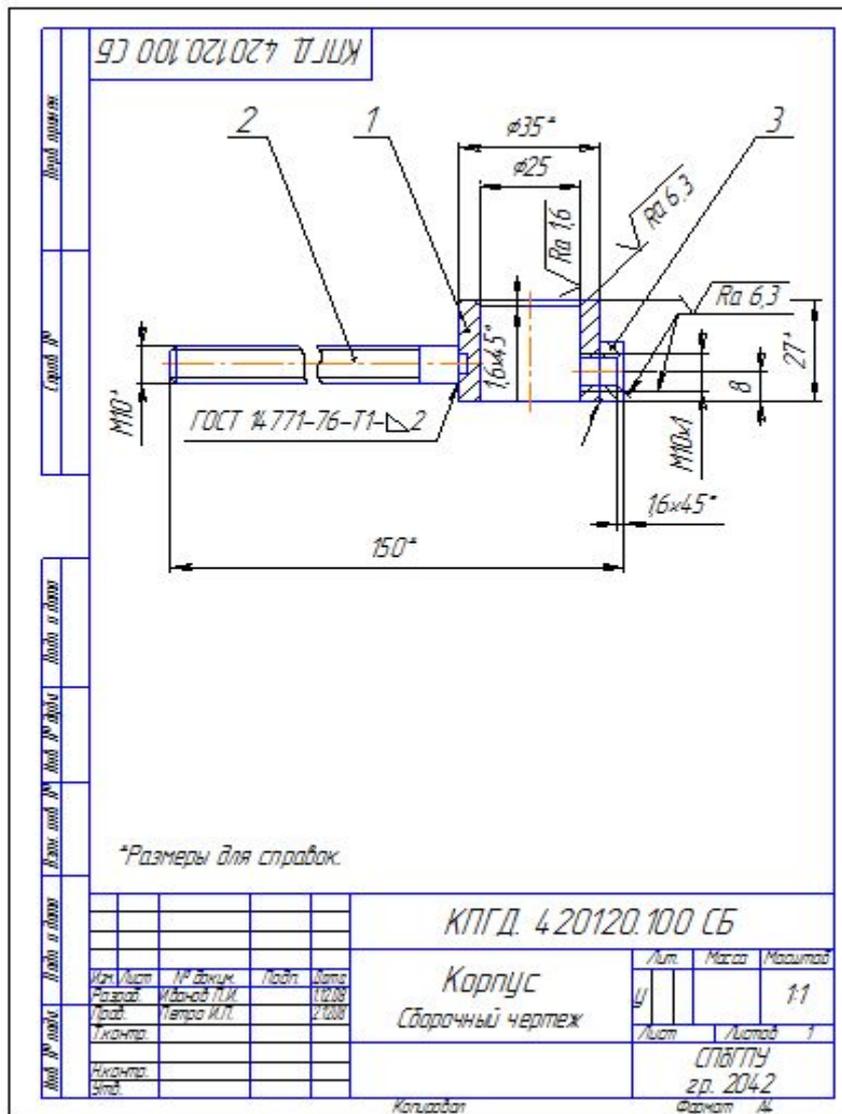
Не допускается обозначение шероховатости или знак  выносить в правый верхний угол чертежа при наличии в изделии поверхностей, шероховатость которых не нормируется (не обусловлена требованиями конструкции).

13. Если поверхности **нескольких элементов** детали имеют **одинаковую шероховатость**, то ее обозначение помещают в правом верхнем углу чертежа и рядом в скобках указывают условный знак без каких-либо требований. Это будет означать, что все поверхности, на которых на чертеже не нанесены обозначения шероховатости или знак , должны иметь шероховатость, указанную перед ком. Размеры знака  должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении. (✓)





Деталь содержит поверхность, которая должна быть образована удалением поверхностного слоя материала каким-либо режущим инструментом (точение, шлифование, сверление и т.д.). Знак применяется для поверхности, требуемые эксплуатационные свойства которой обеспечиваются только при ее окончательной обработке удалением слоя материала, чаще используется в сочетании с указанием единственно возможного вида обработки.



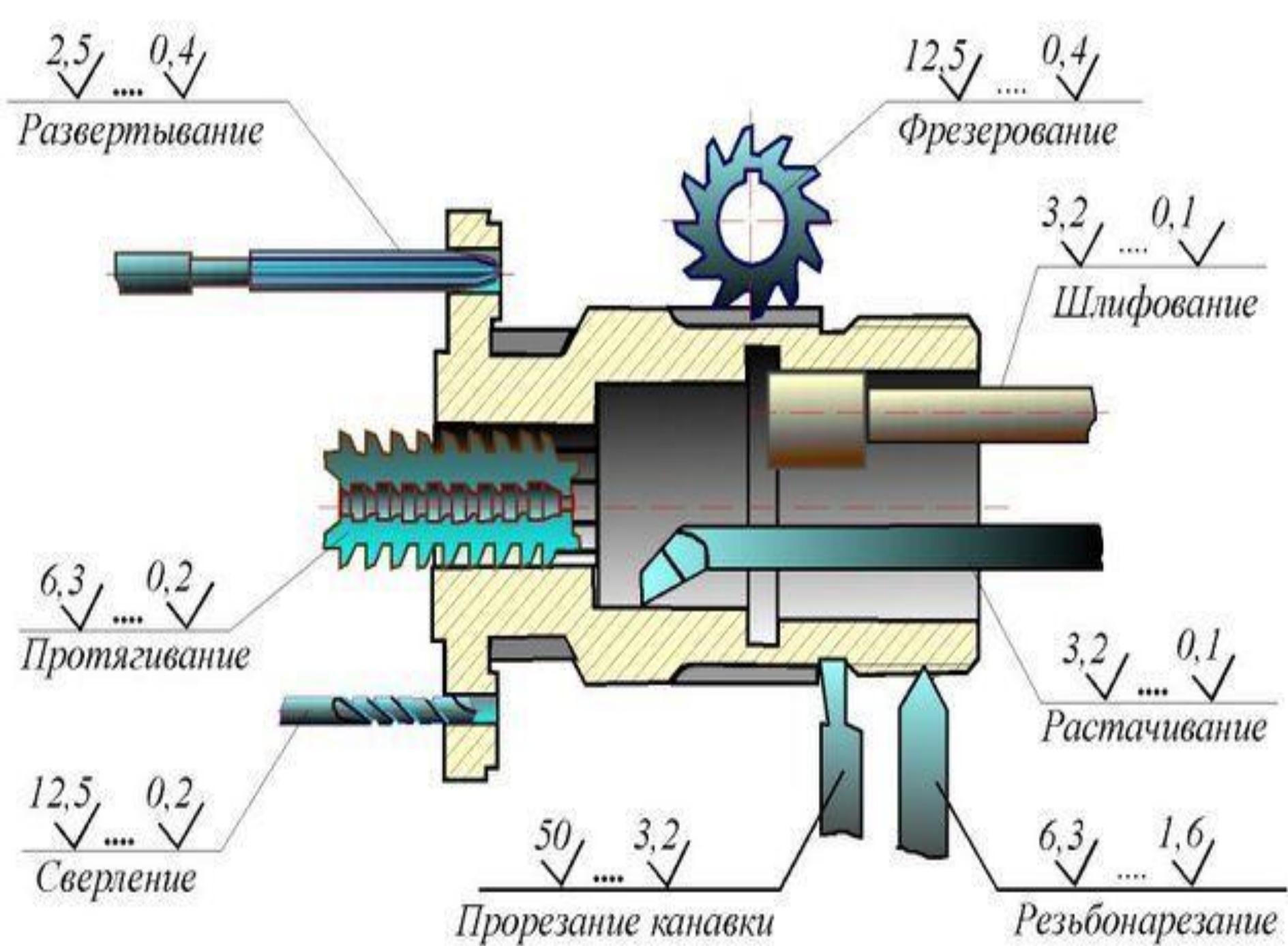
**14. На сборочных чертежах обозначение шероховатости или знак в правый верхний угол чертежа не выносится (за исключением особых случаев).**

Проставляются размеры и соответственно шероховатость поверхностей, обрабатываемых в процессе (отверстия под установочные винты, штифты и т.п.) или после сборки (отверстия масляных каналов, резьбы после сварки и т.д.).

При недостатке места для размещения знаков шероховатости мелких однотипных элементов допускается данные о шероховатости поверхностей приводить в технических требованиях записью типа:

1. \* Размеры для справок.
2. Шероховатость поверхностей фасок – Ra 6,3.

(на поверхности фасок при этом знаки шероховатости не ставятся)



# Экспресс – лаборатории завода

---

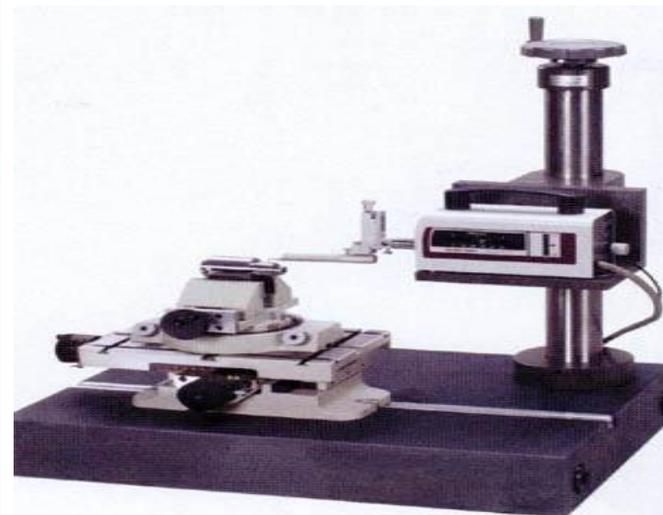


Рисунок 9- Шероховатость поверхности вдоль и поперек следа

---

# Приборы оценки шероховатости поверхности

---



# Измеритель шероховатости поверхности TR-200



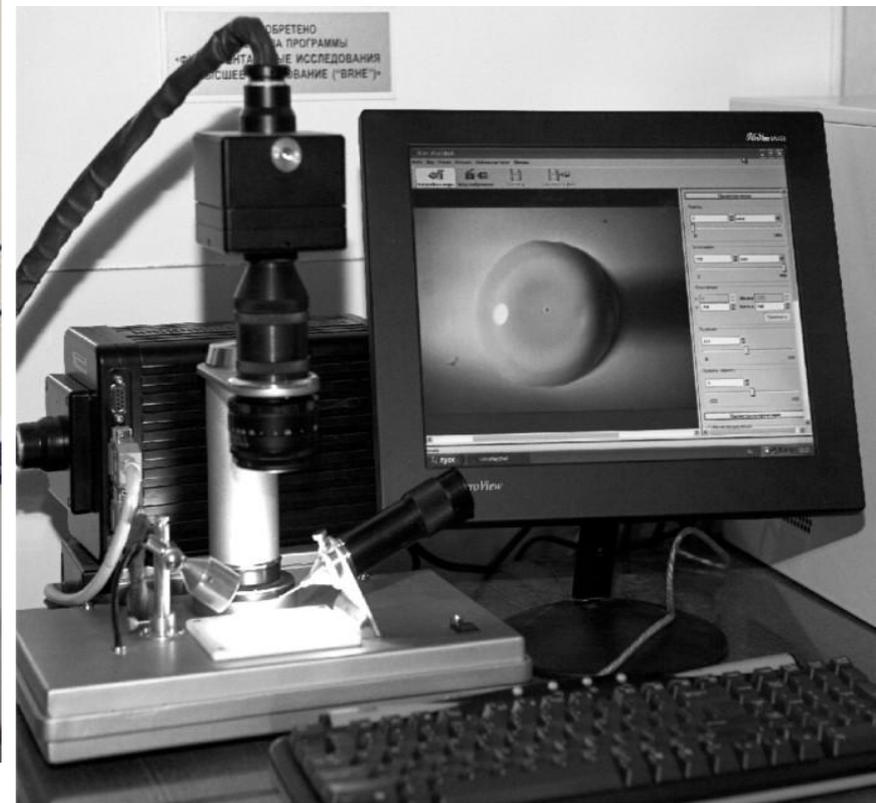
# Измеритель шероховатости поверхности TR210



# Измеритель шероховатости T-1000

# Измерительные комплексы для оценки шероховатости поверхности

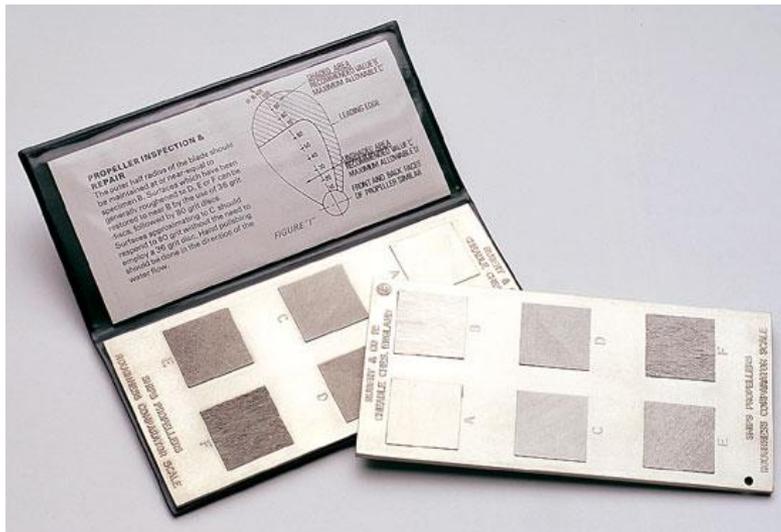
---



---

Устройство экспресс- контроля качества поверхности

# Набор образцов шероховатости поверхности



# Эталоны шероховатости поверхности GRIT, SHOT

