Шероховатость поверхности

Шероховатость поверхности регламентируется следующими стандартами:

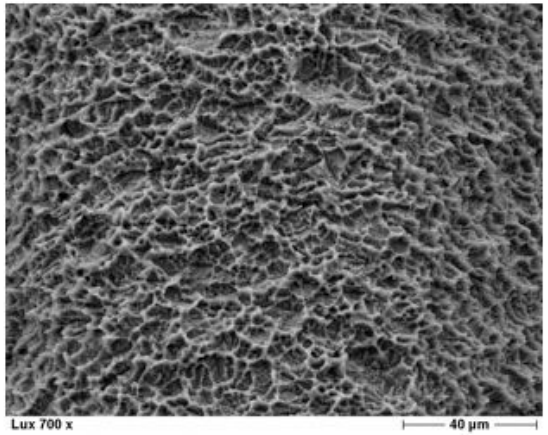
.ГОСТ 25142-82. Шероховатость поверхности. Термины и определения.

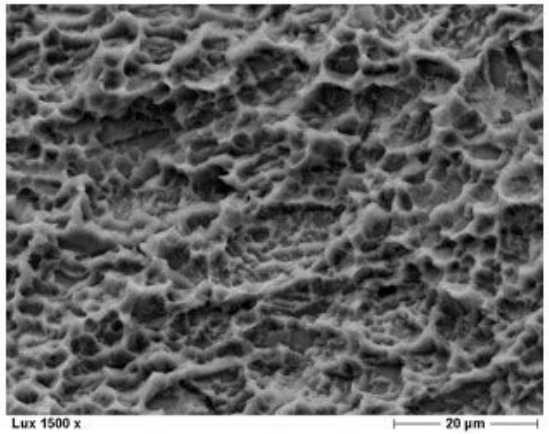
.ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

.ГОСТ 2.309-73. Обозначения шероховатости поверхности.

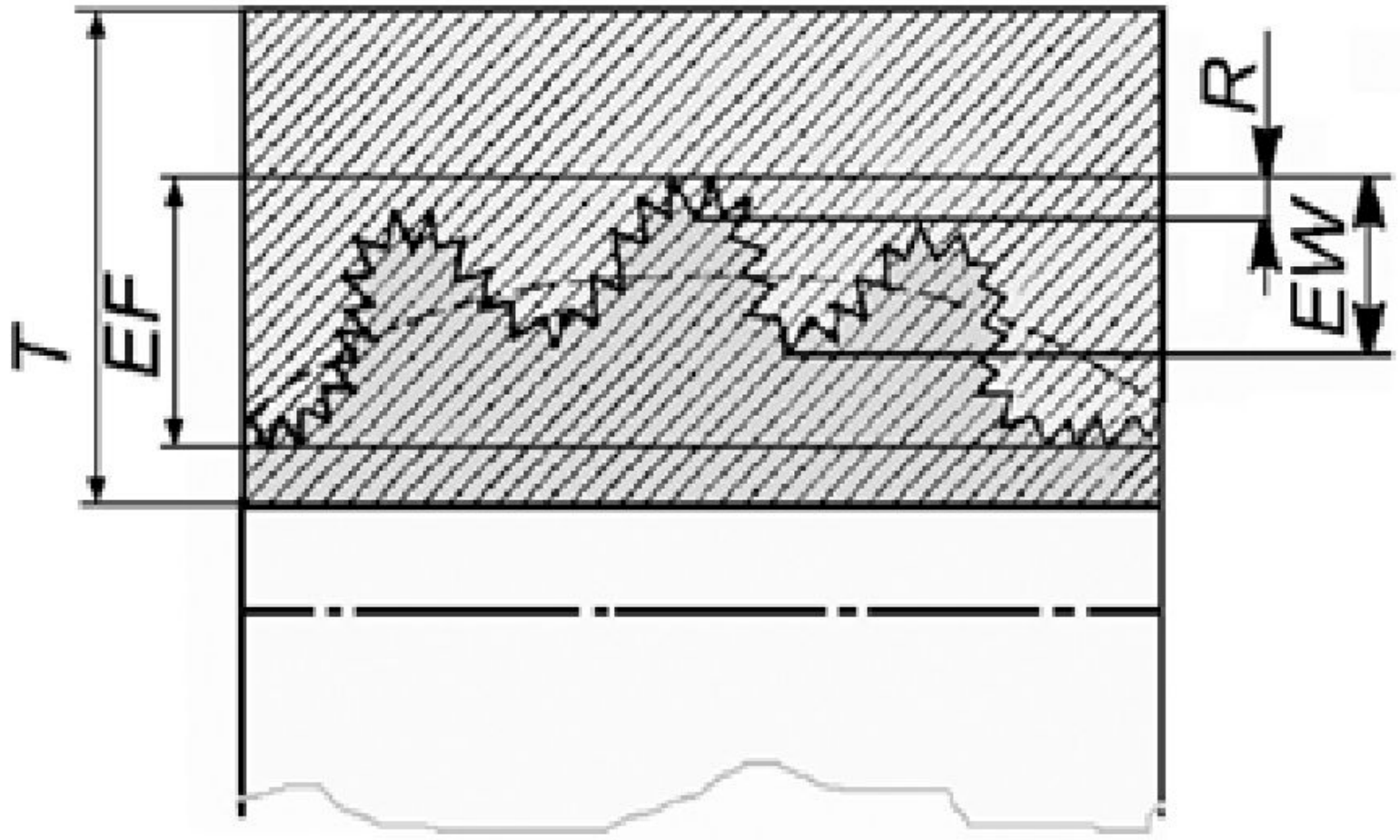
Шероховатость поверхности и её влияние на работу деталей машин

В процессе формообразования деталей на их поверхности появляется шероховатость – ряд чередующихся выступов и впадин сравнительно малых размеров. Шероховатость может быть следом от режущего инструмента, копией неровностей штампов, может появляться вследствие вибраций, возникающих при резании, а также в результате действия других факторов.





Система СПИД - станок, приспособление, инструмент, деталь - замкнутая технологическая система, в которой возникают вибраций, порождающие погрешности размеров и формы поверхностей, а также возникновение волнистости и увеличение шероховатости.



T-допуск размера

EF-отклонение формы

EW-отклонение волнистости

R-шероховатость поверхности

Влияние шероховатости на работу деталей машин многообразно:

- шероховатость поверхности может нарушить характер сопряжения деталей за счет смятия или интенсивного износа выступов профиля;
- в стыковых соединениях из-за значительной шероховатости снижается жёсткость стыков;
- шероховатость поверхности валов разрушает контактирующие с ними различного рода уплотнения;
- неровности, являясь концентраторами напряжений, снижают усталостную прочность деталей;
- шероховатость влияет на герметичность соединений, на качество гальванических и лакокрасочных покрытий;
- шероховатость влияет на точность измерения деталей;
- более грубо обработанные поверхности быстрее подвергаются коррозии и т.п.

Параметры шероховатости поверхности

<u>Шероховатость поверхности</u> – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенных с помощью базовой длины.

В основу нормирования и количественной оценки шероховатости поверхности положена система средней линии профиля (*m*).

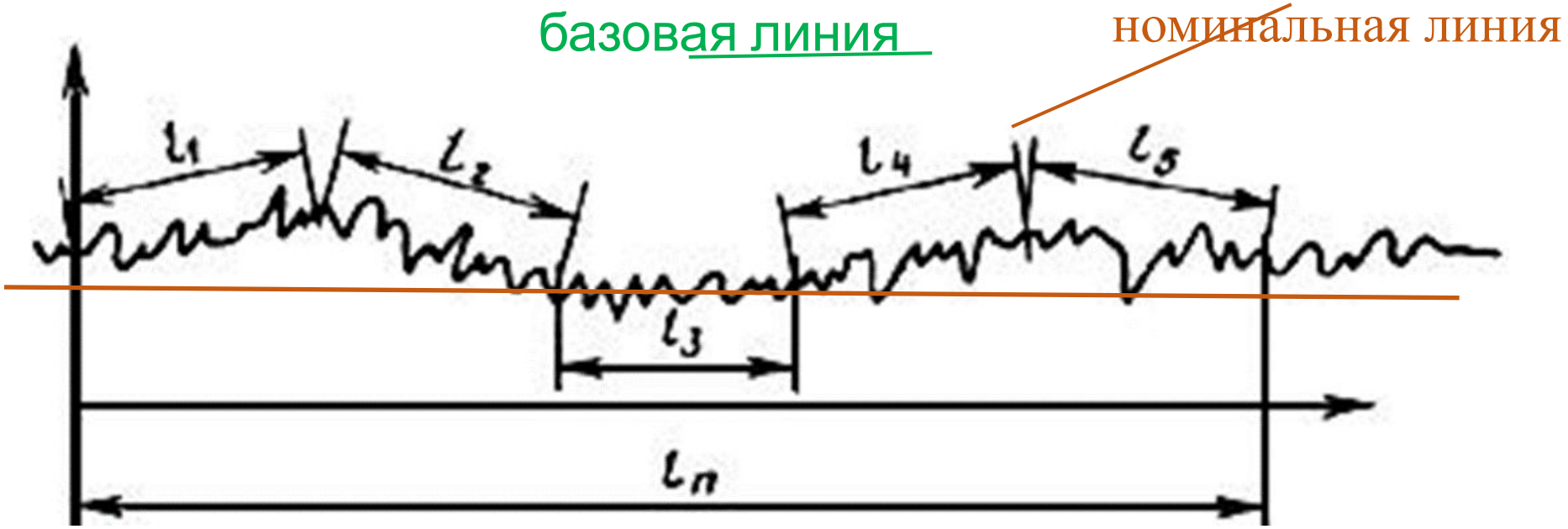
Шероховатость поверхности устанавливают путем указания базовой длины (*l*), на которой определяют параметры шероховатости:

- R_a – среднее арифметическое отклонение профиля, *мкм*;
- R_z – высота неровностей по десяти точкам, *мкм*;
- R_{max} – наибольшая высота профиля, *мкм*;

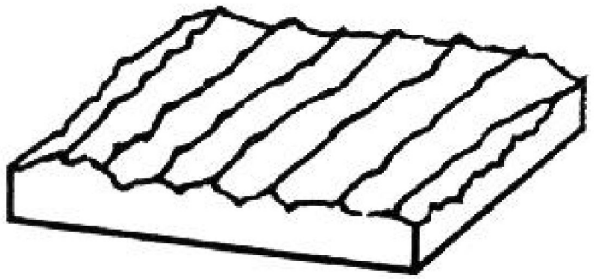
- S_m – средний шаг неровностей профиля, *мм*;
- S – средний шаг местных выступов, *мм*;

Определения принятые по ГОСТ 2789-73

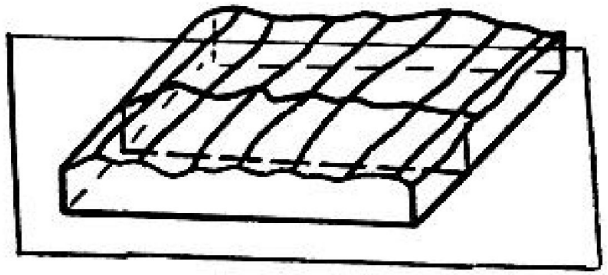
- *Базовая линия (поверхность)* - линия (поверхность) заданной геометрической формы, определенным образом проведенная относительно профиля (поверхности) и служащая для оценки геометрических параметров поверхности.
- *Базовая длина (l)* - длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности.



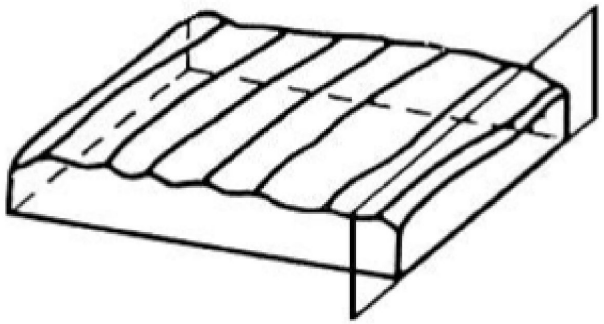
- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



Реальная поверхность



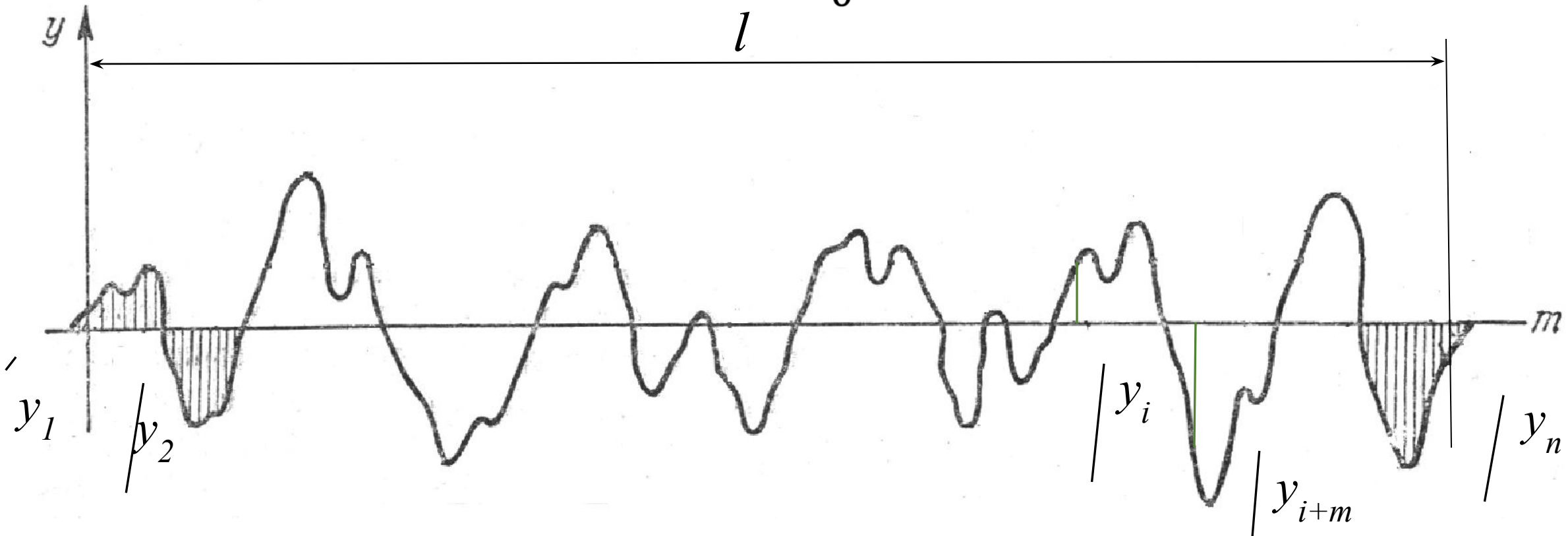
Реальный профиль



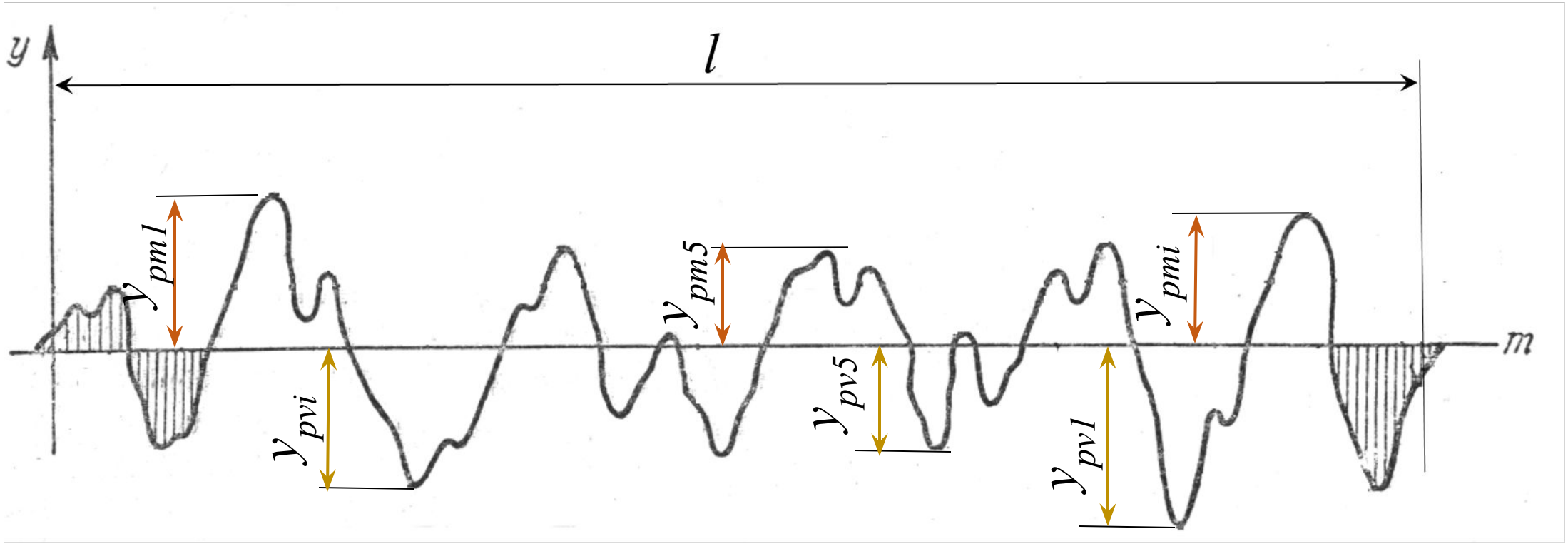
Продольный профиль

- *Номинальная поверхность* – поверхность, заданная в технической документации без учёта допускаемых отклонений.
- *Реальная поверхность* – поверхность, ограничивающая тело и отделяющая его от окружающей среды.
- *Номинальный профиль* – профиль номинальной поверхности.
- *Реальный профиль* – профиль реальной поверхности.
- *Поперечный профиль* – профиль, получаемый при сечении поверхности плоскостью, перпендикулярной направлению неровностей.
- *Продольный профиль* – профиль, получаемый при сечении поверхности плоскостью, параллельной направлению неровностей.

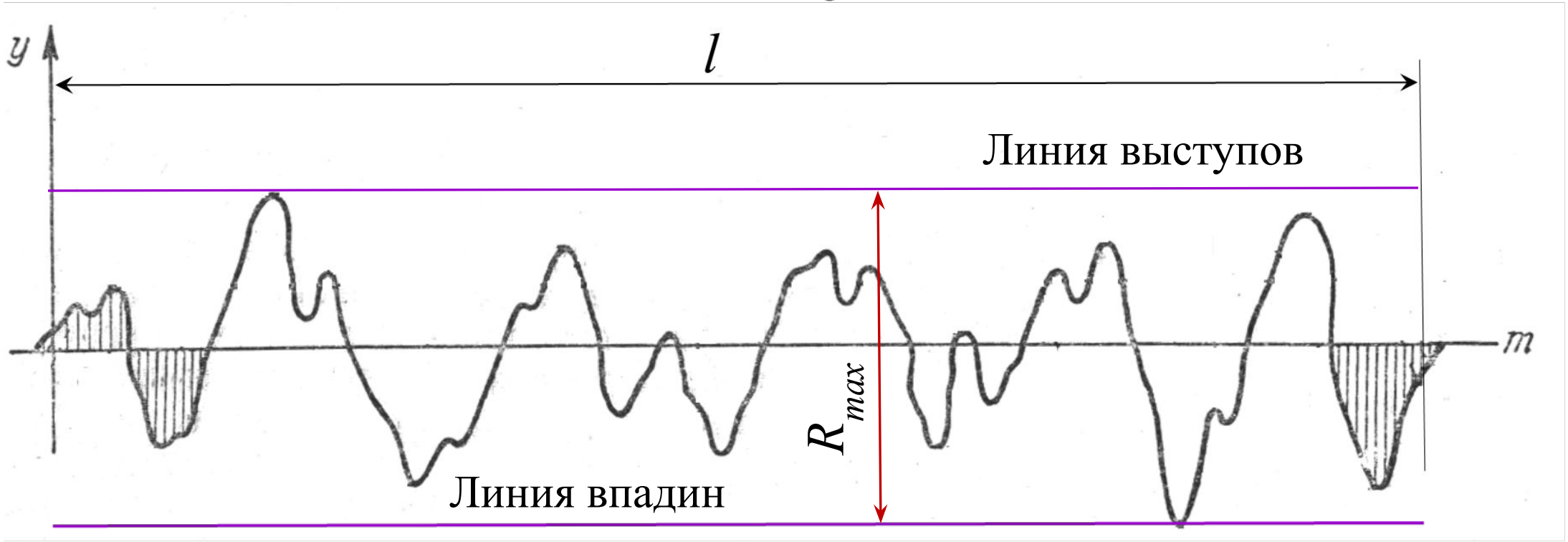
- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



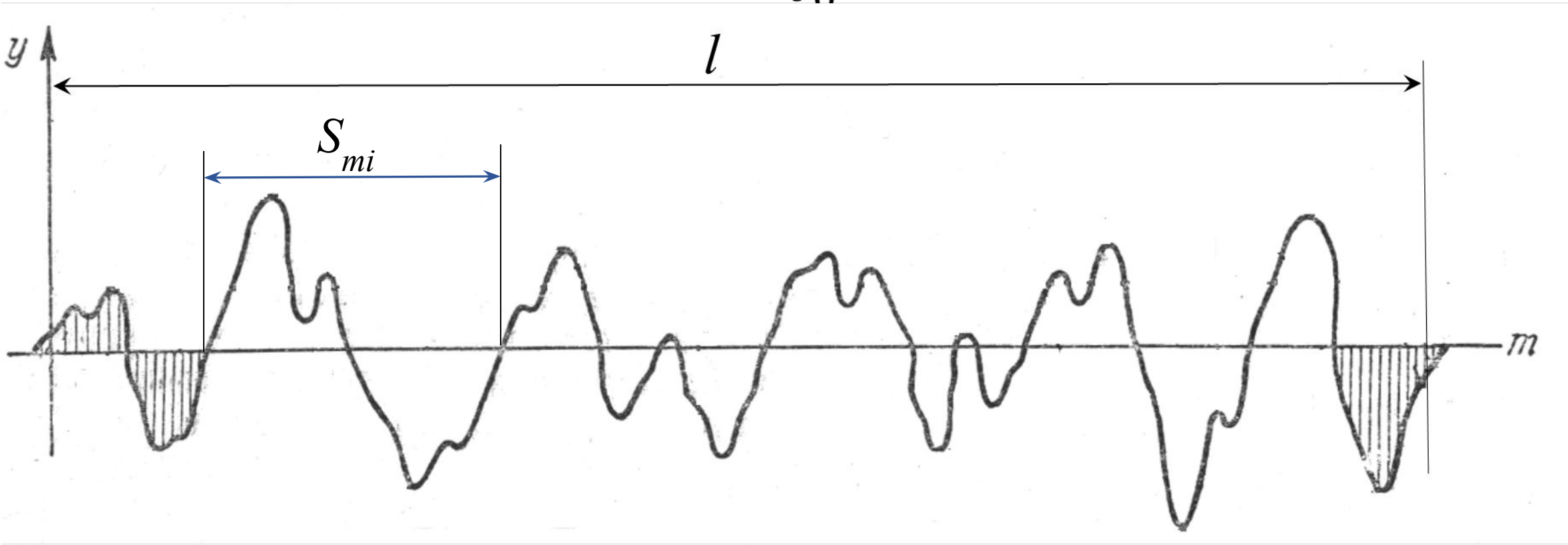
- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



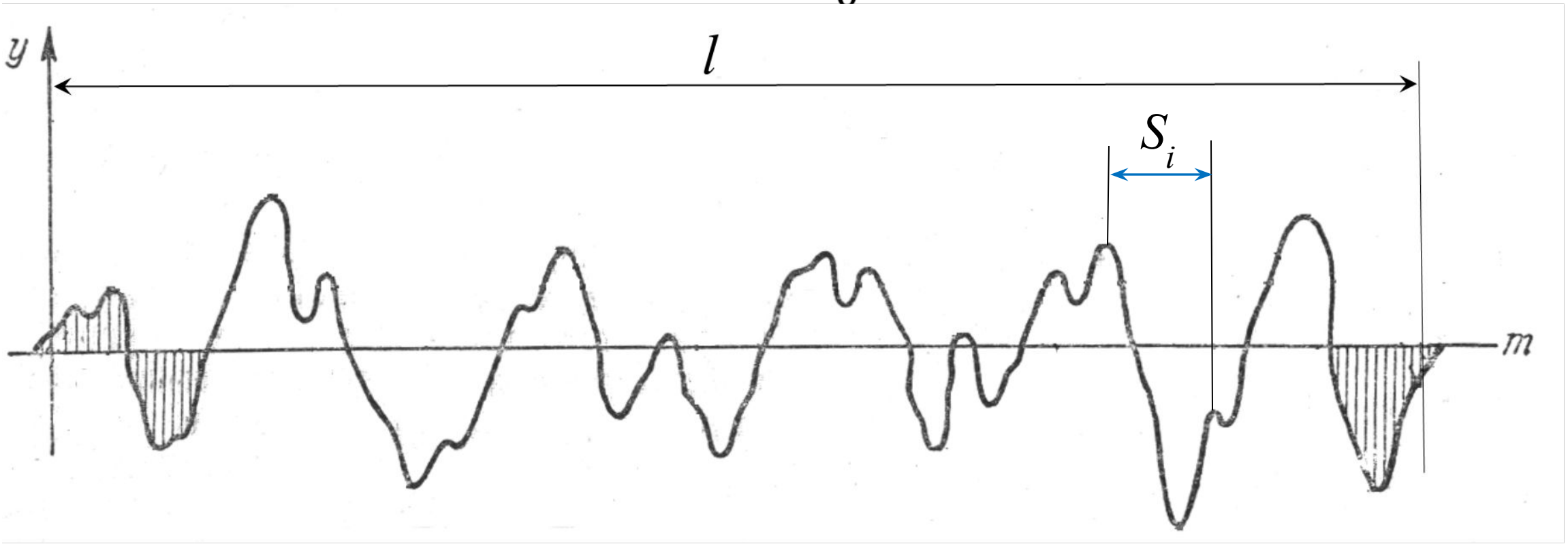
- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



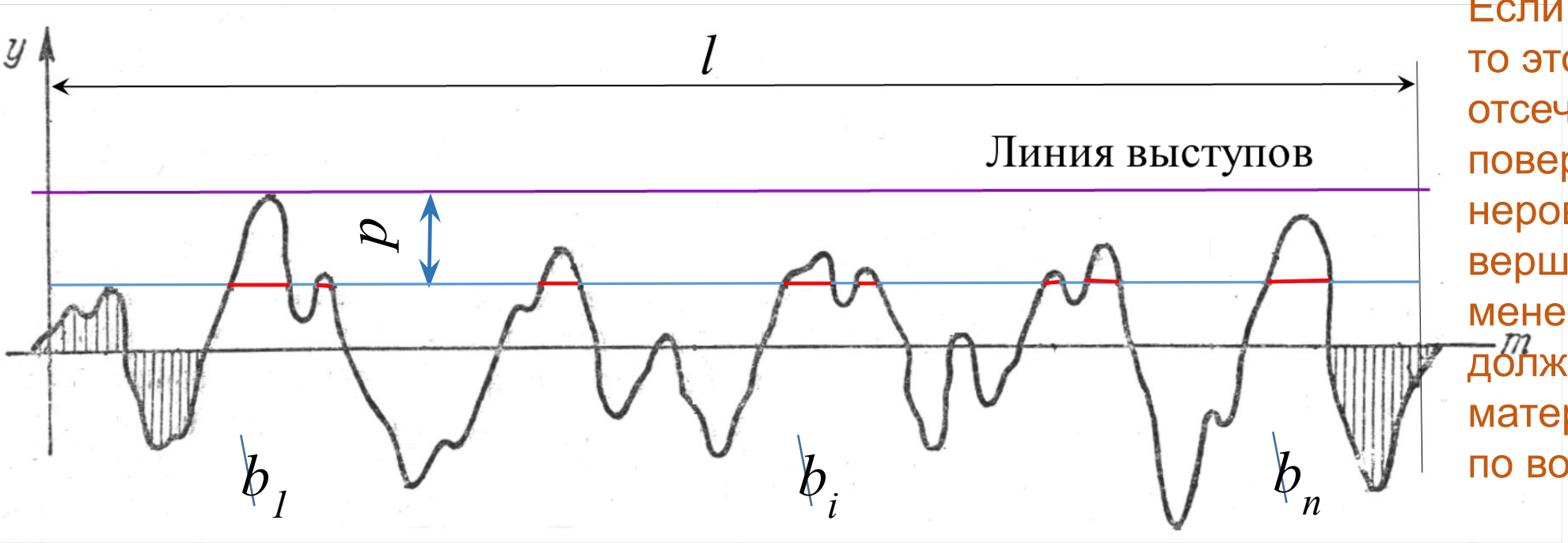
- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



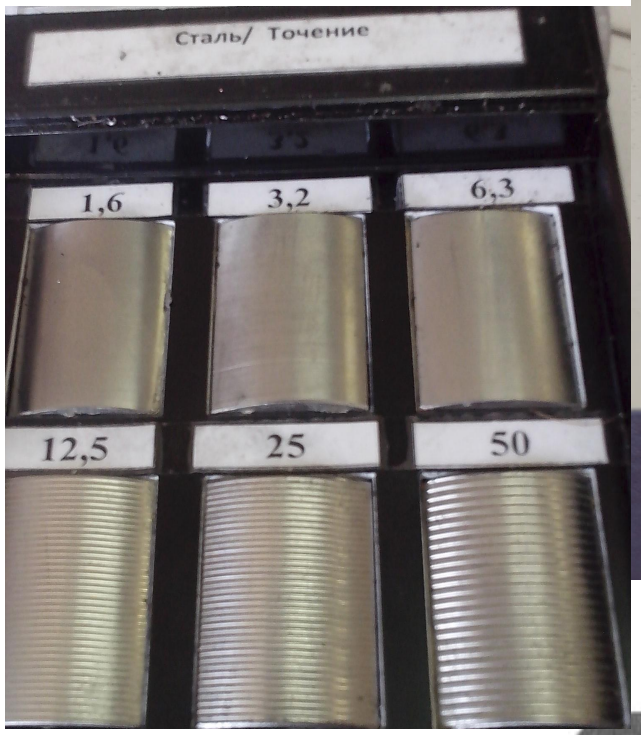
Если указано, что t_{30} 60 %, то это означает, что при отсечении профиля поверхностных неровностей, отступая от вершины на 30% от R_{max} не менее 60% сечения должно проходить по материалу и не более 40 % по воздуху.

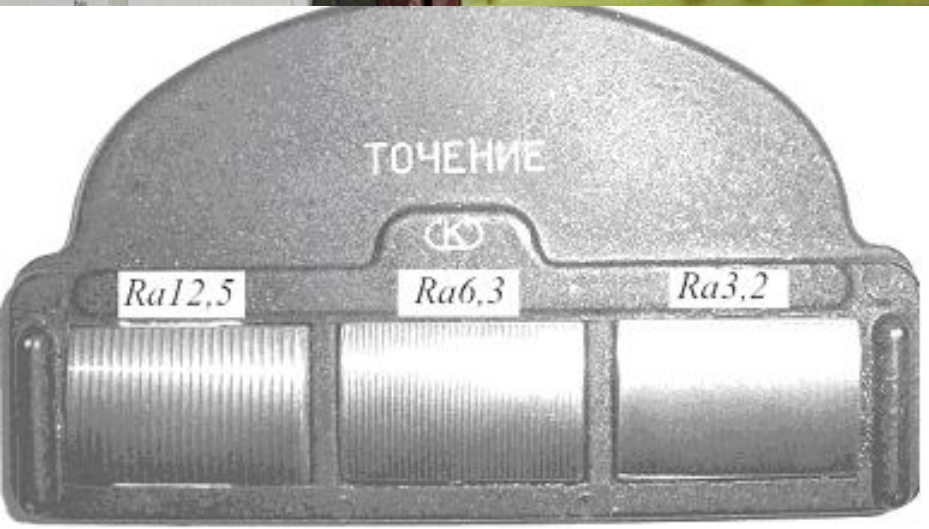
Кроме перечисленных шести количественных параметров стандартом установлено два качественных параметра:

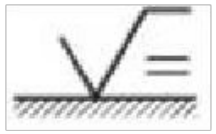
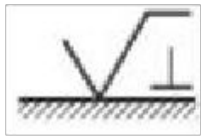
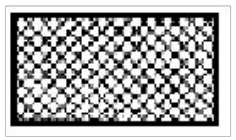
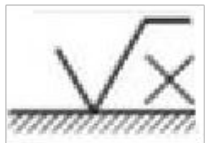
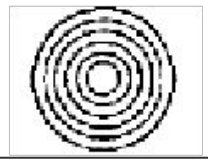
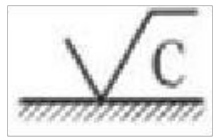
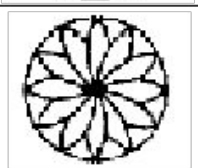
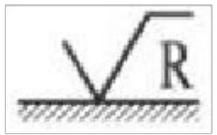
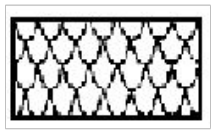
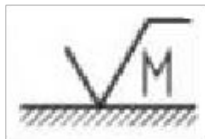
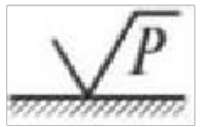
1. <u>Способ обработки</u> – указывается в том случае, когда шероховатость поверхности следует получить только определённым способом (шлифованием, полированием, шабрением и т.п.).

(Ша́бер — трёх- или четырёхгранный ручной или механический слесарный инструмент, заостренный с одного конца, служащий для точной обработки поверхностей металлических изделий, обработки кромок. Во время ремонта узлов и агрегатов для очистки поверхностей от старых прокладок и ранее нанесённого герметика, часто используется плоский заточенный перпендикулярно шабер и реже заточенный под углом около 45° нож.)

2. <u>Тип направления неровностей</u> – указывается только в ответственных случаях, когда это необходимо по условиям работы детали или сопряжения, т.е. когда необходимо, чтобы поверхность имела определённый рисунок.





№ п/п	Тип направления неровностей	Схематическое изображение	Определение	Обозначение
1.	Параллельное		неровности располагаются параллельно линии, изображающей на чертеже поверхность.	
2.	Перпендикулярное		неровности располагаются перпендикулярно линии, изображающей на чертеже поверхность.	
3.	Перекрещивающееся		неровности располагаются наклонно в двух направлениях к линии, изображающей на чертеже поверхность.	
4.	Кругообразное		неровности располагаются приблизительно кругообразно по отношению к центру поверхности	
5.	Радиальное		неровности располагаются приблизительно радиально по отношению к центру поверхности	
6.	Произвольное		неровности имеют различное направлние по отношению к линии, изображающей на чертеже поверхность	
7.	Точечное		на поверхности имеются следы в виде точек	

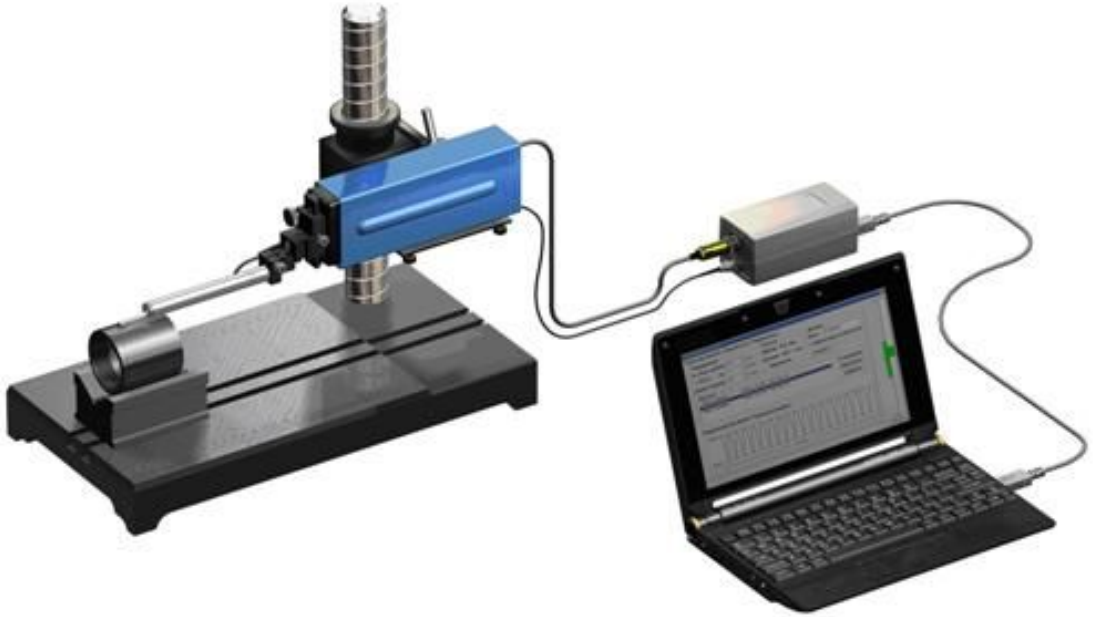
Нормирование параметров шероховатости поверхности

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

Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров.

Предпочтение следует отдавать параметру R_a.

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



Среднее арифметическое отклонение профиля R_a, *мкм*

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

Примечание. Предпочтительные значения параметров подчеркнуты.

Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z, *мкм* и наибольшая высота профиля R_{max}, *мкм*

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

Примечание. Предпочтительные значения параметров подчеркнуты.

В настоящее время существует несколько способов назначения шероховатости поверхности:

1. Имеются рекомендации в справочной литературе по выбору числовых значений для наиболее характерных видов сопряжения.

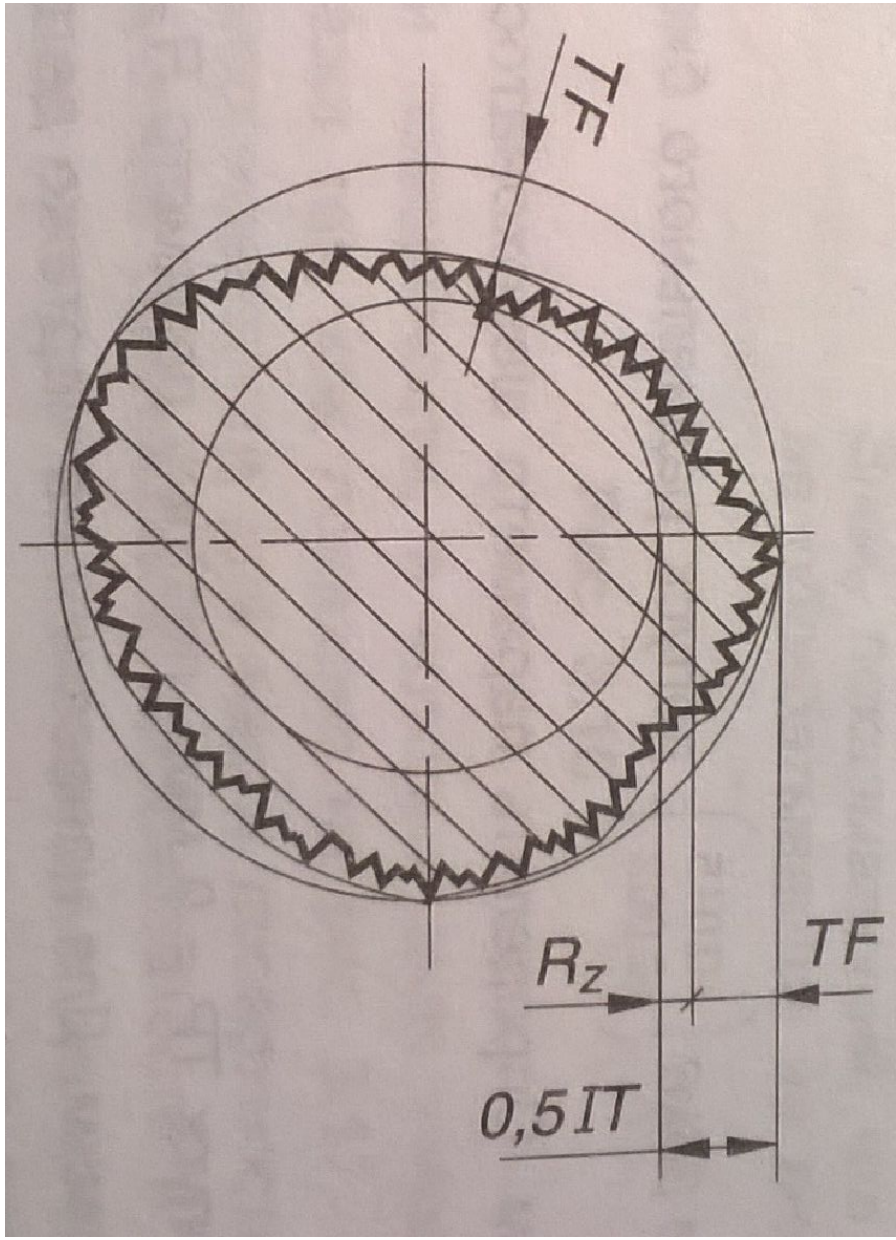
Пример рекомендаций

Характеристики поверхности	Значение параметра Ra, мкм
Посадочные поверхности подшипников скольжения	0,4…0,8
Поверхности деталей в посадках с натягом	0,8…1,6
Поверхности валов под уплотнения	0,2…0,4, полировать

2. Шероховатость устанавливается стандартом на детали и изделия, а также на поверхности, с которыми они сопрягаются, например требования к шероховатости поверхностей под подшипники качения:

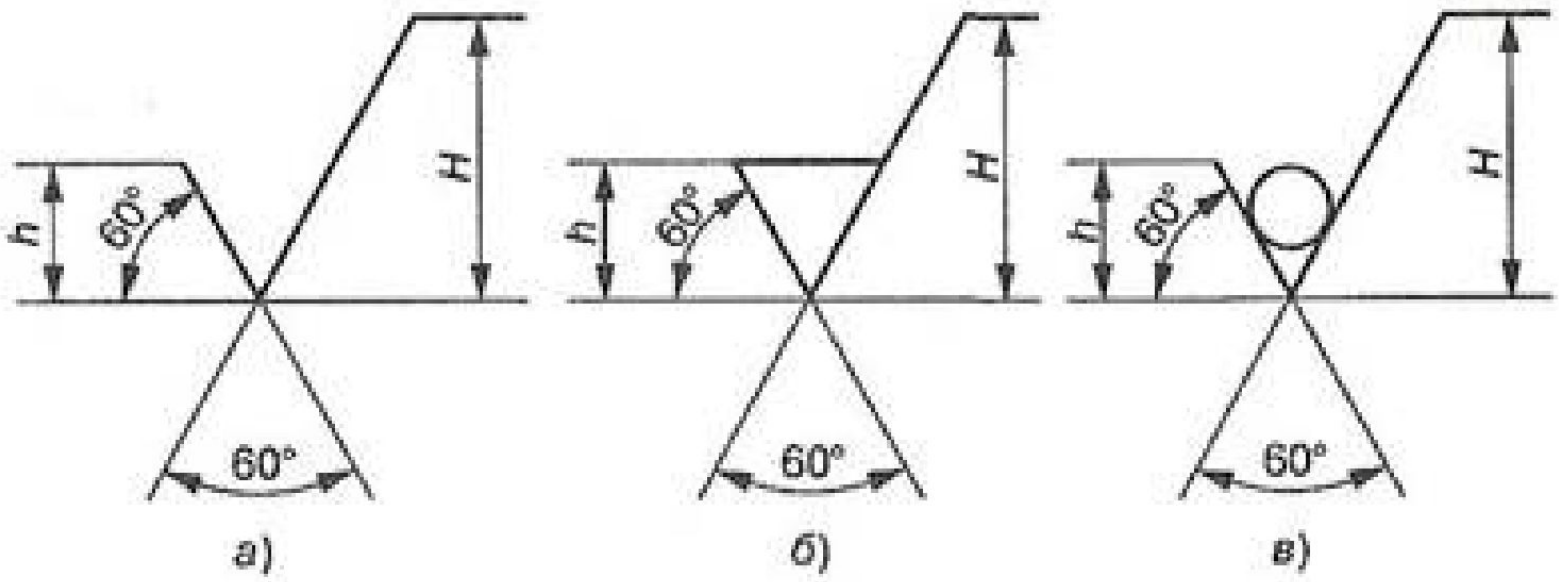
Класс точности подшипника	Номинальный размер					
	валов		отверстий		торцев заплечиков	
	d≤80мм	d>80мм	d≤80мм	d>80мм	d≤80мм	d>80мм
	Значения параметра R_a					
0	1,25	2,5	1,25	2,5	2,5	2,5
6 и 5	0,63	1,25	0,63	1,25	1,25	2,5
4	0,32	0,63	0,63	1,25	1,25	2,5

- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.



Обозначение шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу по поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.



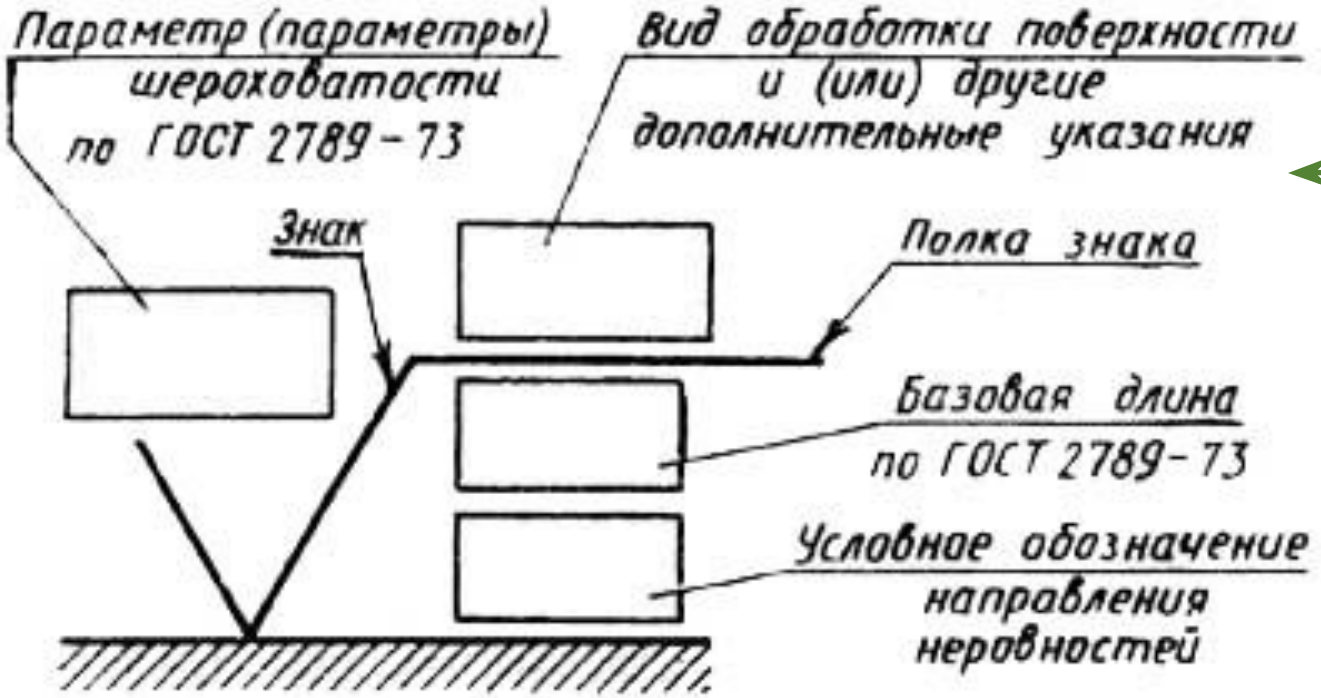
- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реального профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля до этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min.$

а – наиболее предпочтительный знак (без ограничений по виду и способу обработки);

б – знак, показывающий, что поверхность образована путём удаления слоя материала;

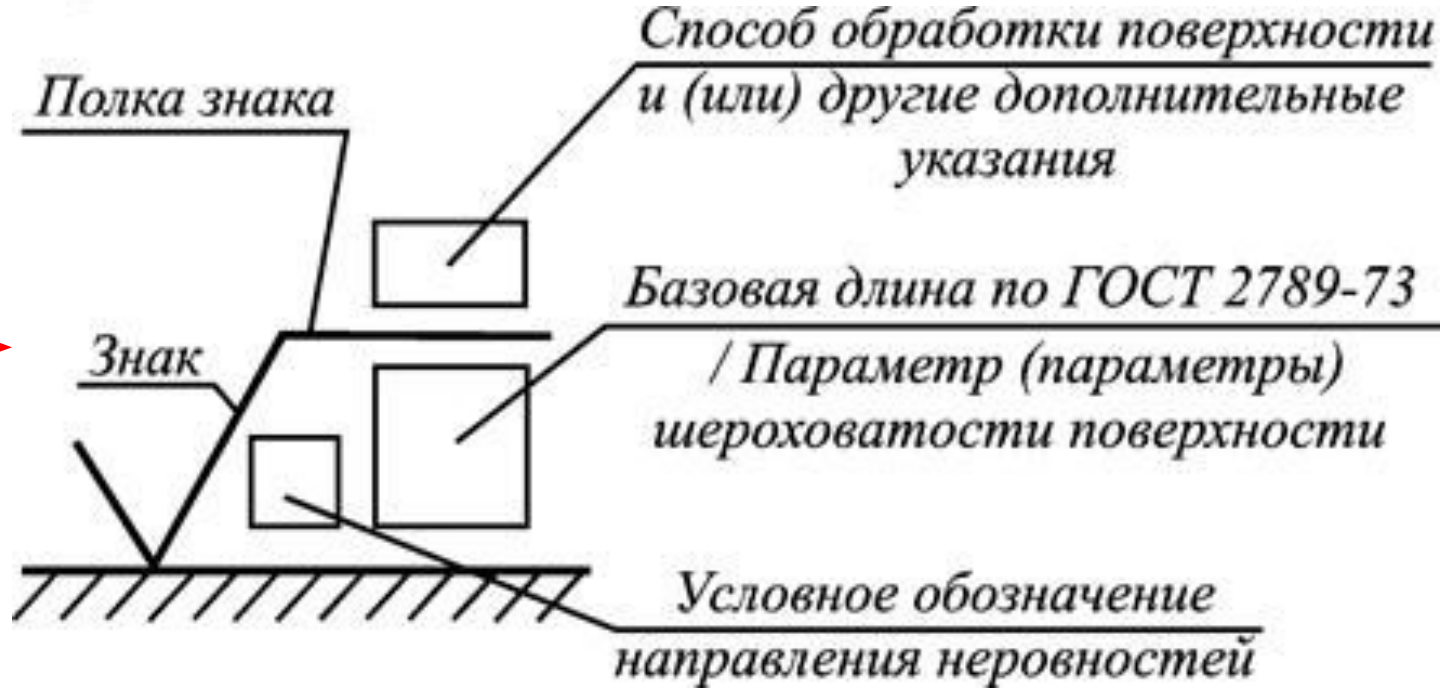
в – знак, показывающий, что: 1 – поверхность образована без снятия слоя материала;

2 – поверхность по данному чертежу не обрабатывается.

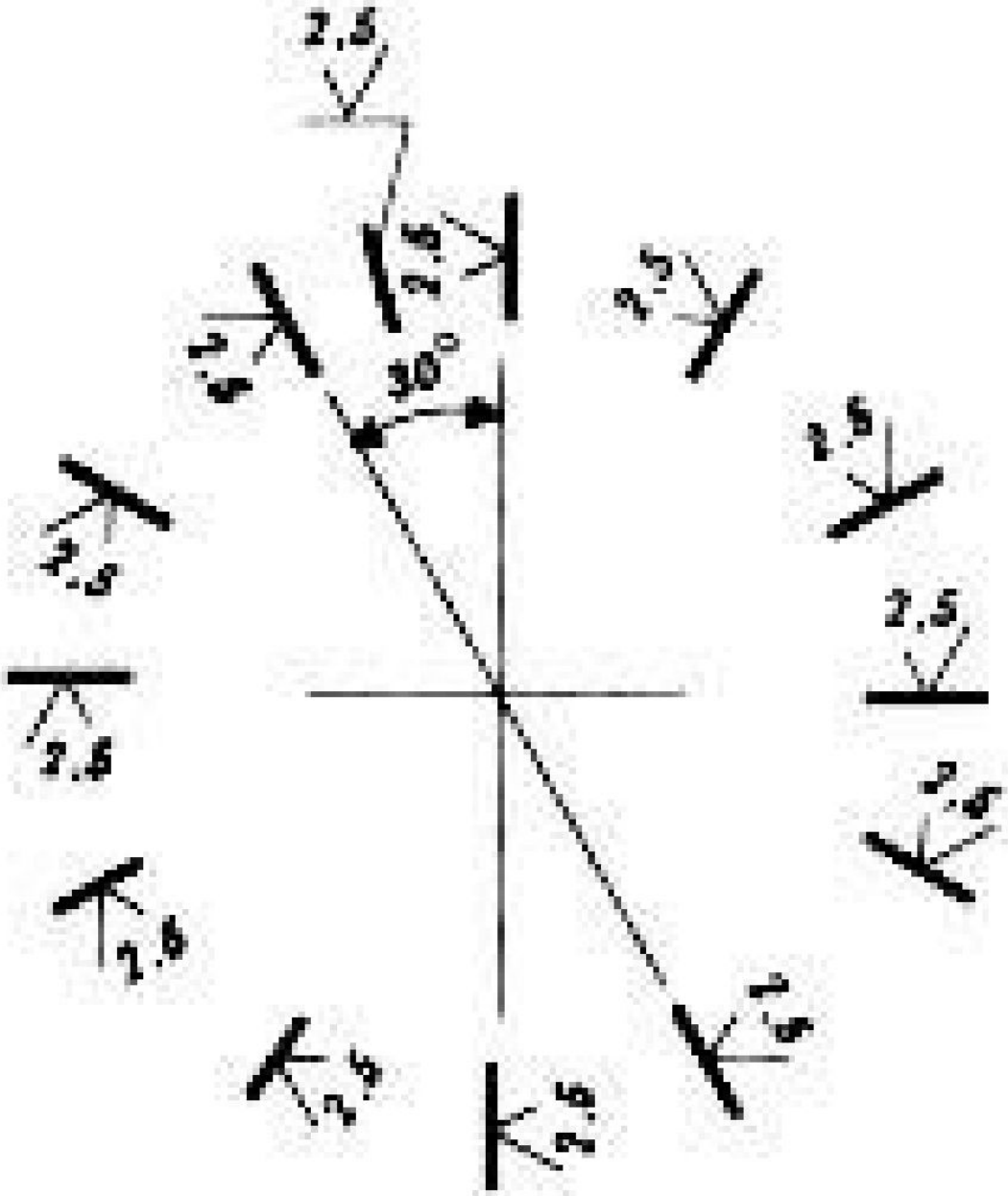


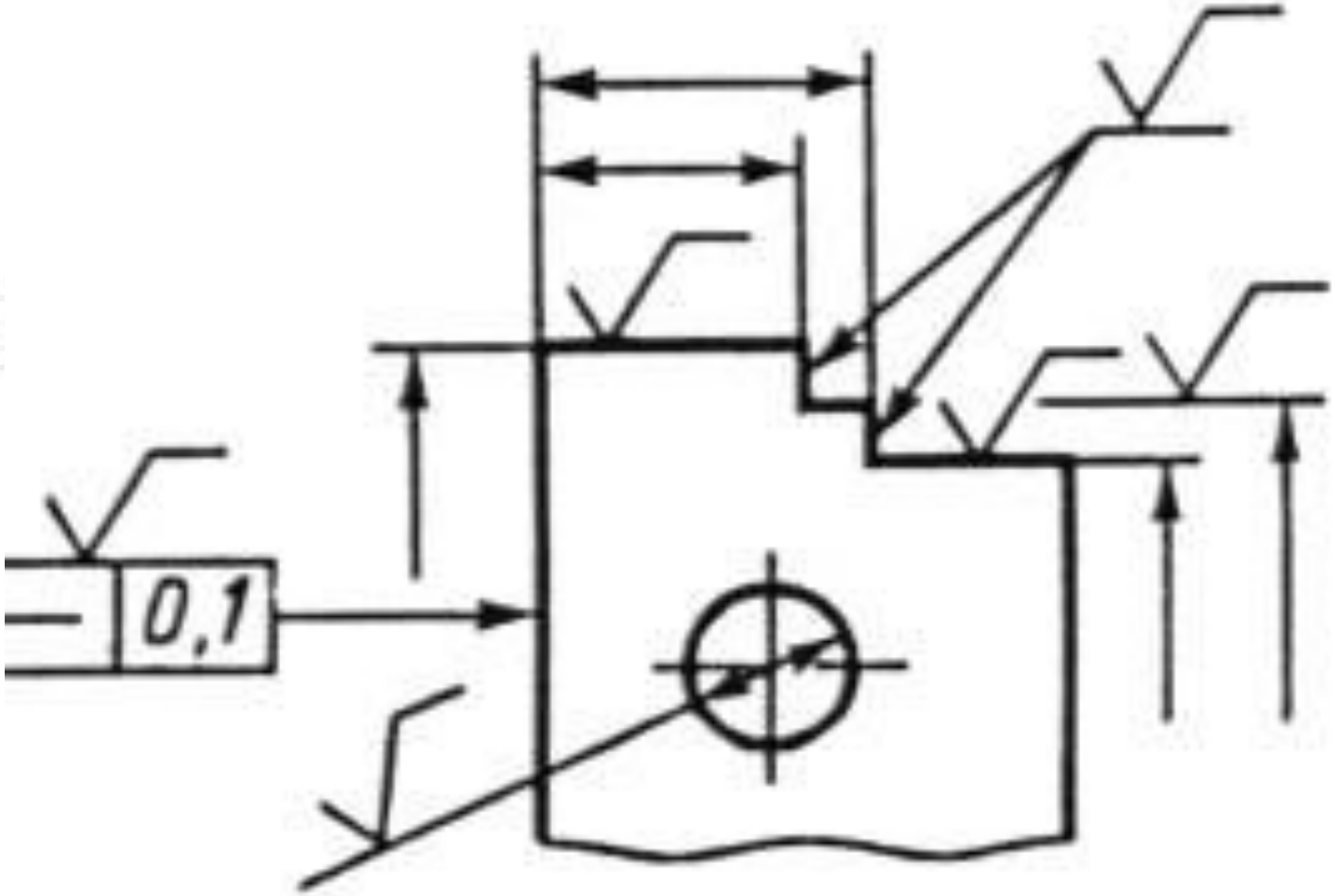
Старое обозначение

Новое обозначение

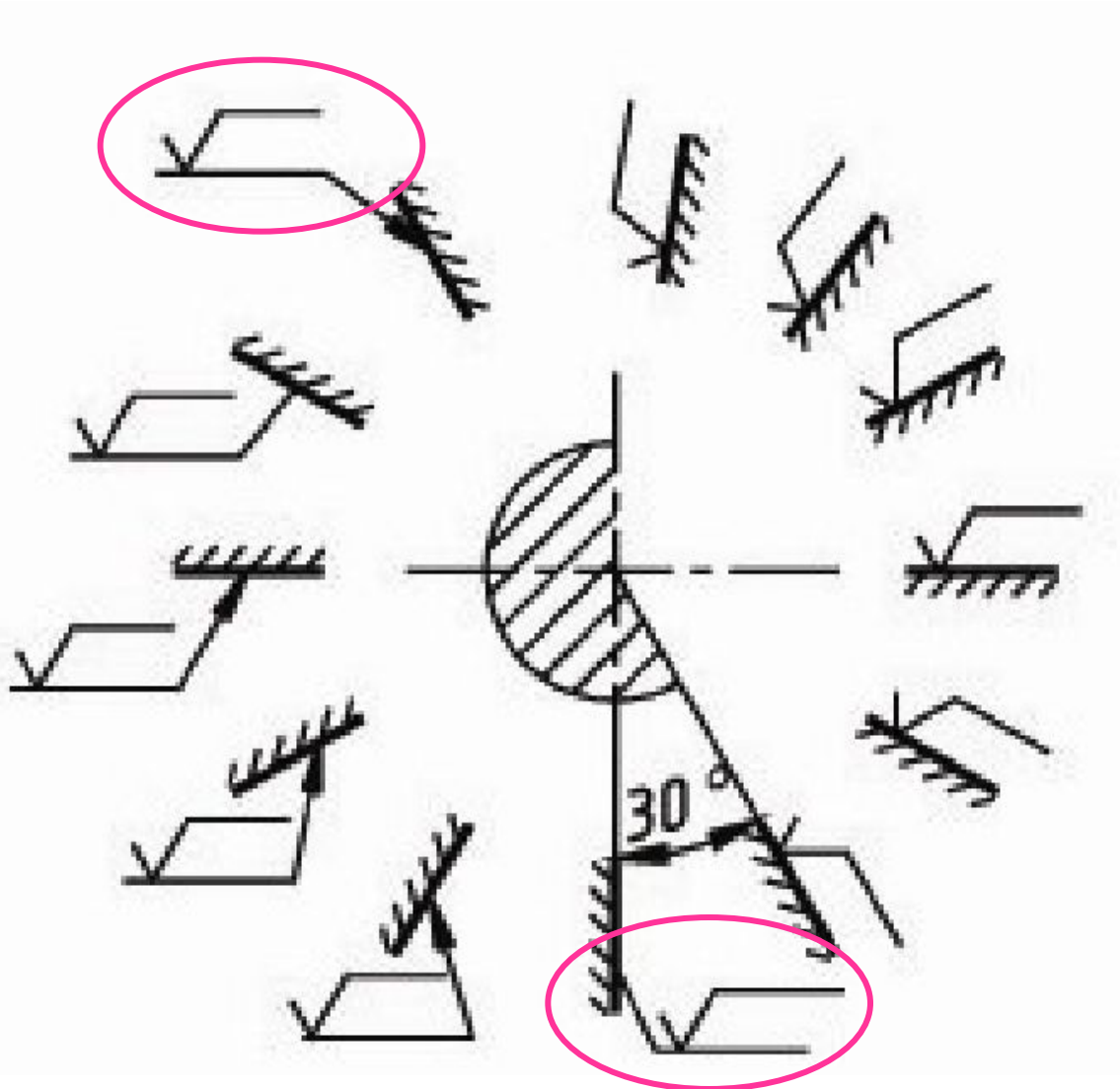


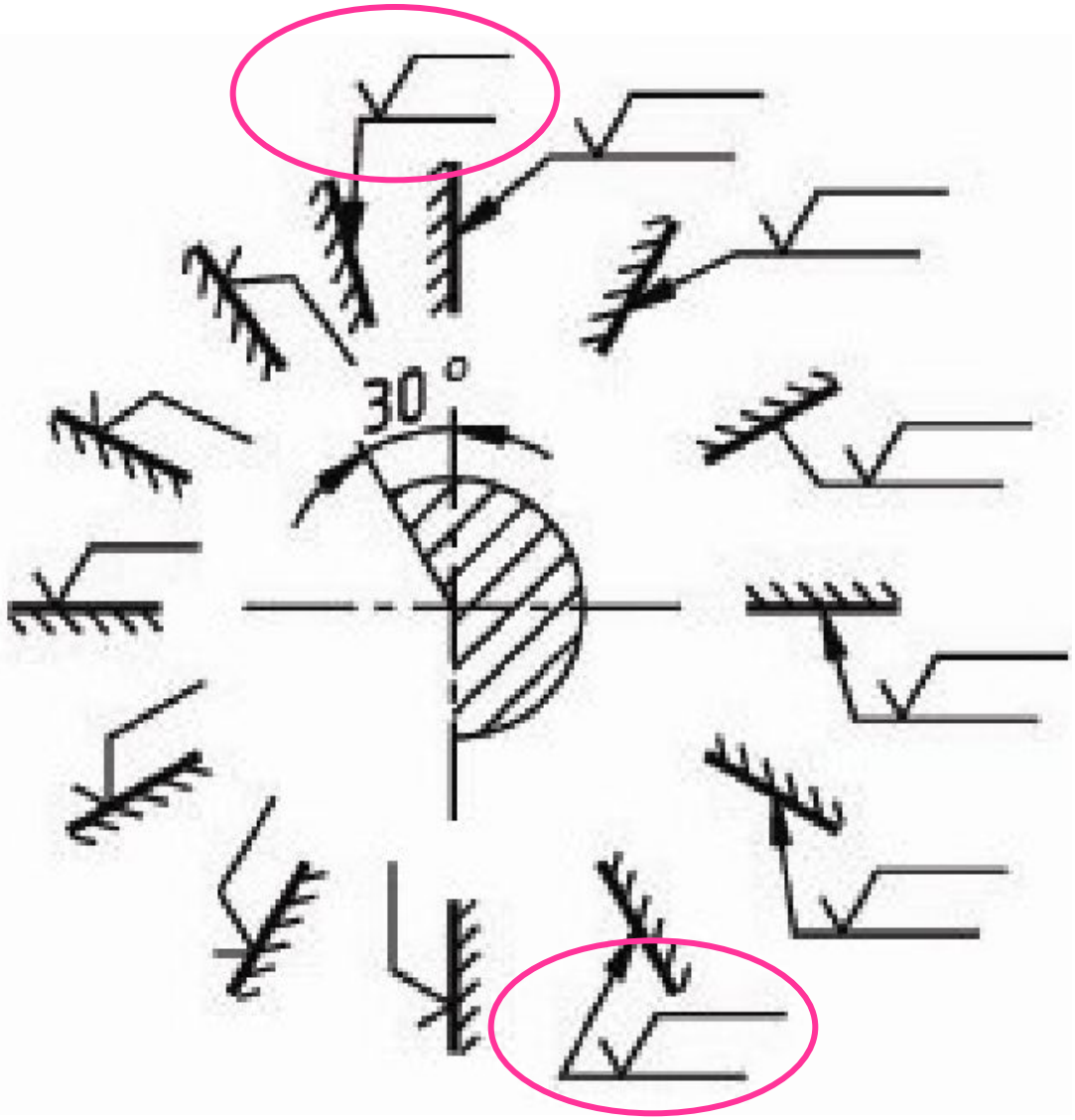
Старое





Новое





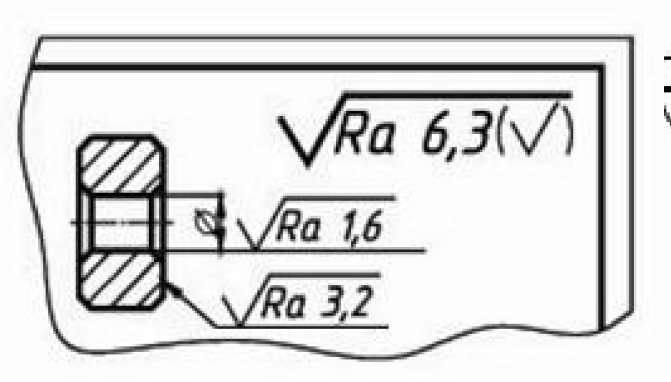
Числовые значения параметров шероховатости указывают после соответствующего символа:

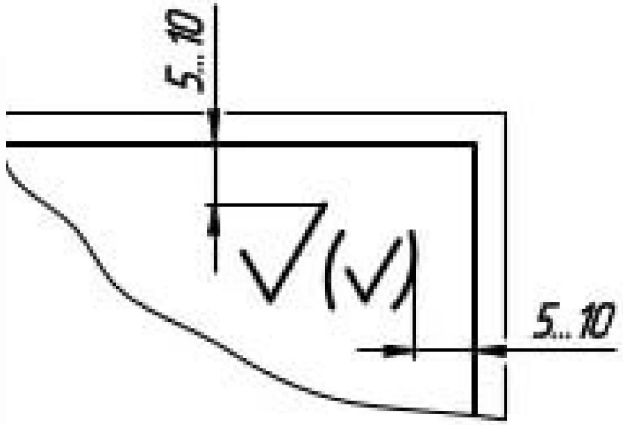
1. $R_a 0,8$;
2. $R_z 20$;
3. $R_{max} 10$;
4. $S_m 0,63$;
5. $S 0,032$;
6. $t_{50} 70$.

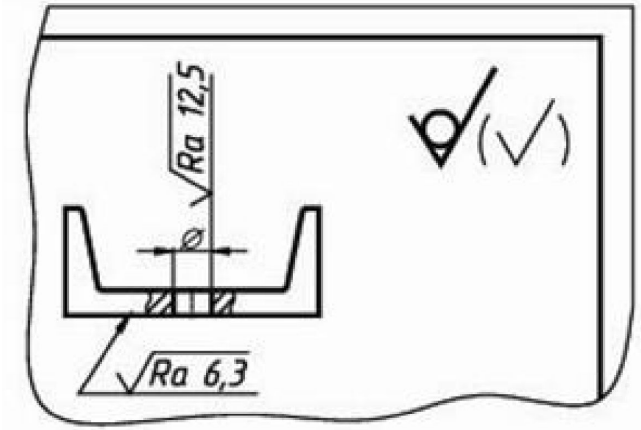
При указании одинаковой шероховатости для части поверхностей изделия в правом верхнем углу чертежа помещают обозначение одинаковой шероховатости и знак шероховатости в скобках.

Знак в скобках обозначает, что все поверхности, на которых на изображении <u>не нанесены</u> требования шероховатости, должны иметь шероховатость, указанную перед скобками.

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, нанесённых на изображении.

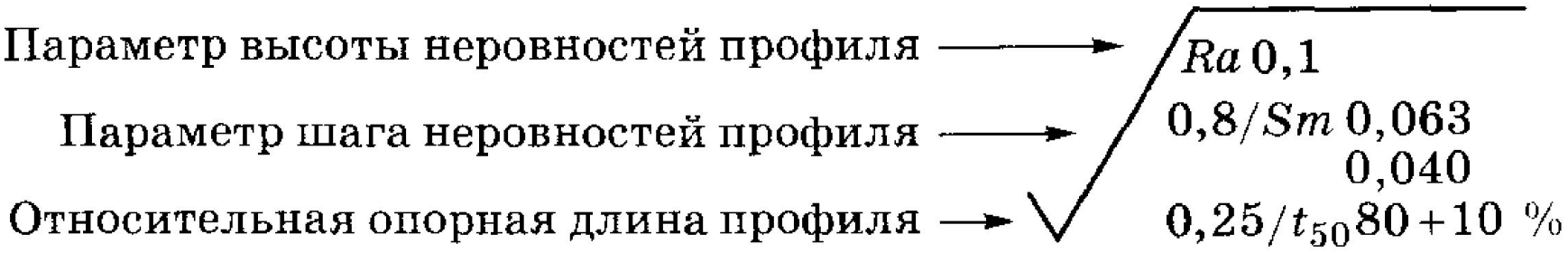






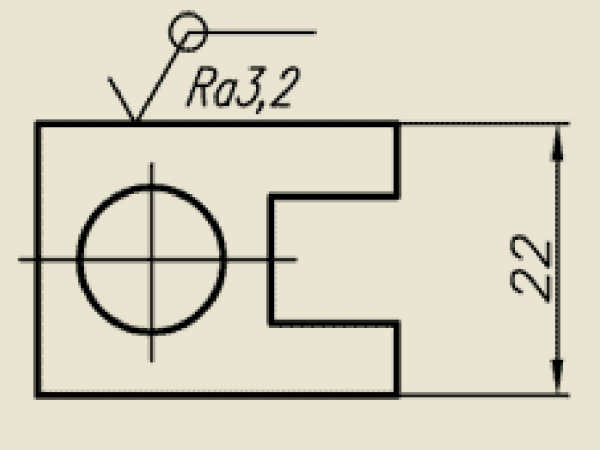
При указании двух или более параметров шероховатости их числовые значения записываются сверху вниз в следующей последовательности:

R_a, R_z, R_{max}, S, S_m, t_p.

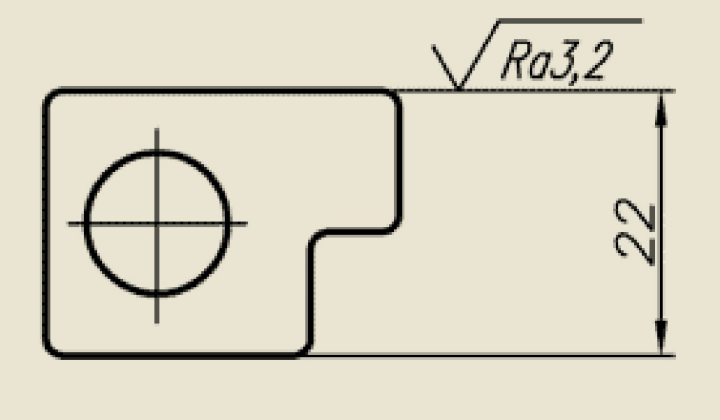


Если шероховатость поверхностей, образующи контур, должна быть одинаковой, обозначение шероховатости нанося один раз.

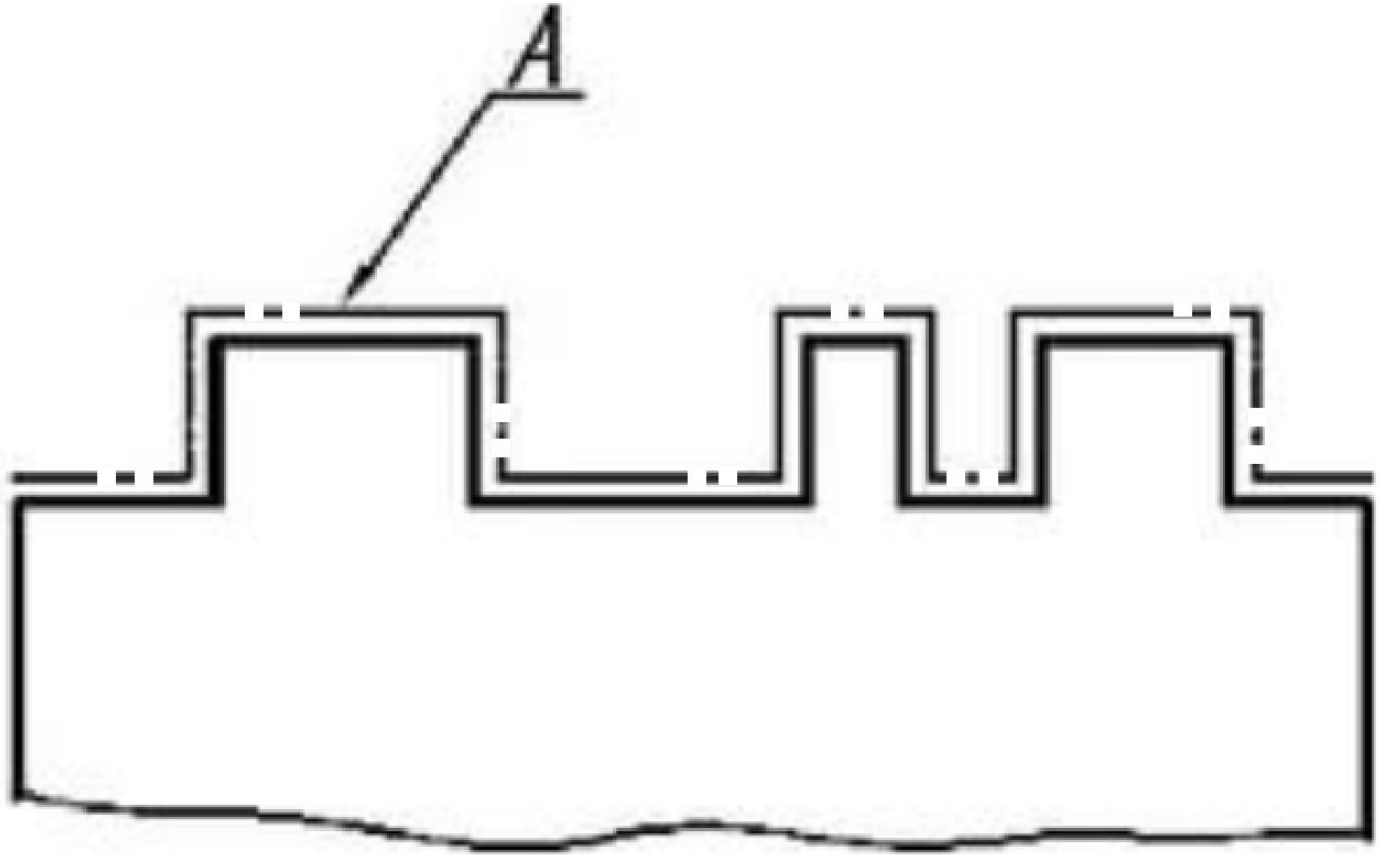
(используя знак ° - обозначающий замкнутый контур)



В обозначении одинаковой шероховатости поверхностей, плавно переходящих одна в другую, знак ° не приводят.



Обозначение одинаковой шероховатости поверхностей сложной конфигурации допускается приводить в технических требованиях чертежа со ссылкой на буквенное обозначение поверхности. При этом буквенное обозначение поверхности наносят на полке линии-выноски, проведённой от утолщённой штрихпунктирной линии, которой обводят поверхность на расстоянии 0,8…1 мм от линии контура.



- *Отклонение профиля (y)* - расстояние между точкой реально профиля и базовой линией.
- *Средняя линия профиля (m)* - базовая линия, имеющая форм номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднеквадратическое отклонение профиля д этой линии было минимальным: $\int_0^l y^2 dx = min$.

Обозначения шероховатости

1. Указание контролируемого параметра знака:

- Символ параметра R_a указывают перед его числовым значением (ранее не указывался):

старое обозначение: 0,63 → новое обозначение: R_a0,63

- Числовые значения параметров R_a, R_z и R_{max} задают в <u>микрометрах</u>.
- Числовые значения параметров S_m и S задают в <u>миллиметрах</u>.
- Числовое значение параметра t_p задают в <u>процентах</u> и значение уровня сечения профиля p – <u>в процентах от R_{max}</u>.
- Указывают <u>наибольшие предельные значения</u> параметров шероховатости R_a, R_z, R_{max}, S_m и S при этом их наименьшие значения не ограничиваются.
- Указывают <u>наименьшее предельное значение</u> параметра t_p.

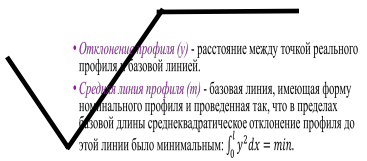
2. Нормирование числовых значений параметров шероховатости:

при указании диапазона значений параметра шероховатости (наибольшего и наименьшего) в обозначении приводят пределы значений параметра, размещая их в две строчки (сверху указывается значение соответствующее наибольшему предельному значению):

старое обозначение: → новое обозначение:

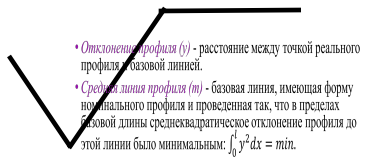
0,8
0,4

Высота поверхностных неровностей по параметру R_a (среднее арифметическое отклонение профиля) должна быть не более *0,8 мкм* и не менее *0,4 мкм*.

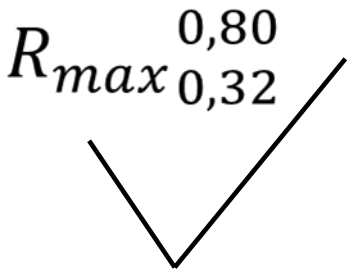


R_z 0,10
0,05

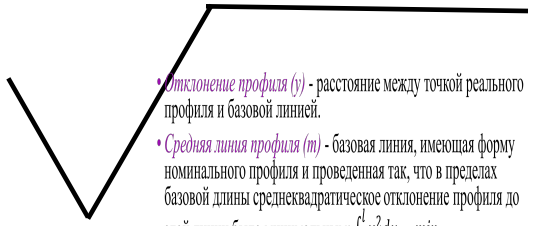
Высота поверхностных неровностей по параметру R_z (высота неровностей по десяти точкам) должна быть не более *0,10 мкм* и не менее *0,05 мкм*.

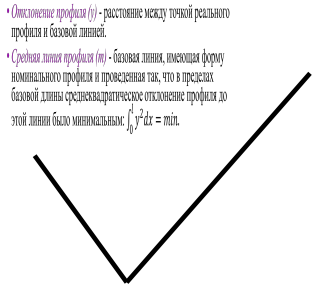


старое обозначение: → новое обозначение:

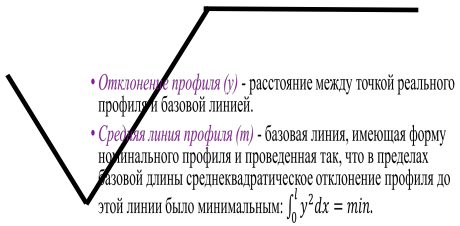


Высота профиля по параметру R_{max} (расстояние между линией выступов и линией впади) должна быть не более *0,80 мкм* и не менее *0,32 мкм*.





Относительная опорная длина профиля t_p, при уровне сечения профиля p=50% должна быть не более *70 %* и не менее *50%*.



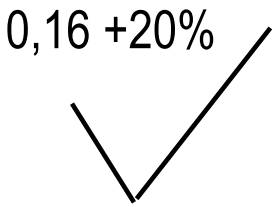
Данный способ обозначения применяют, когда по условиям эксплуатации излишне гладкая поверхность недопустима.

3. Нормирование числовых значений параметров шероховатости:

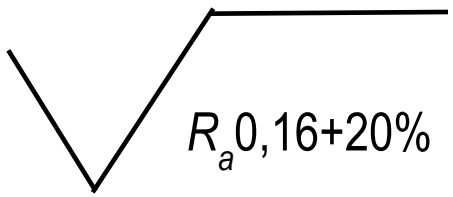
при указании номинального значения параметра шероховатости устанавливают допустимые отклонения в процентах от заданного номинального значения.

- значение отклонения выбирают из ряда: 10, 20, 40;
- отклонения могут быть односторонними (в «плюс» или в «минус») или симметричными (±).

старое обозначение: → новое обозначение:



Высота поверхностных неровностей по параметру R_a (среднее арифметическое отклонение профиля) имеет номинальное значение *0,16 мкм* с отклонением +20 %, т.е. должна быть не более *0,192 мкм* и не менее *0,16 мкм*.



$R_z100\text{-}10\%$

Высота поверхностных неровностей по параметру R_z (высота неровностей по десяти точкам) имеет номинальное значение *100 мкм* с отклонением -10%, т. е. должна быть не более *100 мкм* и не менее *90 мкм*.

$R_z100\text{-}10\%$

$S_m0{,}63+20\%$

Средний шаг неровностей профиля (по параметру S_m) имеет номинальное значение *0,63 мм* с отклонением +20 %, т.е. должен быть не более *0,756 мм* и не менее *0,63 мм*.

$S_m0{,}63+20\%$

$t_{50}70\pm40\%$

Относительная опорная длина профиля t_p, при уровне сечения профиля 50% имеет номинальное значение *70 %* с отклонением ±*40%* ,т.е. должна быть не более *98 %* и не менее *42%*.

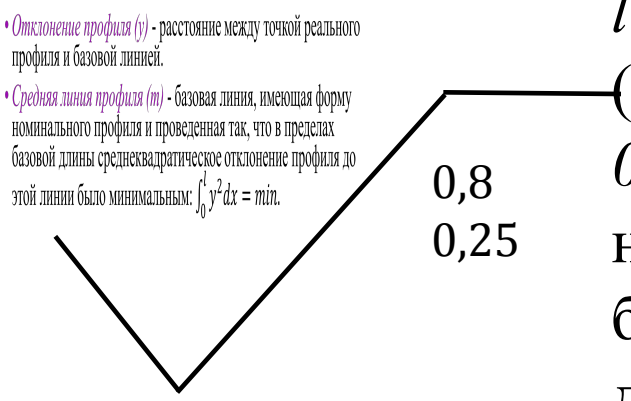
$t_{50}70\pm40\%$

Данный способ обозначения применяют в основном для образцов сравнения шероховатости или образцовых деталей, а также для ответственных деталей с особыми требованиями по условию шероховатости.

4. Одновременное нормирование двух и более параметров шероховатости для одной и той же поверхности:

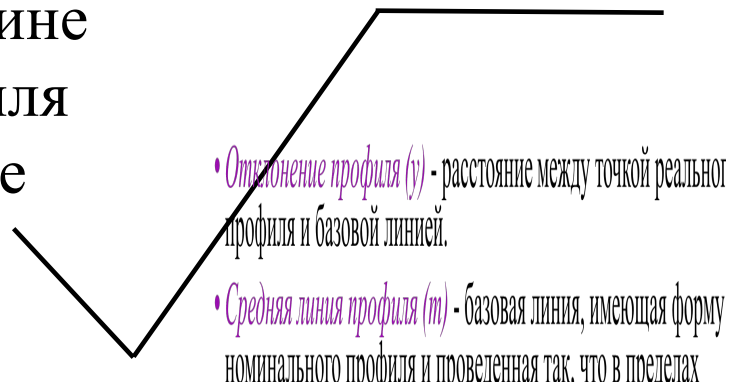
при указании двух или более параметров шероховатости их числовые значения записывают сверху вниз в последовательности: параметр(ы) высоты неровностей профиля - R_a, R_z и (или) R_{max}; параметр(ы) шага неровностей S_m и (или) S; относительная опорная длина профиля t_p.

старое обозначение: → новое обозначение:



0,8
0,25

Высота неровностей профиля по параметру R_a (среднее арифметическое отклонение профиля) не более *0,01 мкм* на базовой длине *l=0,8 мм*; средний шаг неровностей профиля (параметр S_m) не более *0,063 мм* и не менее *0,040 мм* на базовой длине *l=0,25 мм*; номинальное значение параметра t_p на базовой длине *l=0,25 мм* составляет *80%* при допустимых отклонениях ±*10%* на уровне сечения профиля *p=50%*



5. Нормирование дополнительных данных:

числовое значение базовой длины *l (мм)* указывают в тех случаях, если устанавливаемые значения параметров R_a, R_z, R_{max}, S_m, S, t_p должны быть определены на базовой длине, отличающейся от рекомендованной стандартом

старое обозначение: → новое обозначение:

R_z10 $\sqrt{}$ 8

$\sqrt{}$ $8/R_z10$

параметра R_z (высота неровностей по десяти точкам) должен быть не более *10 мкм* и определяется на базовой длине *l=8 мм*.

По стандарту данному значению параметра соответствует значение базовой длины *l=2,5 мм*.

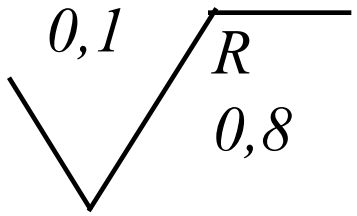
Класс шероховатости поверхности	*Ra*	*Rz*	Базовая длина, мм
–	100	1000 800 630 500 400	–
1	80 63 50	320 250 200	8,0
2	40 32 25	160 125 100	
3	20 16 12,5	80 63 50	
4	10 8,0 6,3	40 32 25,0	2,5
5	2,5 4,0 3,2	10,0 16,0 12,5	
6	2,5 2,0 1,6	10,0 8,0	0,8
7	1,25 1,00 0,80	6,3 5,0 4,0	

Класс шероховатости поверхности	*Ra*	*Rz*	Базовая длина, мм
8	0,63 0,50 0,40	3,2 2,5 2,0	0,8
9	0,32 0,25 0,20	1,60 1,25 1,00	0,25
10	0,160 0,125 0,100	0,80 0,63 0,50	
11	0,080 0,063 0,050	0,40 0,32 0,25	
12	0,040 0,032 0,025	0,20 0,160 0,125	
13	0,020 0,016 0,012	0,100 0,080 0,063	0,08
14	0,010 0,008	0,050 0,040 0,032 0,025	

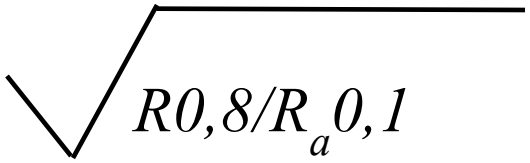
Примечания:

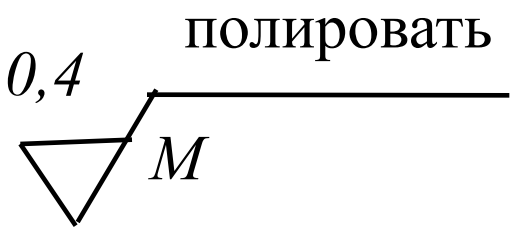
1. Классы шероховатости поверхности допускалось применять до 1980 г. при использовании ранее выпущенной документации.
2. Подчеркнуты предпочтительные значения парметров.

старое обозначение: → новое обозначение:



Высота поверхностных неровностей по параметру R_a (среднее арифметическое отклонение профиля) не более *0,1 мкм* на базовой длине *l=0,8 мм* (по стандарту *l=0,25 мм*) направление неровностей радиальное (*R*) вид (способ) обработки не оговаривается.

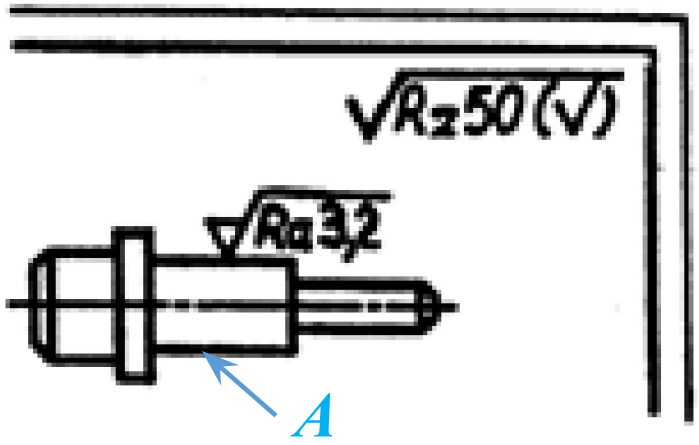




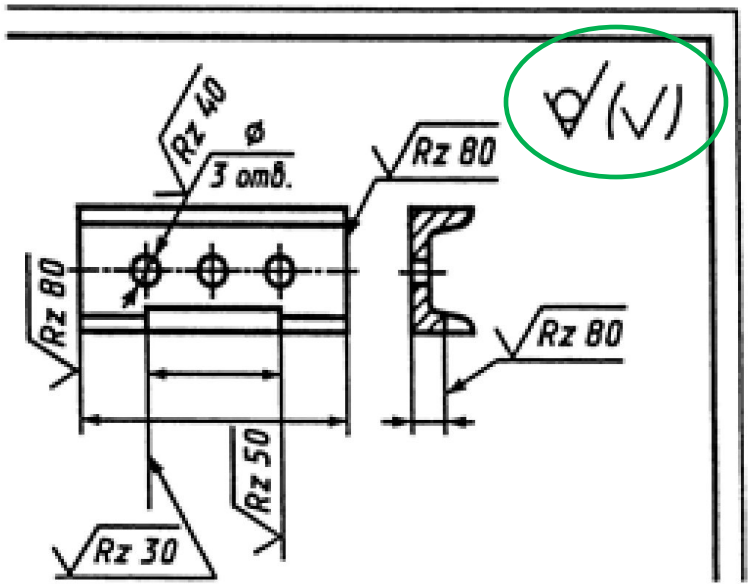
Высота поверхностных неровностей по параметру R_a (среднее арифметическое отклонение профиля) не более *0,4 мкм* (базовая длина по стандарту) направление неровностей произвольное (*M*), обработка с удалением слоя материала полированием.

- ✔ Направление неровностей с помощью условных обозначений указывают в тех случаях, когда поверхность должна иметь определённый «рисунок» который влияет на функциональные свойства поверхности.
- ✔ Способ обработки поверхности указывают только в случаях, когда он является единственным возможным при получении требуемого качества поверхности.
- ✔ В зависимости от вида обработки применяют либо знак обязательного удаления слоя материала, либо знак его сохранения.

Обозначение шероховатости на чертежах:

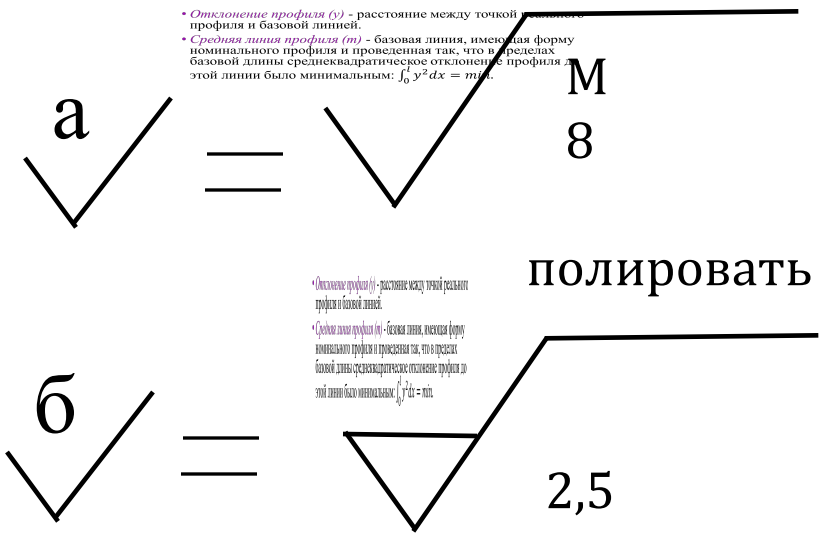


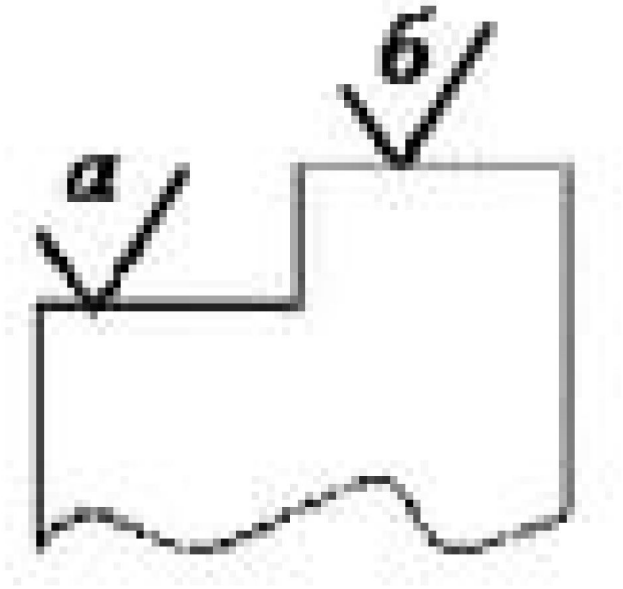
Шероховатость всех поверхностей по данному чертежу определяется по параметру $R_z 50$, кроме поверхности «А» - поверхность должна обрабатываться с удалением слоя материала и высота поверхностных неровностей по параметру R_a не более *3,2 мкм*.

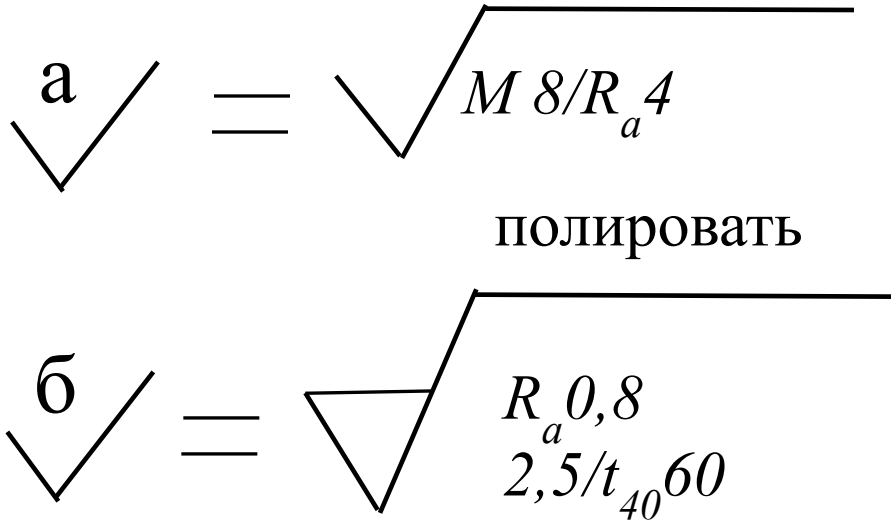


Поверхности к которым не указаны (предъявлены) требования по шероховатости по данному чертежу не обрабатываются.

старое обозначение: → новое обозначение:



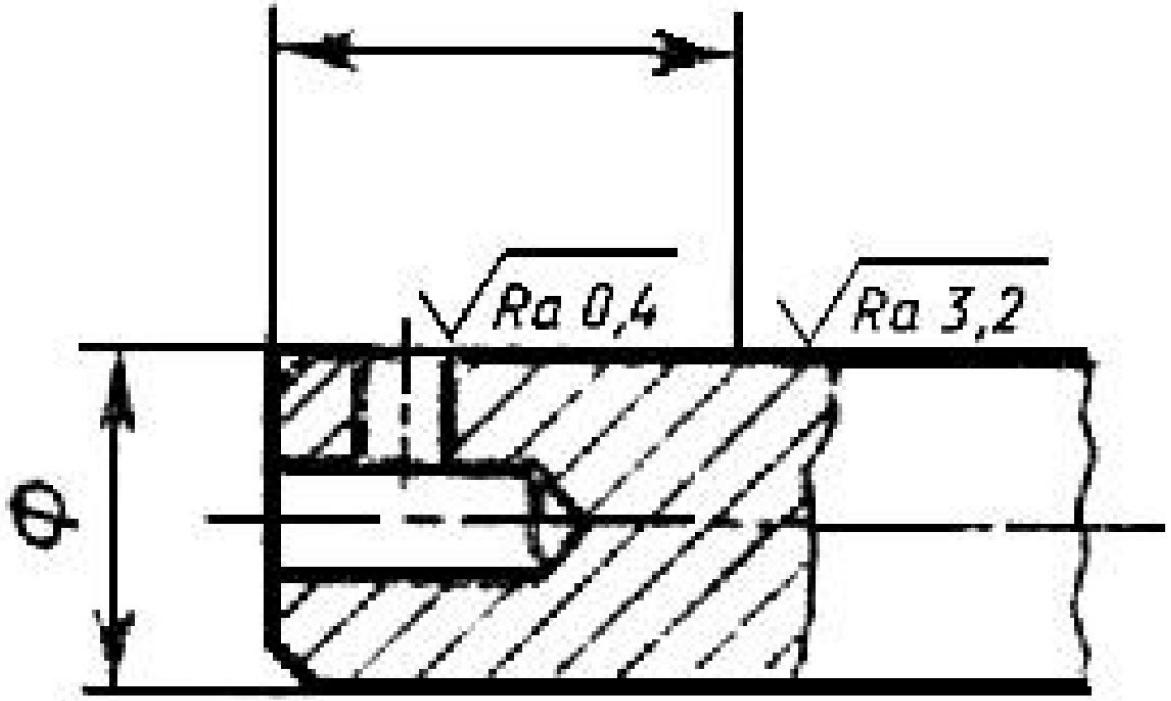


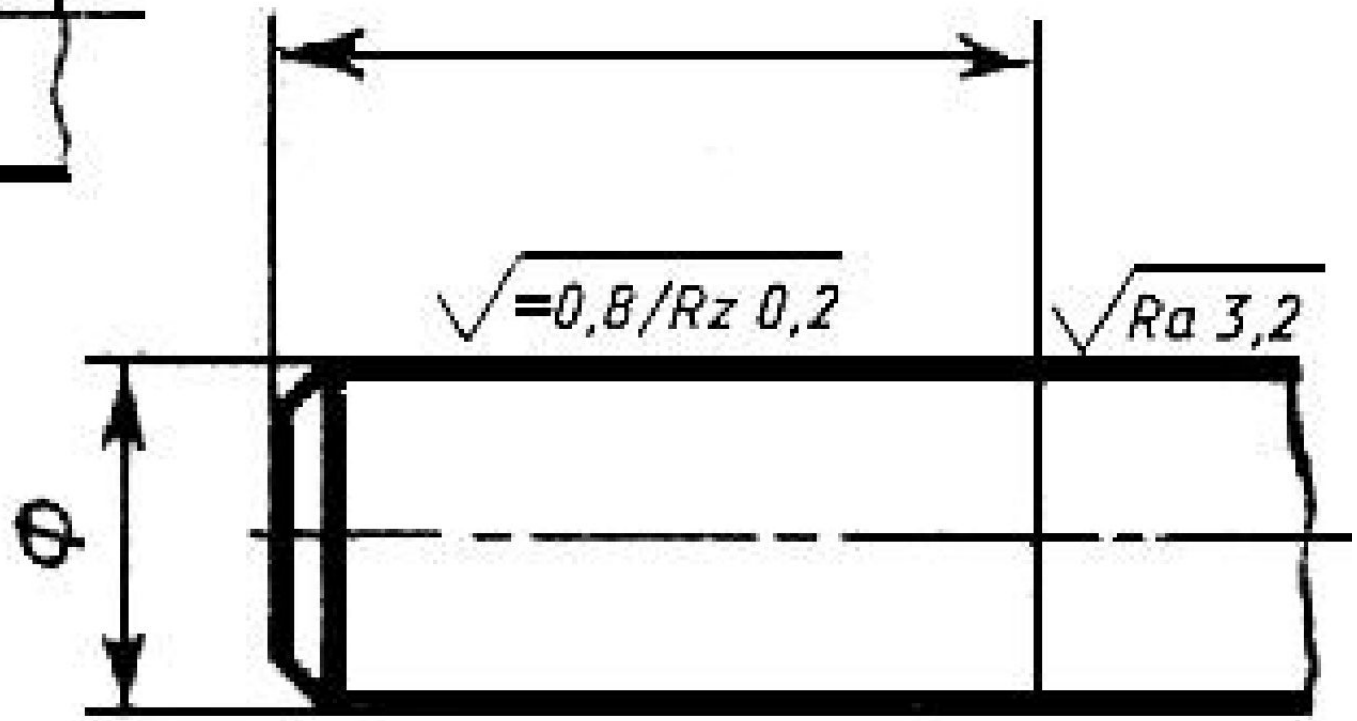


Поверхность с обозначением «а» должна иметь высоту поверхностных неровностей по параметру R_a не более *4 мкм* на базовой длине *l=8 мм*, направление неровностей произвольное (способ обработки не ограничен).

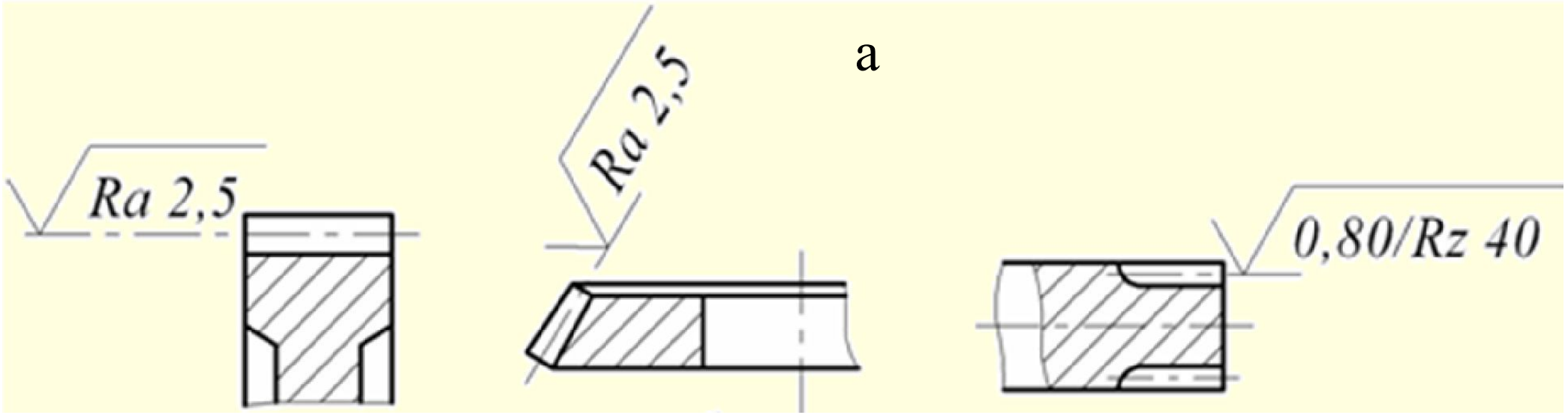
Поверхность с обозначением «б» должна обрабатываться с удалением слоя материала полированием и иметь высоту поверхностных неровностей по параметру R_a не более *0,8 мкм* и значение относительной опорной длины профиля t_p на базовой длине *l=2,5 мм* и при уровне сечения профиля *p=40%*, не менее *60%*.

Если отдельные участки одной и той же поверхности должны иметь различную шероховатость, то их разграничивают сплошной тонкой линией с указанием размера участка той или иной шероховатости.





Шероховатость рабочих поверхностей зубчатых колёс



а

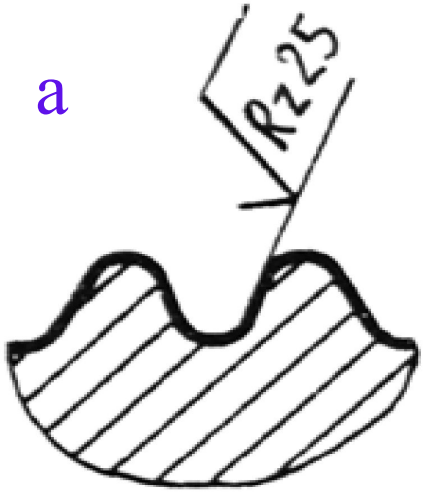
б

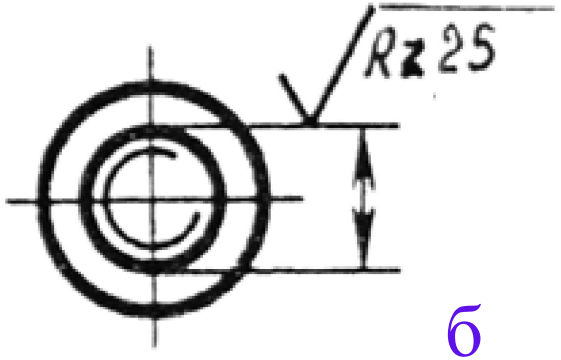
а – если на чертеже не приведён профиль зубьев зубчатых колёс, то шероховатость рабочих поверхностей, наносят на линии делительной окружности;

б – для глобоидных червяков и сопряжённых с ними колёс – на линии расчётной окружности.

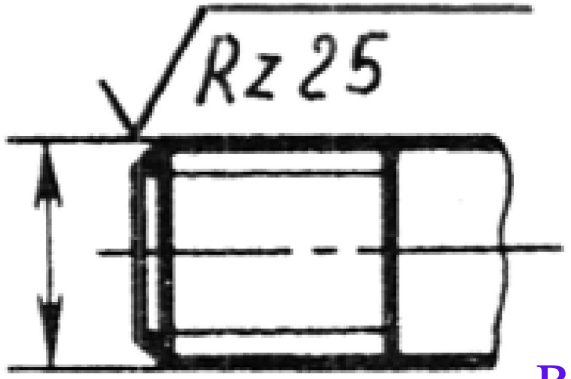
а – шероховатость боковой поверхности резьбы, если есть изображение её профиля, наносят по общим правилам;

а

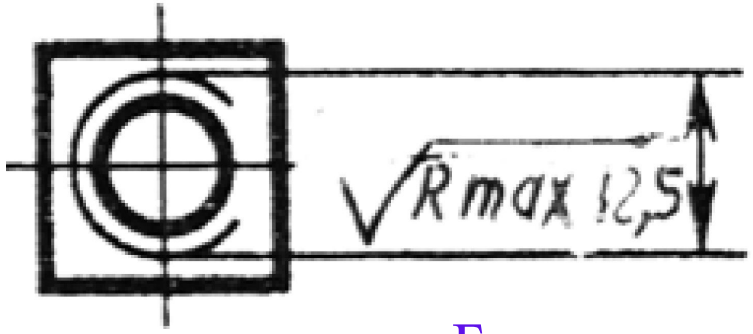




б

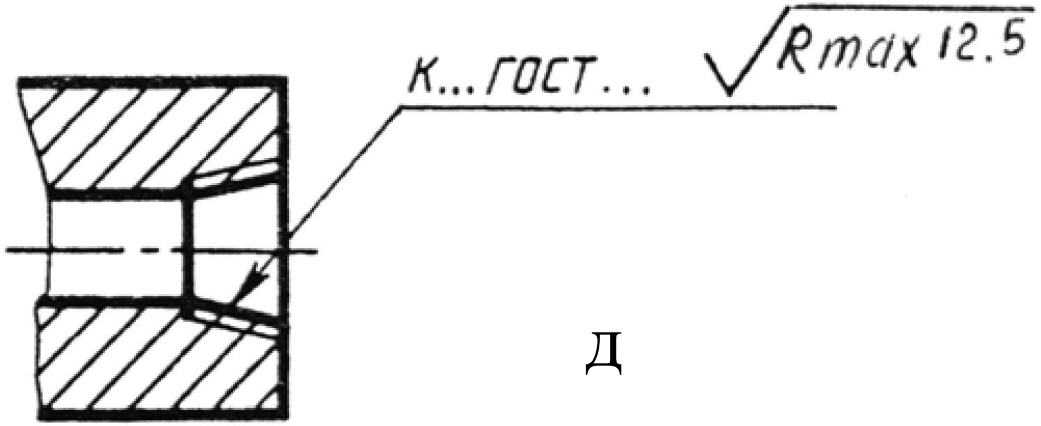


в

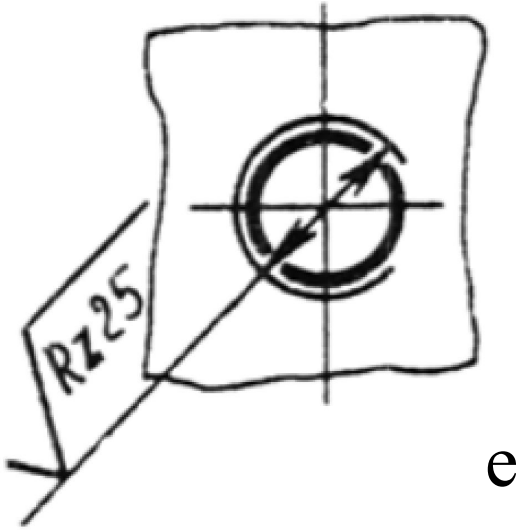


г

б – е – если профиль резьбы на чертеже не указан, то шероховатость боковой поверхности резьбы обозначают на выносной линии для указания размера резьбы или на её продолжении.



д



е