



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. И. РАЗЗАКОВА

Кафедра «Метрология и стандартизация»

НОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ

**Методическое руководство к выполнению
лабораторной работы для студентов всех специальностей**

БИШКЕК 2011



Рассмотрено
На заседании кафедры
«Метрология и стандартизация»
Прот № от 2011



Одобрено
методической
комиссией ФТМ
Прот. № от 2011

Составители : ст. преп. ШАЛАБАЙ Т.Л., преп. МЫРЗАЛИЕВА Н.О.

Нормирование шероховатости поверхности. Методическое руководство к выполнению лабораторной работы для студентов всех специальностей / КГТУ им. И. Раззакова; Сост.: Т.Л. Шалабай, Мырзалиева Н.О. Б.:ИЦ «Текник», 2011-27с.

Излагаются основные теоретические положения, методика проведения работы, формы отчета.

Предназначено для студентов специальности «Метрология, стандартизация и сертификация», а также студентов других специальностей. Изучающих вопросы метрологии.



Цель работы

1. Изучение методов контроля шероховатости.
2. Изучение методики определения параметров шероховатости по профилограмме поверхности детали
3. Ознакомление со стандартами на нормирование шероховатости и обозначение шероховатости на чертежах.

Материальное оснащение

1. Данное методическое руководство.
2. Профилограммы поверхности детали
3. Профилограф-профилометр
4. Чертежи деталей
5. ГОСТы, нормативно-техническая документация

1 Шероховатость поверхностей и ее влияние на качество деталей

Эксплуатационные свойства поверхностей металлических деталей в решающей степени определяются их качеством. Под качеством поверхности понимают совокупность геометрических параметров и физико-механических свойств поверхностного слоя.

К основным физико-механическим свойствам поверхностного слоя относятся: наклеп (некоторое повышение твердости), а также характер и величина остаточных напряжений (растяжения или сжатия).

Геометрические показатели понятия «качество поверхности» определяются шероховатостью реальной поверхности.

Реальная поверхность, ограничивающая деталь и отделяющая ее от окружающей среды, в отличие от номинальной, геометрически правильной и гладкой имеет погрешности различного порядка.

Различают следующие отклонения от номинальной поверхности: макрогеометрические, волнистость и микрогеометрические.

Макрогеометрические отклонения – характеризуются большим отношением протяженности поверхности L к величине отклонения h .

$$\frac{L}{h} \geq 1000$$

Макрогеометрические отклонения характеризуют отклонения от правильной геометрической формы – овальность, конусообразность и другие.

Волнистость поверхности представляет собой совокупность периодически чередующихся возвышений и впадин с отношением шага волны

$$\frac{L_g}{h_g} = 50 \dots 1000$$

Волнистость поверхности занимает промежуточное положение между макрогеометрическими отклонениями (погрешностями формы) и микрогеометрическими отклонениями (шероховатостью поверхности)

Микрогеометрические отклонения, или микронеровности определяют шероховатость обработанной поверхности. Микрогеометрические отклонения характеризуются небольшим значением отношения шага микронеровностей S к их высоте h .

$$\frac{S}{h} < 50$$

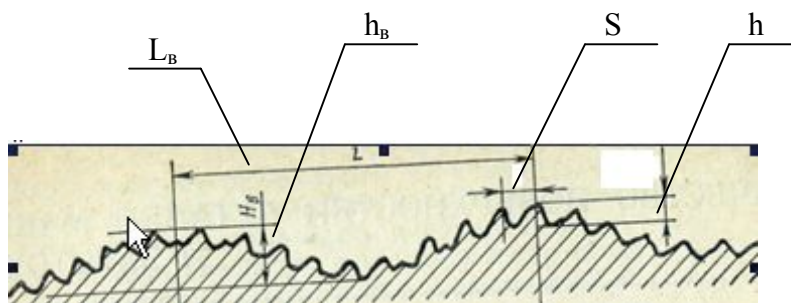


Рис.1 Волнистость (L_B, h_B) и шероховатость (S, h)

Таким образом, шероховатость поверхности относится к категории микрогеометрии, т. е. рассматривает отклонения реальных поверхностей от номинально гладких на небольших участках до нескольких квадратных миллиметров. Реальная поверхность состоит из чередующихся ориентированных или беспорядочно расположенных небольших выступов и впадин, получающихся при механической обработке вследствие копирования формы режущих кромок, пластической деформации поверхностного слоя материала под воздействием усилий от обрабатывающего инструмента, трения его о деталь, вибраций инструмента и т. п. Зная влияние технологических факторов на шероховатость поверхности, можно назначить условия обработки, обеспечивающие достижение заданной шероховатости поверхности.

Шероховатость поверхностей влияет на эксплуатационные показатели работы деталей, тем самым определяя их качество.

1.1 Влияние шероховатости на трение и износ в подвижных соединениях

В подвижных посадках шероховатость приводит к преждевременному износу поверхностей, так как при работе деталей металлические гребешки стираются, смешиваются с маслом и ускоряют процесс износа поверхностей. Трение и износ деталей связаны с высотой и формой неровностей поверхности и направлением штрихов обработки. В начальный период работы трущихся поверхностей их контакт происходит по вершинам неровностей, где возникают большие давления, а при взаимном перемещении поверхностей происходит срез, отламывание вершин неровностей, приводящие к интенсивному износу трущихся деталей и



увеличению зазоров. Острове́ршинные микронеровности изнашиваются быстрее плосковершинных. Наименее выгодное направление неровностей у обеих трущихся деталей перпендикулярно направлению скольжения, при совпадении направления скольжения с направлением неровностей обеих деталей износ достигает минимума.

С течением времени высота и направление неровностей меняются, достигая некоторой оптимальной величины (этот период называется приработкой). Исследования показывают, что при оптимальной высоте неровностей начальный износ металла является наименьшим.

Увеличение высоты неровностей по сравнению с оптимальным значением повышает износ за счет возрастания механического зацепления, скалывания и среза неровностей поверхности.

Уменьшение высоты неровностей против оптимального значения приводит к резкому возрастанию износа в связи с возникновением молекулярного сцепления и заедания плотно соприкасающихся поверхностей повышенной гладкости, этому способствует выдавливание смазки и плохая смачиваемость смазкой зеркально-чистых поверхностей.

Задачей конструктора, проектирующего новые машины, является назначение шероховатости, соответствующее оптимальному значению, при котором износ является наименьшим.

1.2 Влияние шероховатости на прочность соединений с натягом

Прочность соединений с натягом во многом зависит от шероховатости поверхностей. При запрессовке происходит сдвиг микронеровностей и фактический натяг уменьшается по сравнению с расчетным. При расчете посадок с натягом влияние высоты неровностей учитывается введением специальных поправок на смятие неровностей. При посадке с тепловым воздействием (охлаждением вала перед сборкой или нагревом отверстия) микронеровности не сдвигаются. Прочность таких соединений выше, чем при обычной запрессовке с тем же натягом.

1.3 Влияние шероховатости на другие эксплуатационные характеристики деталей

Шероховатость поверхности влияет на прочность деталей, работающих в условиях циклической и знакопеременной нагрузок. Впадины микропрофиля являются своеобразными надрезами на поверхности и влияют на концентрацию напряжений и образование усталостных трещин. Особенно вредно влияние рисков от режущего инструмента в местах концентрации напряжений (канавки, резкие переходы в сечениях). Дополнительная отделочная обработка поверхностей ответственных деталей (шатунных, коленчатых валов, дисков и роторов турбин) устраняет влияние дефектов предварительной обработки.

От качества поверхности зависит контактная жесткость стыков сопрягаемых деталей. Шероховатость и волнистость поверхностей уменьшают фактическую площадь контакта. Для повышения контактной жесткости уменьшают шероховатость, применяя различные методы



отделочной обработки (шлифование, притирка и т.д.) и обеспечивая совпадение направления неровностей.

Коррозия в атмосферных условиях возникает легче распространяется быстрее на грубообработанных поверхностях.

Шероховатость поверхности влияет на условия смазки, трение, теплопроводность и герметичность стыков, отражательную и поглощающую способность поверхностей, сопротивление протеканию газов и жидкостей в трубопроводах, сопротивление кавитационному разрушению в гидравлических машинах и другие характеристики поверхностей и сопряжений.

Шероховатость также влияет на адгезионную способность к гальваническим и лакокрасочным покрытиям; на декоративные свойства и удобство содержания поверхностей в чистоте .

2 Нормирование шероховатости поверхностей

Терминология, нормирование шероховатости поверхности и правила обозначения ее на чертежах регламентируются следующими стандартами :

1. ГОСТ 25142-82 (СТ СЭВ 1156-78) Шероховатость поверхности. Термины и определения.
2. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения.
3. Межгосударственный стандарт ГОСТ 2.309-73 ЕСКД Обозначения шероховатости поверхностей.

Стандарт ГОСТ 25142-82 устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий, относящихся к шероховатости поверхности. Термины, установленные стандартом, обязательны для применения в документации всех видов, научно-технической, учебной и справочной литературе. Стандарт полностью соответствует СТ СЭВ 1156-78.

Для количественной оценки шероховатости ГОСТ 2789-73 предусмотрено шесть параметров шероховатости – в том числе три высотных (Ra , Rz , $Rmax$) , два шаговых (S , S_m) и относительная опорная длина профиля t_p .

Ra – среднее арифметическое отклонение профиля;

Rz – высота неровностей профиля по десяти точкам;

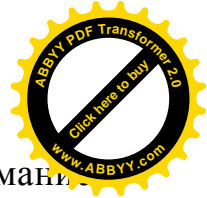
$Rmax$ – наибольшая высота профиля;

S_m – средний шаг неровностей;

S – средний шаг местных выступов профиля;

t_p – относительная опорная длина профиля, где p значение уровня сечения профиля.

Параметр Ra является предпочтительным.



В данном руководстве приведены только те термины, понимание которых необходимо для выполнения лабораторной работы. Некоторые понятия, используемые, как правило, в научных изысканиях будут опущены.

Шероховатость поверхности - Совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная, например, с помощью базовой длины.

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.. Ее протяженность при этом устанавливается такой величины, чтобы при измерении высотных параметров по возможности не накладывалось влияние волнистости поверхности (l_1, l_2, l_3, \dots на рис.1)

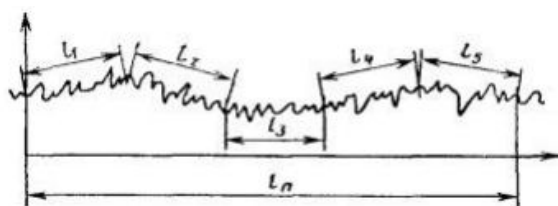


Рис.1 Базовая длина и длина оценки

Длина оценки L - Длина, на которой оцениваются значения параметров шероховатости. Она может содержать одну или несколько базовых длин. (рис.1)

Базовая линия проводится относительно профиля неровностей определенным образом и имеет заданную геометрическую форму. Величина шероховатости измеряется в сечении, нормальном к номинальной поверхности данного элемента детали (рис.2), в направлении, при котором она имеет наибольшее значение (обычно поперек следов обработки). В других случаях направление сечения должно "быть специально оговорено. Для повышения достоверности измерения рекомендуется производить неоднократно и принимать за результат среднее значение.

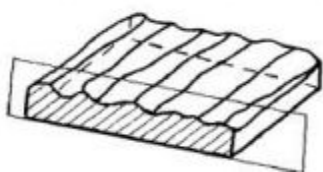


Рис.2 Нормальное сечение (перпендикулярное базовой поверхности)

Представление о реальном профиле шероховатой поверхности дают профилограммы (рис.3, Рис.4 и т.д.), получаемые на различного типа профилографах в результате «ощупывания» исследуемой поверхности алмазной иглой либо путем фотографирования ее на специальном микроскопе. Следует иметь в виду, что изображение профиля на профилограммах получается несколько утрированным в связи с тем, что увеличение по вертикали (100 ... 200 000) всегда больше, чем по горизонтали (10 ... 10 000).

Отклонение профиля y - расстояние между точкой профиля и базовой линией (рис.3)

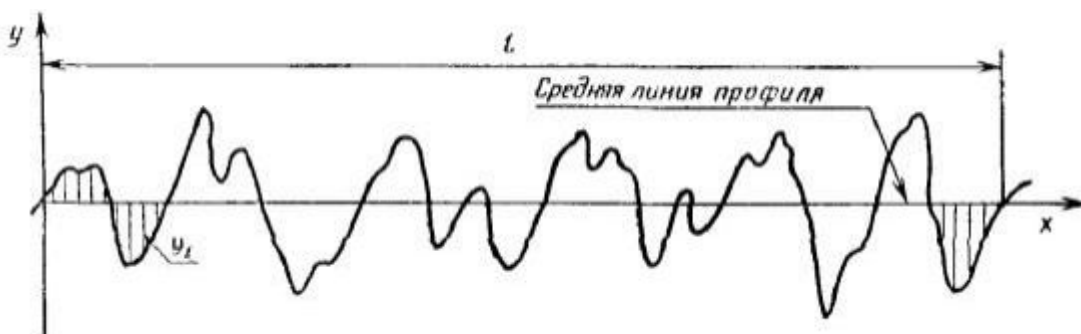


Рис.3 Отклонение профиля и средняя линия профиля

Средняя линия профиля – базовая линия, имеющая форму номинального профиля, и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально (рис.3).

$$\int_0^l y^2 dx = \min$$

Приблизительно средняя линия на профилограммах определяется по равенству сумм площадей, заключенных по обе стороны между ней и линией контура профилограммы (рис.4). По ГОСТ 25142-82 такая линия называется центральной линией профиля

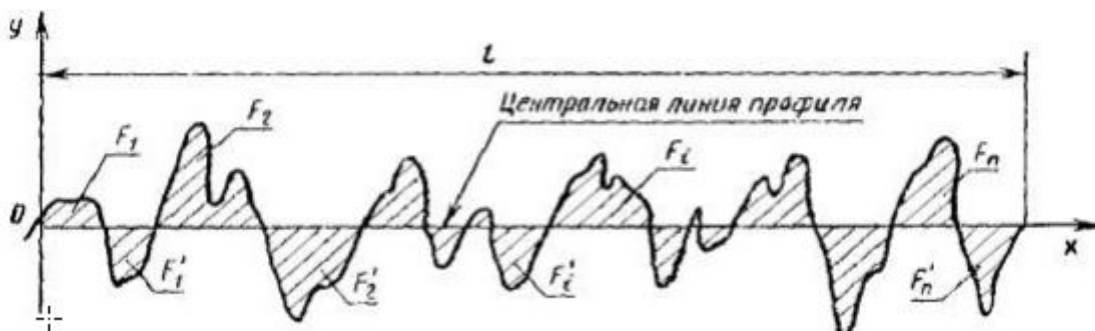


Рис.4

$$\sum_{i=1}^n F_i = \sum_{i=1}^n F'_i$$

Средняя линия профиля служит базой для определения числовых значений параметров шероховатости поверхности. Такая система отсчета в международной практике носит название системы *средней линии*.

Система средней линии – система отсчета, используемая при оценке параметров шероховатости поверхности, в которой в качестве базовой линии используется средняя линия

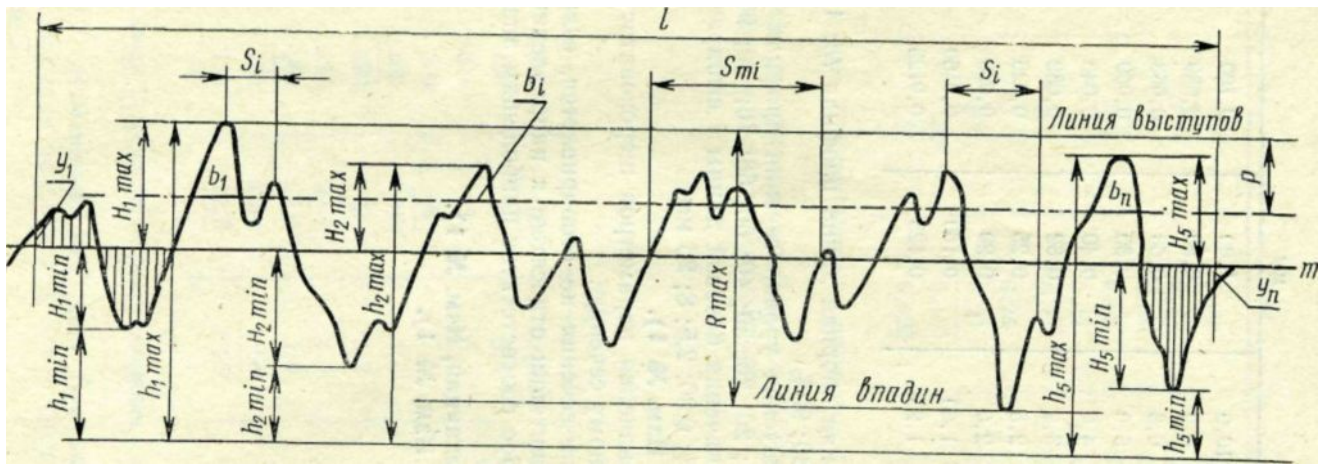


Рис.5 Профилограмма поверхности

Наибольшая высота неровностей профиля R_{max} — расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины (рис.5).

Линией выступов профиля называют линию, эквидистантную средней линии профиля, проходящую через наивысшую точку реального профиля, в пределах базовой длины. Линия впадин профиля аналогична, но проходит через наинизшую точку реального профиля в пределах той же базовой длины.

Среднее арифметическое отклонение профиля R_a — среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля от средней линии в пределах базовой длины (Рис.5 , рис.6):

$$R_a = \frac{1}{\ell} \int_0^{\ell} |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

где y_i – i -ое отклонение профиля от средней линии

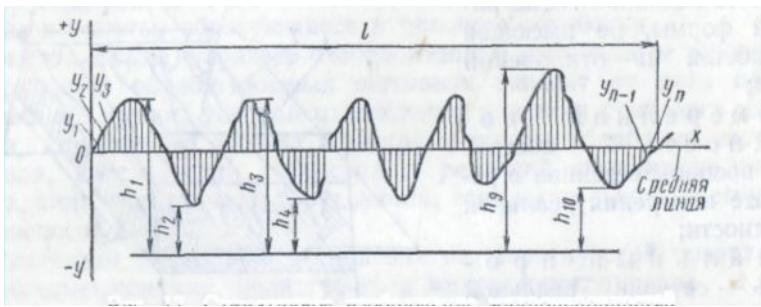


Рис.6

Высота неровностей профиля по десяти точкам Rz — сумма средних абсолютных значений высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины (рис.5):

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

где $H_{i \max}$ — высота i -го наибольшего выступа профиля ;

$H_{i \min}$ — глубина i -ой наибольшей впадины

При средней линии, имеющей форму прямой, этот параметр можно определять через расстояния $h_{i \max}$ и $h_{i \min}$, измеряемые соответственно до пяти высших и пяти низших точек от линии, параллельной средней и не пересекающей профиль(рис.5, рис.7):

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

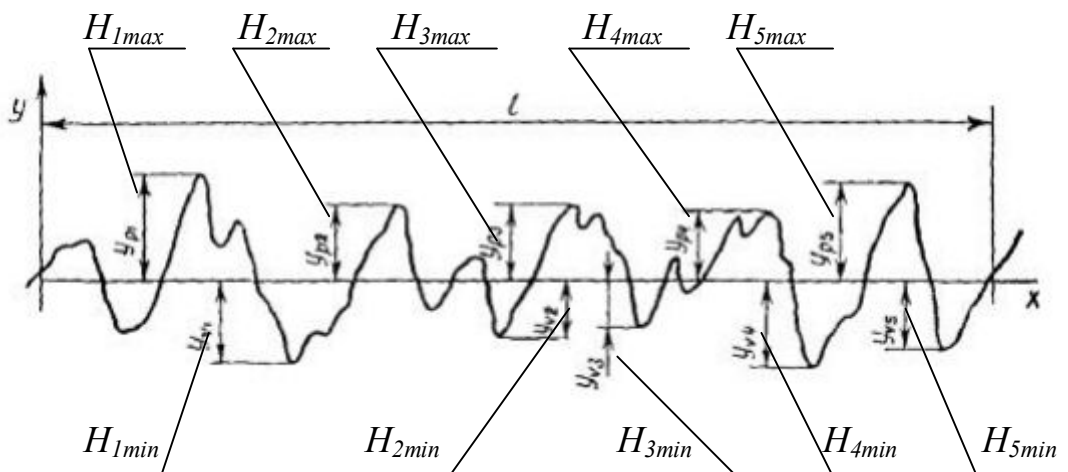




Рис.7 Определение Rz

На рис.7 в соответствии с ГОСТ 25142-82 высота выступа обозначена y_p , а глубина впадин обозначена y_v

Выступ профиля – это часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная из тела (рис.8)

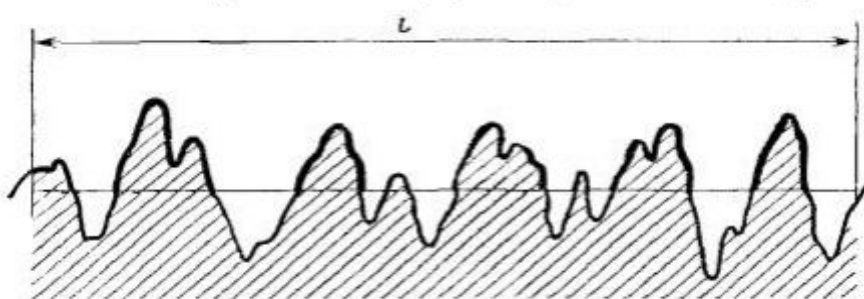


Рис.8 Выступы профиля

Впадина профиля – это часть профиля, соединяющая две соседние точки пересечения его со средней линией профиля, направленная в тело (рис.9)

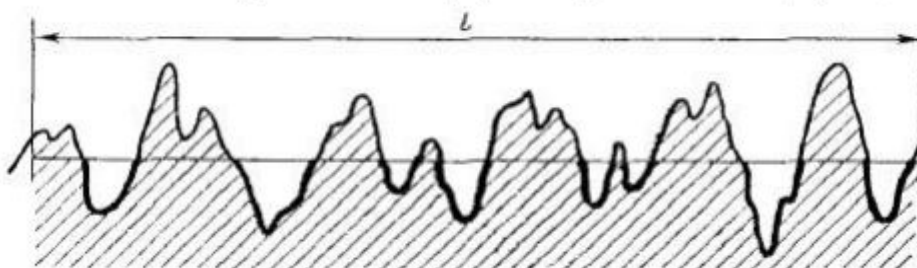


Рис.9 Впадины профиля

Местный выступ профиля – часть профиля, расположенная между двумя соседними минимумами профиля (рис.10)



Рис.10 Местный выступ профиля

Местная впадина профиля - часть профиля, расположенная между двумя соседними максимумами профиля (рис.11)



Рис.11 Местная впадина профиля

Один выступ профиля может состоять из нескольких местных выступов и местных впадин. Местные выступы рассматриваются при определении среднего шага местных выступов профиля S

Когда мы говорим о **неровности профиля**, то имеем ввиду выступ профиля и сопряженную с ним впадину профиля.

Средний шаг неровностей профиля S_m — среднее значение шага неровностей профиля по средней линии в пределах базовой длины:

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

где S_{mi} — шаг неровностей, равный длине отрезка средней линии между точками пересечения ее с одноименными сторонами соседних неровностей; n — число шагов в пределах базовой длины.

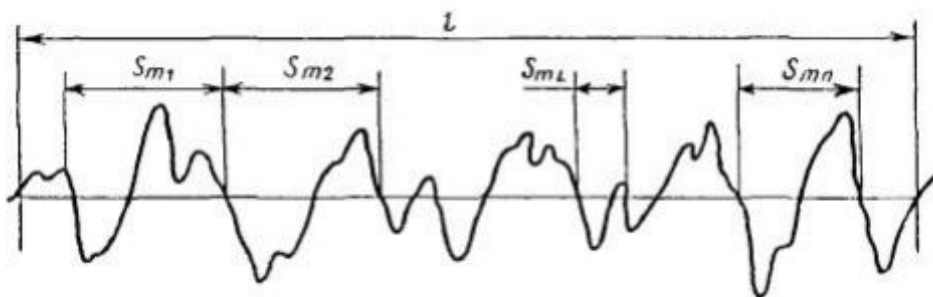


Рис.12 Шаг неровностей профиля

Средний шаг местных выступов профиля S — среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины:

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

где n — число шагов неровностей по вершинам в пределах базовой длины; S_i — шаг местных выступов профиля (рис.13)

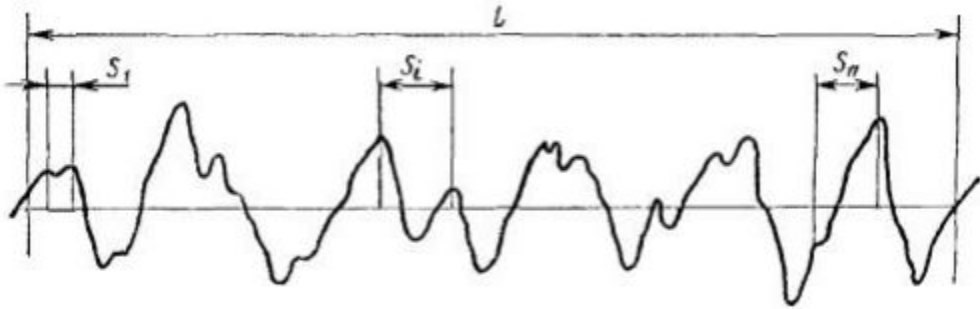


Рис.13 Шаг местных выступов профиля

Числовые значения для рассмотренных параметров в таблицах ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения установлены для значений Ra — в пределах 100 ... 0,008 мкм, для значений Rz и $Rmax$ — в пределах 1600 ... 0,025 мкм, для значений $-S_m$ и S — в пределах 12,5 ... 0,002 мм.

Предпочтительные значения параметров Таблица 1

Параметр	Предпочтительные значения, мкм
$Rmax, Rz$	400; 200; 100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025
Ra	100; 50; 25; 12,5; 6,3; 3,2; 1,6; 0,8; 0,4; 0,2; 0,1; 0,05; 0,025; 0,012

Для всех трех высотных параметров выделены предпочтительные значения (табл. 1), которыми и следует в первую очередь пользоваться, поскольку они приняты в технической документации за рубежом и именно с такими значениями предусмотрено централизованно выпускать образцы сравнения шероховатости по ГОСТ 9378—75.

Относительная опорная длина профиля t_p — отношение опорной длины профиля η_p к базовой длине:

$$t_p = \frac{\eta_p}{l} = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i,$$

где p — заданный уровень сечения; b_i — значения отрезков, отсекаемых в пределах базовой длины на выступах профиля линией, эквидистантной средней линии и расположенной на заданном уровне сечения от линии выступов.

Уровень сечения p выражают в процентах от наибольшей высоты неровностей неровностей профиля $Rmax$:

$$p = \frac{P}{Rmax} 100,$$

где P — расстояние в микрометрах между линией выступов заданным уровнем сечения профиля (рис.14)

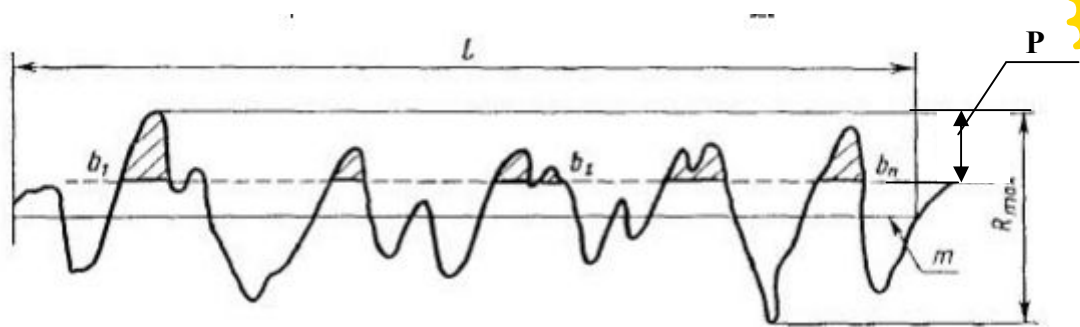


Рис.14

Числовые значения t_p выбирают из ряда 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90 %. Значения p могут приниматься в зависимости от R_{max} из того же ряда, начиная с 5 %.

Величина t_p достаточно полно описывает форму неровностей профиля, что позволяет нормировать многие важнейшие эксплуатационные свойства поверхности, в частности, связанные с динамикой ее изнашивания.

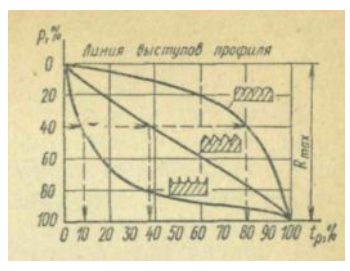


Рис.15

На рис. 15 приведен примерный вид относительных опорных кривых для трех видов шероховатости поверхности с одинаковой наибольшей высотой неровностей. Чем острее вершины выступов неровностей, тем круче падает кривая, тем меньше, при прочих равных условиях, износостойкость такой поверхности (например, при $p = 40\%$ t_p соответственно равно 10, 38 и 80 %, (см. рис. 5):

Для высотных показателей нормальные базовые длины стандартизованы:

$Ra, \text{мкм}$	До 0,025	Св. 0,025 до 0,4	Св. 0,4 до 3,2	Св. 3,2 до 12,5	Св. 12,5 До 100
$Rz, \text{мкм}$	До 0,10	Св. 0,10 до 1,6	Св. 1,6 до 12,5	Св. 12,5 до 50	Св.50 До 400
$\ell, \text{мм}$	0,08	0,25	0,8	2,5	8,0



ГОСТ 2789—73 предусматривает возможность задавать направление неровностей и указывать вид или порядок обработки.

3 Выбор параметров шероховатости

Требования к шероховатости поверхности деталей и выбор параметров для ее оценки должны быть обоснованными, их устанавливают из функционального назначения и конструктивных особенностей каждой отдельной поверхности и детали в целом. Например, для трущихся поверхностей ответственных деталей целесообразно регламентировать допустимые значения Ra (или Rz) и t_p , а также направление неровностей; для функционально важных поверхностей циклически нагруженных ответственных деталей — R_{max} , S_m (или S) и направление неровностей; для соединения- с натягом — только Ra или (Rz) (табл.1). Чем ниже точность данной поверхности, тем грубее можно задавать для нее параметры шероховатости (это экономичнее). Для неответственных поверхностей конструктор может не указывать шероховатость; в таком случае она не подлежит контролю. Иногда очень малая шероховатость на малоответственные и малоточные поверхности задается из соображений удобства обслуживания и эстетики.

Таблица 1

Эксплуатационные свойства поверхностей	Параметры шероховатости поверхности, определяющие данное эксплуатационное свойство
Износоустойчивость при всех видах трения	Ra (или Rz), t_p
Виброустойчивость	Ra (или Rz), S_m , S
Контактная жесткость	Ra (или Rz), t_p
Прочность соединений	Ra (или Rz)
Прочность конструкций при циклических нагрузках	R_{max} , S_m , S
Герметичность соединений	Ra (или Rz), R_{max} , t_p
Сопротивление в волноводах	Ra , S_m , S

С учетом сложившихся традиций и опыта отечественной промышленности наиболее часто применяют параметры Ra и Rz . Параметр Ra полнее характеризует шероховатость, так как его определяют по значительно большему числу граничных и промежуточных точек профиля, чем Rz . Использование Rz в качестве контрольного параметра в значительной степени определяется



способами измерения рассматриваемых параметров. Значение преимущественно определяют с помощью приборов, снабженных датчиками с тонкой алмазной иглой с радиусом при вершине в 10, 5 или 2 мкм (например, профилографы-профилометры завода «Калибр» мод. 201, 252, профилометр мод. 240,283 и др.). Параметр Rz определяют бесконтактными методами, например, на специальных микроскопах (МИС-11, ПСС-2 и др.). Следовательно, определение Ra на грубых поверхностях связано с опасностью поломки алмазной иглы измерительного прибора, а на очень гладких — чревато низкой достоверностью результатов из-за того, что закругленный конец иглы не может фиксировать очень малые неровности.

Рекомендуется использовать показатель Rz при значениях высоты неровностей 320 ... 10 и 0,1 ... 0,025 мкм. В остальных случаях, а их большинство, шероховатость по высоте нормируют путем задания значений Ra .

При расчетах ответственных подвижных и прессовых соединений необходимо учитывать высоту неровностей Rz , тогда как на чертежах в большинстве случаев заданы значения Ra . В этих случаях при переходе от одного параметра к другому можно воспользоваться зависимостью

$$Rz = k Ra$$

где $k = 4$ при $Ra = 80 ... 2,5$ мкм,

$k = 5$ при $Ra = 1,25 ... 0,02$ мкм.

Некоторые специальные технологические методы окончательной обработки позволяют получать на поверхностях регулярный заранее заданный микрорельеф из канавок или лунок определенной формы. Классификацию, параметры и характеристики таких поверхностей устанавливает ГОСТ 24773—81.

Зная влияние технологических факторов при обработке на шероховатость поверхности, можно назначить условия обработки, обеспечивающие достижение заданной чистоты поверхности. На рис.16 и в табл.2 представлены некоторые способы обработки и достигаемая при этом чистота поверхности.

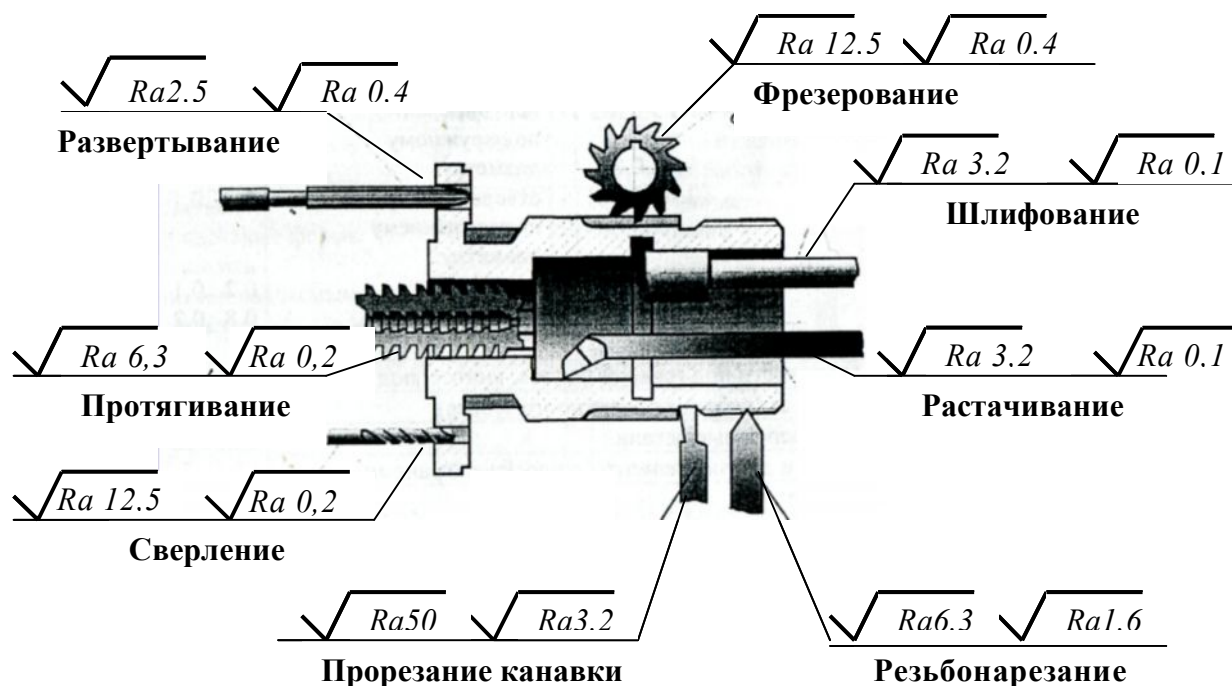
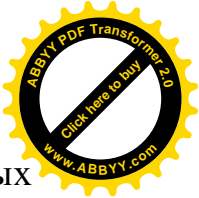


Рис. 16 Изменение шероховатости в зависимости от способов обработки

Таблица 2

Вид обработки	<i>Ra</i> , мкм	Вид обработки	<i>Ra</i> , мкм
Литье: В песчаные формы В кокиль По выплавляемым моделям Под давлением	50 12,5...6,3 6,3 3,2	Обтачивание: Обдирочное Получистовое Чистовое тонкое	50...12,5 6,3...3,2 1,6...0,8 0,4...0,2
Фрезерование: Черновое Чистовое тонкое	12,5...6,3 3,2...1,6 0,8...0,4	Шлифование: Получистовое Чистовое тонкое	3,2...1,6 0,8...0,4 0,2...0,1
Зенкерование: Черновое чистовое	12,5...6,3 3,2...1,6	Сверление: Диаметром до 15мм Свыше 15мм	6,3...3,2 12,5...6,3

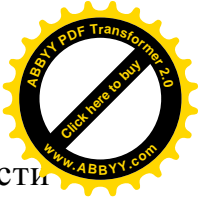
Для различных типовых деталей и соединений исследованы и определены оптимальные значения шероховатости, исходя из условий их работы. Рекомендуемые значения параметра *Ra* даны в табл.3



Рекомендуемые значения параметра шероховатости R_a для различных типов поверхностей

Таблица 3

Вид изделия	R_a , мкм	Вид изделия	R_a , мкм
<i>Резьбы наружные</i> Рядовые Повыш. точности	6,3...1,6 1,6...0,8	<i>Резьбы внутренние</i> Рядовые Повыш. точности	6,3...3,2 3,2...1,6
<i>Резьбы ходовые</i> Винт гайка	0,8 1,6...0,8	<i>Стыки под прокладки:</i> Из мягких материалов Из неметаллов	0,2...0,1 1,6...0,4
<i>Центрирующие буртики (фланцев, крышек):</i> Отверстие буртик	3,2...1,6 1,6...0,8	<i>Поршни (рабочие поверхности):</i> Из чугуна и стали Из сплавов	0,2...0,1 0,1...0,05
<i>Клапаны с коническими пов. :</i> Рабочая поверхность клапана Рабочая поверхность седла	0,1...0,025 0,2...0,05	<i>Конические пробковые краны (рабочая поверхность):</i> Пробка отверстие	0,8...0,05 0,8...0,05
<i>Шпоночно-пазовые соединения (рабочие грани):</i> Пазы шпонки	3,2...0,8 1,6...0,4	<i>Шлицевые соед., центрирование:</i> по наружному диаметру: отверстие вал по внутреннему диаметру: отверстие вал	0,8...0,2 0,4...0,1 0,2...0,1 0,8...0,2
Опорные пов-ти под головки болтов, винтов, под гайки			6,3...1,6
Прямозубые колеса (рабочие поверхности зубьев)			1,6...0,8
Отверстия под крепежные детали			6,3...3,2
Шестигранники (и другие элементы с плоскими гранями)			12,5...3,2



Как видно из табл.2 достижение определенной чистоты поверхности возможно несколькими методами обработки, поэтому выбирается обработка экономически более целесообразная для конкретных производственных условий.

Числовые значения параметров чистоты выбираются из соответствующих таблиц стандарта ГОСТ 2789—73

Среднее арифметическое отклонение профиля Ra Таблица 4

Параметр Ra , мкм				
<u>100</u>	10,0	1,0	<u>0,100</u>	0,010
80	8,0	<u>0,80</u>	0,080	0,08
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>1,6</u>	0,160	0,016	-
<u>12,5</u>	1,25	0,125	<u>0,012</u>	-
Предпочтительные значения параметров подчеркнуты				

Высота неровностей профиля по 10 точкам Rz и наибольшая высота неровностей профиля $Rmax$ (Рис.17)

	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	—

Рис.17

Средний шаг неровностей S и средний шаг неровностей местных выступов профиля S_m (Рис.18)



мм				
—	10,0	1,00	0,100	0,010
—	8,0	0,80	0,080	0,008
—	6,3	0,63	0,063	0,006
—	5,0	0,50	0,050	0,005
—	4,0	0,40	0,040	0,004
—	3,2	0,32	0,032	0,003
—	2,5	0,25	0,025	0,002
—	2,0	0,20	0,020	—
—	1,60	0,160	0,0160	—
12,5	1,25	0,125	0,0125	—

Рис.18

Для высотных показателей нормальные базовые длины стандартизованы:

Таблица 5

Ra , мкм	До 0,025	Св. 0,025 до 0,4	Св. 0,4 до 3,2	Св. 3,2 до 12,5	Св. 12,5 До 100
Rz , мкм	До 0,10	Св. 0,10 до 1,6	Св. 1,6 до 12,5	Св. 12,5 до 50	Св. 50 До 400
ℓ , мм	0,08	0,25	0,8	2,5	8,0

3. Методы оценки параметров шероховатости

Для оценки шероховатости поверхности применяют бесконтактные и контактные методы.

Бесконтактные методы – оптические методы- светового и теневого сечения, а так же микроинтерференционные методы

Контактные методы – профилографирование и профилометрирование.

В основу этих методов положен принцип «ощупывания» контролируемой поверхности алмазной иглой с малым радиусом закругления. Вертикальное перемещение иглы преобразуется в электрические сигналы с помощью индуктивных или механотропных преобразователей.

4 Обозначение параметров шероховатости на чертежах

Выбор параметров шероховатости и их числовых значений производит в зависимости от требований к шероховатости поверхности деталей, исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости не устанавливают и ее не контролируют.

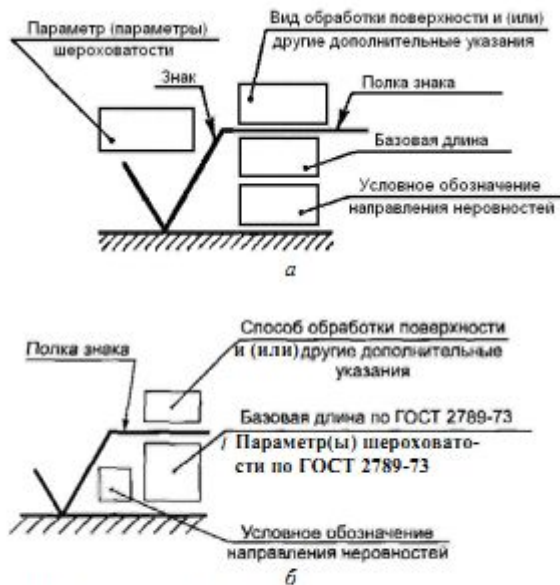


Рис. 12. Структура обозначения шероховатости поверхности: а – в настоящее время; б – с 01.01.2005 г. (согласно ИСО 1302)

Обозначение допусков: на шероховатость на чертежах в соответствии с международными стандартами регламентирует ГОСТ 1.309-75. В обозначении шероховатости поверхности, вид обработки которой конструктор не устанавливает, применяют знак, показанный на рис. 12, а. Этот знак является, предпочтительным. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой удалением слоя материала, например, точением, фрезерованием, сверлением, шлифованием, полированием, травлением и т. д., применяют знак, указанный на рис. 15, б. В обозначении шероховатости поверхности, образуемой без снятия слоя материала, например литьем, ковкой, объемной штамповкой, прокатом, волочением и т. д., применяют знак, показанный на рис. 15, в.

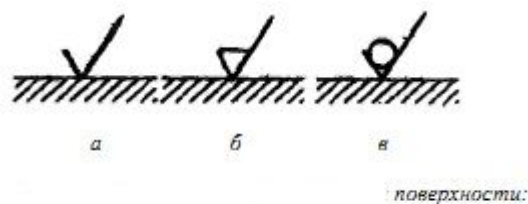
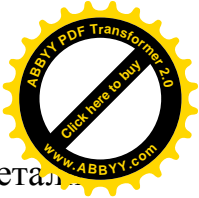


Рис. 19

Обозначения шероховатости поверхностей на изображении детали располагают на линиях контура, выносных линиях (но возможности ближе к размерной линии) или на полках линий - выносок. При недостатке места допускается располагать обозначения шероховатости на размерных линиях или их продолжениях, а также разрывать выносную линию. При изображении изделия с разрывом обозначение шероховатости наносят только на одной части изображения и по возможности ближе к месту указания размеров.



В случае одинаковой шероховатости дпч всех поверхностей детали соответствующее обозначение помещают в правом верхнем углу чертежа и на изображении не указывают.

С 1 января 2005 г. введено в действие изменение к ГОСТ 2.509-75 "ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей». С этого времени национальный стандарт ГОСТ 2.309-73 будет полностью соответствовать международному стандарту ИСО 1302. Изменения касаются структуры обозначения шероховатости поверхности (рис. 12.), а также символического обозначения шероховатости. Согласно ИСО 1302 значение параметра шероховатости Ra указывают после соответствующего символа, например¹

- заменить $\sqrt[0,4]{\quad}$ на $\sqrt{Ra0,4}$;
- заменить $\sqrt[3,2]{\quad}$ на $\sqrt{Ra3,2}$;
- заменить $Rz \sqrt[0,2]{0,8}$ на $\sqrt{=0,8/Rz 0,2}$; $\sqrt[3,2]{\quad}$ на $\sqrt{Ra 3,2}$;
- заменить $\sqrt[12,5]{\quad}$ на $\sqrt{Ra 12,5}$; $\sqrt[6,3]{\quad}$ на $\sqrt{Ra 6,3}$.

Таблица 8

Типы направления неровностей	Обозначение	Типы направления неровностей	Обозначение

Пример обозначения параметров шероховатости

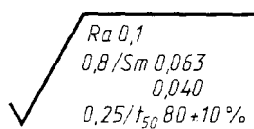
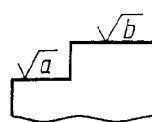


Рис.20



Полировать

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

$$\sqrt{b} = \sqrt{\frac{Ra 0,8}{2,5/t_{40} 60}}$$

Рис.21

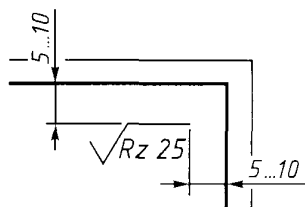


Рис.22

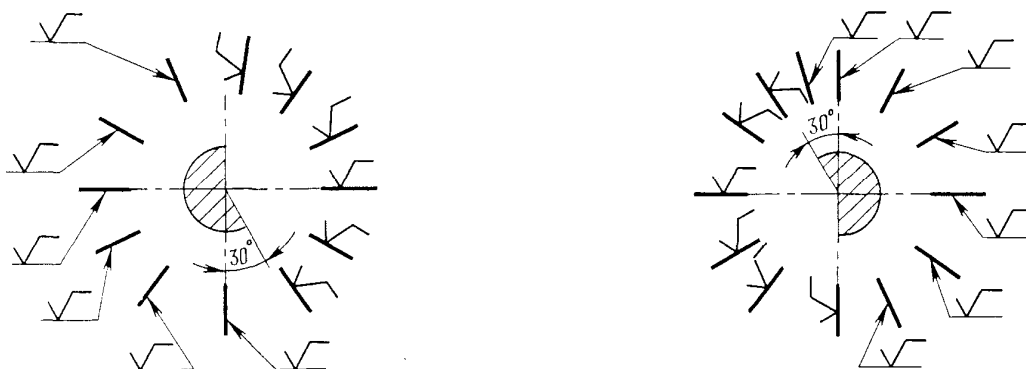
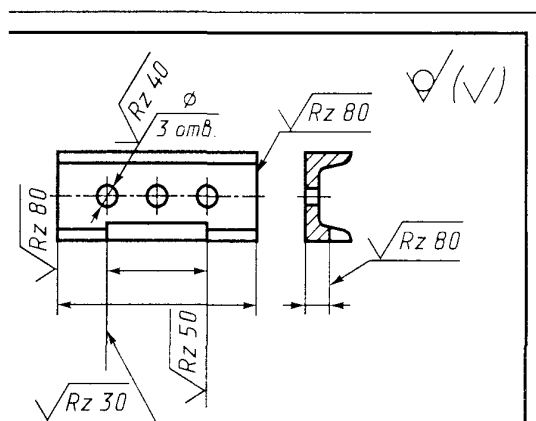


Рис.23 Расположение знака шероховатости

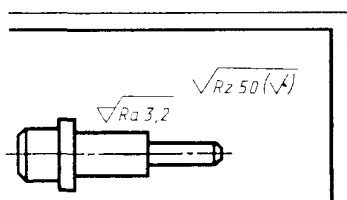


Рис.24 Обозначение шероховатости поверхности

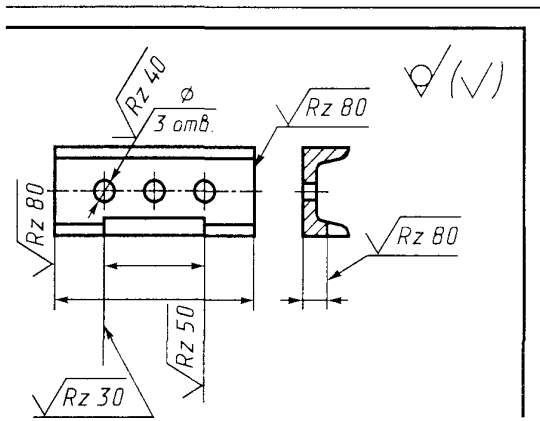


Рис.25 Пример простановки параметров шероховатости

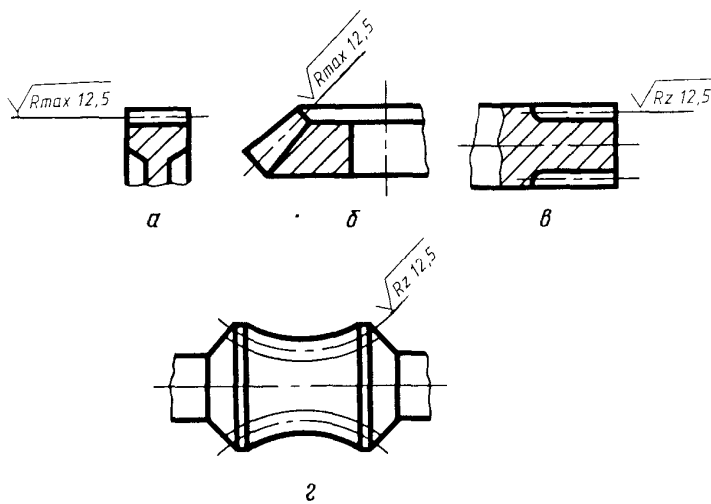


Рис.26 Обозначение шероховатости на зубчатых поверхностях

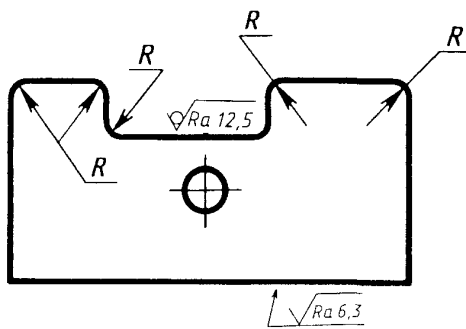


Рис.27

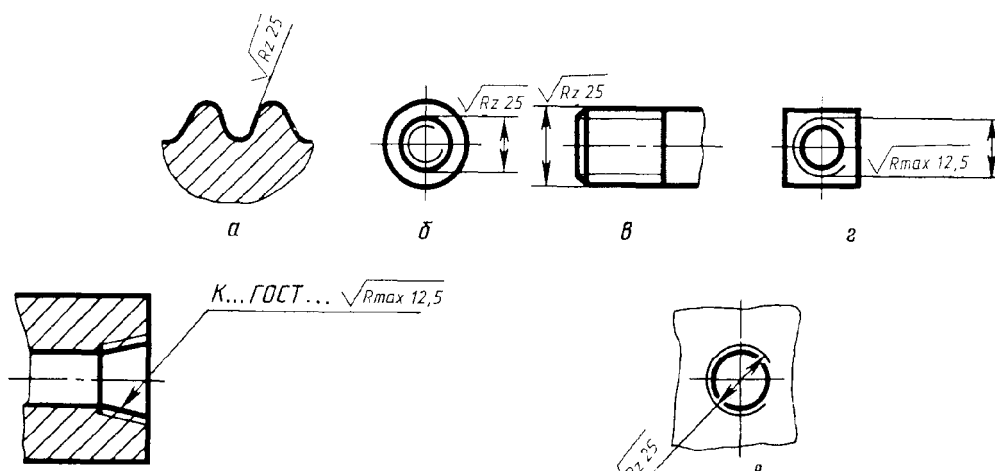


Рис.28 Шероховатость на резьбовых поверхностях

Контроль шероховатости поверхности может осуществляться:

1 сравнением реальной поверхности изделия с рабочими образцами шероховатости, которые имеют стандартные значения шероховатости, полученные точением, фрезерованием, шлифованием и т.д.

2 измерением параметров шероховатости с помощью щуповых и оптических приборов.

1 Профилометры предназначены для непосредственного показа среднего арифметического отклонения профиля поверхности R_a . Профилографы служат для: записи профиля поверхности в виде профилограммы.

Профилограф-профилометр мод. 252 с унифицированными блоками и цифровым устройством (рис. 14) предназначен для измерения в лабораторных условиях шероховатости и волнистости поверхности изделий, сечение которых в плоскости измерения представляет прямую линию.

Прибор состоит из стойки *бс* приводом 5, универсального предметного столика 2, блока управления 4, счетно-решающего блока 3, измерительного преобразователя (датчика) 1 и записывающего устройства

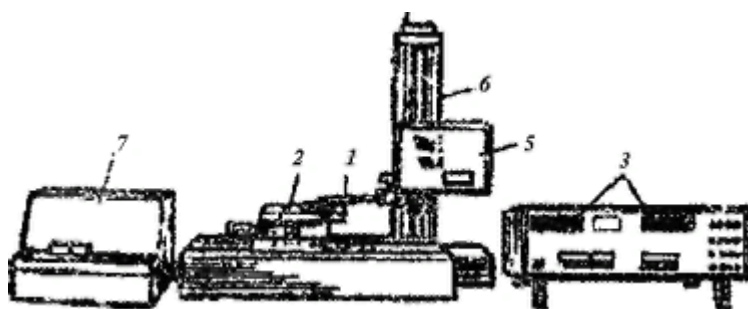


Рис. 20. Профилограф

Принцип действия прибора (рис. 21) основан на ощупывании исследуемой поверхности алмазной иглой с радиусом закругления 10 мкм и преобразовании колебаний иглы в соответствующие изменения напряжения. Алмазная игла закреплена на якоре измерительного преобразователя.

2 2

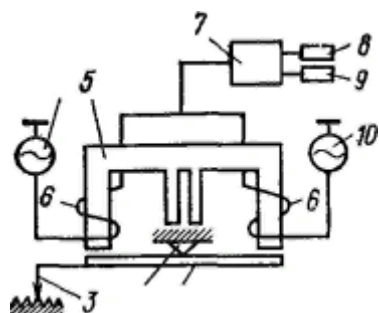


Рис.21

Рис 21. Принципиальная схема

При перемещении преобразователя относительно исследуемой поверхности игла и якорь колеблются на опоре И относительно сдвоенного Ш-образного сердечника, на котором закреплены две катушки преобразователя. Катушки включены в мостовую схему, которая питается от генератора 4. При колебаниях якоря изменяются воздушные зазоры между якорем и сердечником, индуктивности катушек и выходное напряжение мостовой схемы. Выходные сигналы с мостовой схемы поступают на блок управления и счетно-решающий блок, а затем на записывающее устройство. Частота выходных сигналов соответствует шагу микронеровностей, а амплитуда пропорциональна высоте микронеровностей.

Числовые значения параметров шероховатости поверхности определяются с помощью пятиразрядного устройства, расположенного на передней панели счетно-решающего блока.

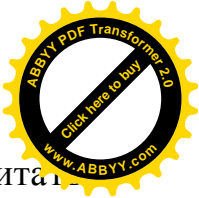
На показывающем устройстве определяются: Ra - высота наибольшего выступа профиля; t_p - глубина наибольшей впадины профиля; n - относительная опорная длина; n — число шагов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Определить ориентировочно класс чистоты поверхности проверяемой детали сравнением с образцами шероховатости. Пользуясь табл. 7, перевести класс точности в соответствующий параметр шероховатости согласно ГОСТ 2789-73.

Измеряемую деталь установить на предметный столик 2. В зависимости от конструкции детали и требований шероховатости поверхности провести настройку профилографа-профилометра.

Выбрать базовую длину для определения параметров шероховатости. Записать профилограмму поверхности на самописце.



Измерить соответствующие высоты и шаги неровностей и подсчитать действительные значения указанных параметров

Сделать **эскиз** детали с указанием действительных параметров шероховатости.

Сравнить полученные результаты с указанными на чертеже. Дать заключение о годности детали.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Наименование, цель, задание.
2. Принципиальная схема профилографа-профилометра.
- 3. Профиллограмма.**
4. Деталь с обозначением шероховатости поверхности.
5. Заключение о годности детали.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется шероховатостью поверхности'?
2. Какими параметрами нормируется шероховатость?
3. Как обозначаете шероховатость на чертежах"?
4. Какой из высотных параметров шероховатости является предпочтительным и почему⁰
5. От чего зависит шероховатость поверхности?
6. Что такое базовая длина и как она выбирается
7. каким условием определяется положение средней линии
8. Как назначаются числовые параметры шероховатости.