

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Белорусский национальный технический университет

Кафедра «Технология машиностроения»

М.А. Кравчук, С.Э. Крайко, В.К. Шелег

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

**Методические указания к лабораторной работе по курсу «Технология
машиностроения»**

Минск

БНТУ

2019

УДК 621.81-408: 621:53.08 (076.5)(075.8)

ББК 34.44 Я7

К18

Рецензент профессор кафедры «Технология металлов» БГАТУ, д.т.н. Л.М. Акулович

Указания разработаны в соответствии с образовательным стандартом и рабочей программой учебной дисциплины «Технология машиностроения» для студентов дневной и заочной форм получения образования специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и студентов дневной формы получения образования специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств» (по направлениям).

Студенты в ходе выполнения лабораторной работы изучают вопросы стандартизации шероховатости поверхности, параметры для количественной оценки и нормирования шероховатости поверхности, основные требования и способы измерения шероховатости обработанной поверхности. Методические указания содержат необходимые требования по общей организации лабораторной работы и указания по проведению необходимых измерений.

Оглавление

1. Основные положения.....	4
1.1. Стандартизация шероховатости поверхности.....	4
1.2. Шероховатость поверхности и её параметры	6
1.2.1. Параметры, установленные ГОСТ 2789-73 для количественной оценки и нормирования шероховатости.....	6
1.2.2. Основные требования к шероховатости поверхности.....	9
1.2.3. Обозначение допустимой шероховатости на чертежах.	11
1.3. Способы измерения шероховатости поверхности.....	12
1.3.1. Контактные щуповые приборы.	15
1.3.2. Прибор для контроля шероховатости модели Perthometer M.....	17
2. Методические указания	19
3. Порядок проведения работы.....	20
4. Содержание отчета.....	20
5. Контрольные вопросы.....	20
ЛИТЕРАТУРА	21
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Примеры обозначения шероховатости поверхности на чертежах приведены.....	22
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Тип направления неровностей.....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Значения шероховатости поверхности деталей при механических методах обработки.	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Сопоставление параметров последней версии ИСО 4287 с предыдущей и с ГОСТ 25142-82.....	25

Лабораторная работа

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Цель работы: Изучение характерных особенностей микрорельефа, возникающего в результате механической обработки поверхностей деталей машин, и практическое освоение методики определения высотных и шаговых параметров шероховатости поверхности.

Работа рассчитана на два академических часа.

1. Основные положения

1.1. Стандартизация шероховатости поверхности

Качество деталей определяется допуском на размер, допуском формы, допуском расположения и параметрами шероховатости поверхности. Из перечисленных показателей качества в настоящее время самым сложным в нормировании, измерении и метрологическом обеспечении является шероховатость поверхности деталей машин.

Именно шероховатость поверхности определяет многие функциональные свойства поверхности: качество сопряжения (посадки); износостойчивость (износостойкость); контактную прочность; светоотражательную способность; теплопередачу; удержание смазки; адгезию и др.

Требования к поверхности устанавливаются с целью обеспечения требуемых её функциональных свойств. Эта информация необходима конструкторам и технологам и решается с помощью выбора номенклатуры параметров и назначения их числовых значений, которые, в свою очередь, должны быть обеспечены технологом в процессе изготовления поверхности при соответствующем выборе инструмента и оборудования.

В настоящее время существует два основных метода измерений параметров шероховатости — оптический (бесконтактный) и щуповой. Оба являются профильными. В последнее время получают развитие топографические (трехмерные-3D) методы измерений шероховатости поверхности. Приборы для контроля шероховатости поверхности стали применяться в промышленности, в первую очередь, авиационной, автомобильной и шарикоподшипниковой в 30-х годах XX века. Первые приборы были оптические, среди них — двойной микроскоп светового сечения, разработанный в СССР (акад. В. Линник) и в Германии (Г. Шмальц) в 1932 году. Наибольшее распространение, однако, в дальнейшем получили

приборы, основанные на щуповом методе оценки шероховатости поверхности. Первый такой прибор был выпущен в США (Е. Аббот и Ф. Файерстон) в 1933 году. Вскоре в Германии начался выпуск приборов “Пертометр” (Д. Пертен), в Англии в 1942 году начал серийно выпускаться прибор “Талисёрф” (Р. Ризон), первый японский щуповой прибор “Серфкодер” (Косака) появился в середине 40-х годов. Производство профилографов-профилометров в СССР началось на московском заводе “Калибр” в 50-х годах. Преимущественное распространение приборов, основанных на профильных методах измерений шероховатости, в значительной мере предопределило направление развития стандартизации в области шероховатости поверхности. В 30-40 годы национальные стандарты на шероховатость поверхности появились во многих странах. В основу классификации шероховатости в стандартах был положен профиль поверхности и параметры, имеющие размерность длины.

В СССР первый стандарт, устанавливающий требования к чистоте поверхности, ОСТ ВКС 7540, был выпущен в 1928 г. Он предусматривал подразделение обработанных поверхностей на четыре группы, задаваемые треугольными символами (от одного до четырех) и базировался на визуальной оценке чистоты поверхности.

В 1945 году был введен ГОСТ 2789-45, который содержал параметры H_{sk} (R_a) — среднее квадратическое отклонение профиля, и H_{max} (R_{max}) — максимальная высота неровностей.

Для оценки шероховатости поверхности в соответствии с ГОСТ 2789-59 были установлены параметры: R_a - среднее арифметическое отклонение профиля от средней линии, проведенной по методу наименьших квадратов в пределах базовой длины, R_z - высота неровностей по 10 точкам и 14 классов шероховатости. В ГОСТ 2789-73, действующем в настоящее время, для нормирования требований к шероховатости поверхности стандартизовано 6 параметров: три высотных — R_a , R_z , R_{max} , два шаговых — S , S_m и параметр t_p (средняя высота неровностей).

Современные лабораторные приборы дают возможность определять значения десятков параметров. Все измеряемые параметры определяются в результате обработки (расчета) измеренных координат профиля поверхности. При практическом отсутствии ограничений и с появлением для таких расчетов вычислительной техники возникают предпосылки разработки новых параметров и их стандартизации.

В настоящее время в области шероховатости поверхности действуют 14 стандартов ИСО. В них регламентированы основные термины и определения параметров шероховатости, волнистости и формы, номинальные характеристики измерительных приборов, правила выполнения измерений параметров шероховатости, методы и средства калибровки приборов для измерений параметров шероховатости и отклонений формы, терминология в области изъянов поверхности, способы обозначения шероховатости на чертежах.

В последние годы некоторые страны, в основном в Европе, приняли стандарты ИСО в качестве национальных, с соответствующим обозначением. Так ISO/DIN/BS обозначает, что стандарт является международным, а также национальным стандартом Германии и Англии.

1.2. Шероховатость поверхности и её параметры

1.2.1. Параметры, установленные ГОСТ 2789-73 для количественной оценки и нормирования шероховатости

Шероховатость поверхности оценивается по неровностям профиля, получаемого путем сечения реальной поверхности плоскостью, перпендикулярной к ней. На рисунке 1.2.1 представлена типичная профилограмма шероховатости поверхности.



Рис.1.2.1. Профилограмма шероховатости поверхности

Базой для отсчета отклонений профиля является **средняя линия профиля $m-m$** – линия, имеющая форму номинального профиля и проведенная так, что в пределах базовой длины среднее квадратичное отклонение профиля от этой линии минимально, т.е. должно быть обеспечено равенство суммы площадей выступов ($F_{\text{выст}}$) и впадин ($F_{\text{впад.}}$), определенных по профилограмме относительно средней линии (рис.1.2.2.).

Параметры шероховатости условно подразделяются на две основные группы: высотные (R_a , R_z , R_{max}) и шаговые (S_m , S , t_p).

На рисунке 1.2.2 представлена профилограмма шероховатости поверхности для количественной ее оценки.

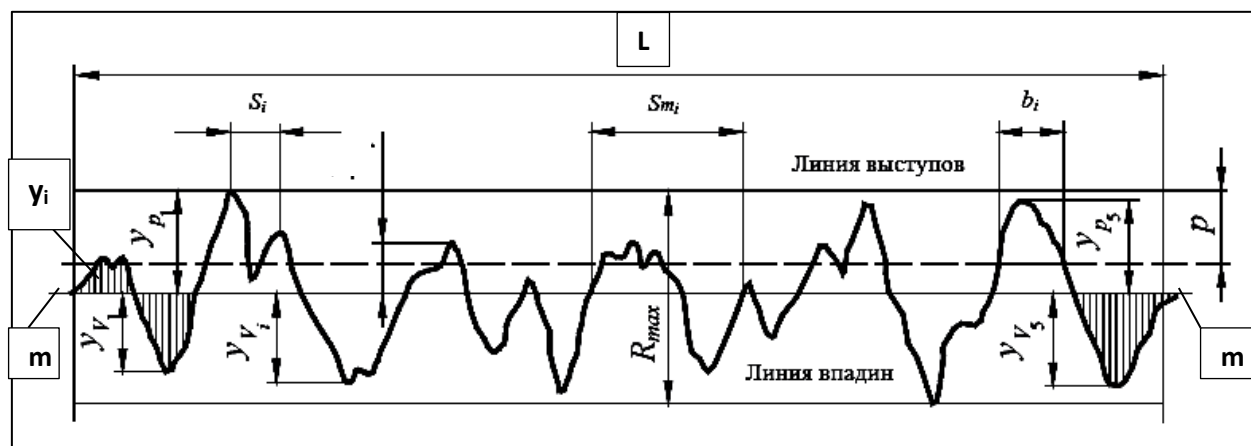


Рисунок 1.2.2. Параметры шероховатости поверхности.

(m - m – средняя линия профиля; L – базовая длина; y_i – значение отклонения профиля в пределах базовой длины; y_{p1} - y_{p5} – высота i -го наибольшего выступа профиля; y_{v1} - y_{v5} – глубина i -той наибольшей впадины профиля; R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля; S_i – шаг неровностей профиля по вершинам; S_{mi} – шаг неровностей профиля; b_i – отрезки, отсекаемые на заданном уровне, линией p , равностоящей от средней линии).

Шероховатость поверхности (ГОСТ 2789-73) – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине L (рис.1.2.2.). Базовой длиной L называют длину базовой линии, используемой для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и количественного определения ее параметров. Числовые значения базовой длины L выбирают из ряда (0,01); (0,03); 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8; (25) мм (значения, указанные в скобках, применять в особых случаях). Количественно шероховатость поверхности можно оценивать одним или несколькими параметрами: средним арифметическим отклонением профиля R_a , высотой неровностей профиля по десяти точкам R_z , наибольшей высотой неровностей профиля R_{max} , средним шагом неровностей профиля S_m и средним шагом неровностей профиля по вершинам S , относительной опорной длиной профиля t_p (рис.2.2).

Параметр R_a является параметром, характеризующим среднюю высоту всех неровностей профиля, R_z – среднюю высоту наибольших неровностей и R_{max} – наибольшую высоту профиля. Шаговые параметры (S_m , S и t_p) введены

для учета различной формы и взаимного расположения характерных точек неровностей.

Высотные параметры шероховатости:

1. R_a - среднее арифметическое отклонение профиля определяется как среднее арифметическое значение абсолютных значений отклонений профиля y в пределах базовой длины из выражения:

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

где n – число отклонений профиля y .

2. R_z - высота неровностей профиля по десяти точкам – это среднее значение абсолютных высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины и определяется из выражения:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}| \right);$$

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

3. R_{max} - наибольшая высота неровностей профиля, определяется как наибольшее расстояние между линией выступов и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

Шаговые параметры шероховатости:

4. S_m – средний шаг неровностей профиля. Определяется как среднее арифметическое значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины (за шаг S_{mi} неровностей профиля принимается отрезок средней линии, заключенный между точками пересечения смежных выступов и впадин профиля со средней линией) из выражения:

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

5. S – средний шаг неровностей профиля по вершинам. Определяется как среднее арифметическое значений шага S_i неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины (за шаг S_i неровностей

профиля по вершинам принимается длина отрезка средней линии, заключенного между проекциями на нее наивысших точек соседних выступов профиля) из выражения:

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

6. t_p – относительная опорная длина профиля. Определяется как отношение суммы длин отрезков b_i , отсекаемых на заданном уровне линией, равностоящей от средней линии и расположенной на заданном расстоянии p от линии выступов профиля (уровне сечения p) к базовой длине L . Уровень сечения p профиля обычно выбирают из ряда: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 % от R_{max} .

Относительная опорная длина профиля является одним из параметров, служащих для оценки фактической площади контакта поверхности после процесса приработки и определяется из выражения:

$$t_p = \left(\frac{1}{l} \sum_{i=1}^n b_i \right) \cdot 100\% .$$

Относительная опорная длина профиля t_p может быть равна 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90% от R_{max} .

1.2.2. Основные требования к шероховатости поверхности.

Требование к шероховатости поверхности устанавливают одним из способов: указывая наибольшее допустимое значение параметра; диапазон значений параметра; номинальное значение одного или нескольких параметров, а также указания величины базовой длины, на которой необходимо определять параметры шероховатости. В общем случае значение L выбирают по допустимым R_a , R_z и R_{max} , которые должны быть определены на базовой длине, указанной в таблице 1.2.1

Таблица 1.2.1.. Соотношение значений параметров R_a , R_z , R_{max} и базовой длины L по ГОСТ 2789-73.

R_a , мкм	R_z, R_{max} , мкм	L , мм
До 0,025	До 0,10	0,08
Свыше 0,025 до 0,4	Свыше 0,10 до 1,6	0,25
Свыше 0,4 до 3,2	Свыше 1,6 до 12,5	0,8
Свыше 3,2 до 12,5	Свыше 12,5 до 50	2,5
Свыше 12,5 до 100	Свыше 50 до 400	8,0

При нормировании шероховатости предпочтительным является параметр R_a , который более информативно, чем R_z и R_{max} , характеризует неровности профиля, поскольку определяется по всем точкам профиля.

Параметры R_z и R_{max} нормируют в тех случаях, когда по функциональным требованиям необходимо ограничить полную высоту неровностей профиля, а также когда прямой контроль параметра с помощью профилометров или образцов сравнения не представляется возможным, например для поверхностей, имеющих малые размеры или сложную конфигурацию (режущие кромки инструментов, детали часов и др.).

Для ответственных поверхностей проводится нормирование не только высотных параметров, но и шаговых S_m , S и t_p , так как они обеспечивают некоторые их эксплуатационные свойства (таблица 1.2.2.)

Таблица 1.2.2. Эксплуатационные свойства поверхности и обеспечивающая их номенклатура параметров шероховатости.

Эксплуатационное свойство поверхности	Параметры шероховатости поверхности и характеристики, определяющие эксплуатационное свойство
Износоустойчивость при всех видах трения	R_a (R_z), направление неровностей (приложение 2)
Виброустойчивость	R_a (R_z), S_m , S , направление неровностей (приложение 2)
Контактная жесткость	R_a (R_z), t_p
Прочность соединения	R_a (R_z)
Прочность конструкции при циклических нагрузках	R_{max} , S_m , S , направление неровностей (приложение 2)
Герметичность соединений	R_a (R_z), R_{max} , t_p

При назначении параметров шероховатости поверхностей следует проверить возможность их достижения в связи с рациональными методами обработки детали. Как правило, следует применять наибольшую шероховатость, допускаемую конструкторскими требованиями. В противном случае может значительно увеличиться стоимость обработки, что может быть компенсировано лишь повышением качества изделия. В некоторых же случаях повышение требований к шероховатости может

оказаться не только не рентабельным, но и недопустимым. Например, при слишком гладких сопрягаемых поверхностях может возникнуть явление «схватывание», при котором частицы металла отрываются от поверхностного слоя трущихся поверхностей. Для таких поверхностей следует нормировать оптимальную исходную шероховатость, которая должна быть близкой к получаемой в процессе приработки.

Обычно обработать отверстие труднее, чем вал. Это часто учитывается назначением различной шероховатости поверхности сопрягаемых деталей. У отверстий шероховатость несколько выше. Правильное решение, принимаемое при выборе параметров шероховатости поверхности деталей, а также при выборе методов обработки, обеспечивающих получение поверхностей с заданной шероховатостью, оказывает серьёзное влияние на качество конструкции, её технологичность и позволяет установить наиболее экономичные методы изготовления деталей (таблица приложения 1).

Для обеспечения условий взаимозаменяемости назначение шероховатости сопряжённых поверхностей может производиться в зависимости от точности сопряжения (выбранной посадки) и точности обработки (выбранного качества).

1.2.3. Обозначение допустимой шероховатости на чертежах.

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей детали, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции. Допустимые величины всех параметров шероховатости, за исключением тех, которые выражены в процентах, должны проставляться в микрометрах (мкм). В приложении 1 приведены примеры обозначения шероховатости поверхности на чертежах, а в приложении 2 – тип направления неровностей, возникающих при обработке деталей.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рис. 1.2.3.

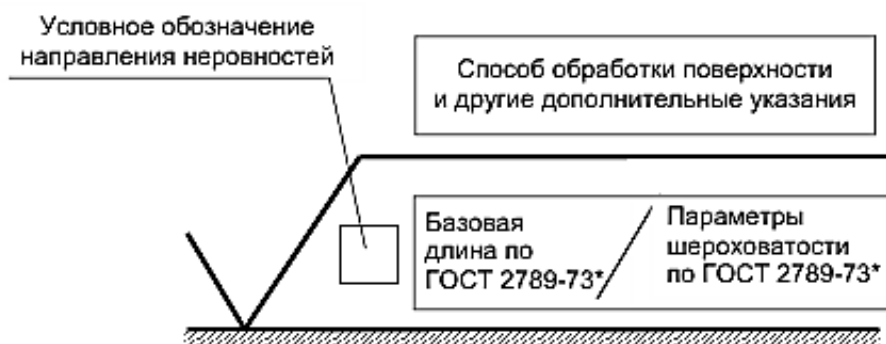
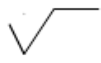
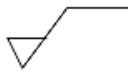


Рис. 1.2.3. Структура обозначения шероховатости.

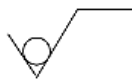
Знаки, применяемые для обозначения шероховатости на чертеже



– знак, наиболее предпочтительный, соответствующий обычному условию нормирования шероховатости, когда метод обработки поверхности чертежом не регламентируется.



– знак, показывающий, что поверхность образована путем удаления слоя металла (токарная и фрезерная обработка, протягивание, сверление и т.д.).



– знак, показывающий, что поверхность образована без снятия слоя металла (ковка, штамповка и т. д.).



– знак, показывающий, что поверхность не обрабатывается по данному чертежу.

1.3. Способы измерения шероховатости поверхности

Существует ряд способов измерения шероховатости обработанной поверхности.

Сравнительный бесконтактный метод

Способ основан на сравнении измеряемой поверхности с образцами шероховатости, регламентированными ГОСТ 9378-93. Стандарт распространяется на образцы шероховатости поверхности, предназначенные для сравнения визуально и на ощупь с поверхностями изделий, полученными обработкой резанием, полированием, электроэрозионной, дробеструйной и пескоструйной обработкой.

Образцы шероховатости комплектуются наборами (образцы для шлифования, точения и расточки, фрезерования, строгания, электроэрозионной обработки, дробеструйной и пескоструйной обработки и полирования). К каждому набору образцов прилагают паспорт, содержащий перечень образцов, входящих в набор, воспроизводимые способы обработки и значения параметров шероховатости.

Этот метод является простым и доступным, обеспечивает достоверность контроля при $Ra > 1,25$ и широко применяется в цеховых условиях. Для повышения точности оценки используют сравнительные микроскопы, в которых ставят рядом образец и контролируемую деталь.

Вместо образцов шероховатости могут быть применены аттестованные образцовые детали. Этот метод применяется в единичном производстве.

Бесконтактный оптический метод

Оптический метод представляет собой измерение параметров шероховатости бесконтактными оптическими приборами, действие которых основано на принципе одновременного преобразования профиля поверхности, предназначенные для измерения параметров R_{max} , R_z , S . Согласно ГОСТ9847-79 применяются следующие типы оптических приборов: ПТС - прибор теневого свечения, ПСС – прибор светового свечения (например, прибор МИС-11 системы В.П.Линника), МИИ – микроскоп интерференционный измерительный, действие которого основано на двулучевой интерференции света (например, МИИ-4, МИИ-5, МИИ-10), МПИ – микроскоп-профилометр интерференционный, действие которого основано на интерференции света с образованием полос равного хроматического порядка. Диапазон измерений параметров шероховатости приборами различного типа должен соответствовать пределам измерений, представленным в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1. Диапазон измерений параметров шероховатости.

Тип прибора	Параметр шероховатости	Пределы измерений
ПТС	R_z, R_{max}	40...320 мкм
	S	0,2...1,6 мм
ПСС	R_z, R_{max}	0,5...40 мкм
	S	0,002...0,5 мм
МИИ	R_z, R_{max}	0,05...0,8 мкм
	S	0,002...0,05 мм
МПИ	R_z, R_{max}	0,05...0,8 мкм

Метод светового свечения при измерении параметров неровности применяется наиболее часто и заключается в следующем. Исходящий от источника света световой поток преобразуется в тонкий пучок, проходя через узкую щель. Далее он с помощью объектива под определённым углом направляется на исследуемую поверхность. Отраженный луч снова проходит через объектив и формирует изображение щели в окуляре. Абсолютно ровная поверхность соответствует идеально прямой светящейся линии, шероховатая поверхность – искривлённой.

Теневой метод является «продолжением» светового: на небольшом расстоянии от изучаемой поверхности устанавливается линейка, ребро которой скошено. Пучок света проходит тот же путь, однако, словно ножом срезается ребром. На контролируемой поверхности появляется тень, верхняя часть которой точно повторяет изучаемый профиль. Рассматривая это изображение в микроскоп, делают выводы о характере и параметрах шероховатости.

Измерение шероховатости методом слепков

При оценке шероховатости поверхностей сложной формы и в случае трудного доступа к исследуемой поверхности применяют так называемый метод слепков, заключающийся в снятии копий поверхностей для последующего измерения по ним высоты неровностей. Специально подготовленную массу будущего слепка с силой прикладывают к измеряемой поверхности. В качестве материала для изготовления слепков применяют целлулоид, легкоплавкие сплавы, воск, парафин, гипс-хромпик и пр. После застывания масса отделяется от поверхности и получается слепок, зеркально повторяющий неровности измеряемой поверхности. Для измерения шероховатости поверхности слепка, характеризующего шероховатость измеряемой поверхности, применяются преимущественно бесконтактные методы.

Контактный (щуповой) метод

Большое распространение для определения параметров шероховатости поверхности контактным методом получили щуповые приборы, работающие по методу ощупывания поверхности алмазной иглой. Ось иглы располагают по нормали к поверхности. Опускаясь во впадины, а затем поднимаясь на выступы во время движения ощупывающей головки по испытываемой поверхности, игла колеблется относительно головки

соответственно огибаемому профилю. Механические колебания иглы преобразуются, как правило, в электрические при помощи электромеханического преобразователя того или иного типа. Снятый с преобразователя полезный сигнал усиливают, а затем измеряют его параметры, характеризующие неровности исследуемой поверхности (профилометрирование), или записывают параметры профиля поверхности в заранее выбранных вертикальном и горизонтальном масштабах (профилографирование).

Щуповые электромеханические приборы, предназначенные для измерений параметров шероховатости поверхности, называют профилометрами, а такие же приборы для записи неровностей поверхности – профилографами. Профилографы-профилометры позволяют не только записывать профиль поверхности, но и измерять параметры шероховатости.

В щуповых приборах для измерения параметров шероховатости поверхности применяются индукционные, индуктивные, электронные и пьезоэлектрические преобразователи механических колебаний иглы в электрические сигналы.

1.3.1. Контактные щуповые приборы.

Структурная схема контактных щуповых приборов показана на рис.1.3.1.

Приведенные ниже термины взяты из стандарта ИСО 3274:1996.

Щуповой прибор (stylus instrument) — средство измерений для исследования поверхностей посредством щупа и получения отклонений в виде профиля поверхности, вычисления параметров и возможной записи профиля.

Измерительный контур (measurement loop) — замкнутая цепь, которая включает все механические компоненты, связывающие деталь и щуп, например, основание прибора, держатель детали, измерительную стойку, привод, датчик.

Жесткость измерительного контура — обязательное условие для обеспечения измерения шероховатости поверхности. Любая деформация внутри измерительного контура — погрешность измерения шероховатости поверхности.

Привод (drive unit) — элемент прибора, который перемещает датчик вдоль измерительной поверхности и передает горизонтальное положение щупа в

форме горизонтальной координаты профиля. Приводы характеризуются наибольшей длиной трассирования.

Датчик (probe, pick-up) — элемент, который содержит щуп с иглой, преобразователь (и опору для опорных датчиков).

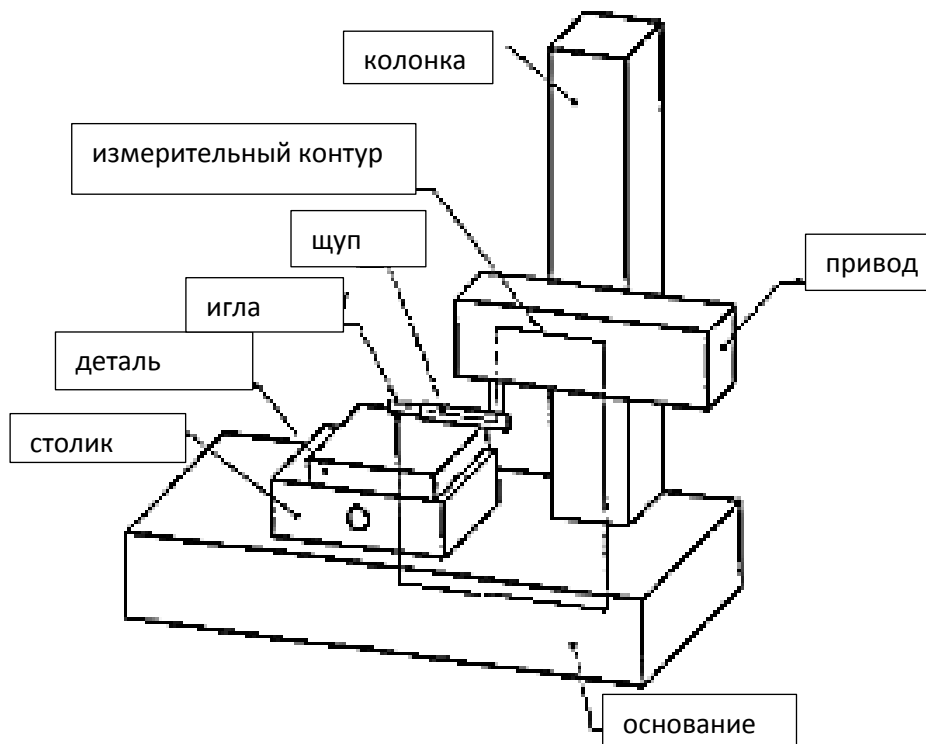


Рис. 1.3.1. Структурная схема щуповых приборов

Игла (stylus) — элемент, состоящий из номинально правильного конуса с определенным углом и номинально сферической вершиной определенного радиуса. Игла является очень важным элементом в определении профиля щуповыми приборами.

Преобразователь (transducer) — устройство, которое преобразует вертикальные координаты ощупанного профиля, определенные относительно базового профиля, в сигнал, используемый в приборе. Преобразователь не осуществляет преднамеренной модификации профиля.

Усилитель (amplifier) — устройство, преобразующее сигнал в приборе без преднамеренного преобразования профиля.

Аналого-цифровой преобразователь АЦП (A to D converter) — устройство, которое превращает форму сигнала, присутствующую в приборе, в цифровое значение.

Ввод данных (data input) — интерфейс прибора, который позволяет ввести один или несколько типов профиля из внешнего компьютера.

Вывод данных (data output)— интерфейс прибора, который позволяет вывести один или несколько типов профиля во внешний компьютер.

1.3.2. Прибор для контроля шероховатости модели Perthometer M.

Прибор предназначен для определения параметров шероховатости поверхности контактным щуповым методом (рис.1.3.2.).

- Портативный прибор с миниатюрным выносным датчиком.
- Работа прибора основывается на использовании удобной функциональной программы, которая позволяет осуществить необходимую настройку прибора (установка условий измерения, выбор языка, выбор параметров для распечатки результатов измерений и т.д.).
- Возможность определения периодических и аperiodических профилей.
- Установка длины оценки в соответствии со стандартами без предварительных настроек.
- Встроенный принтер позволяет распечатывать результаты измерений сразу после их выполнения.
- Подсоединение Perthometer M напрямую к ПК через последовательный интерфейс (стационарный вариант применения).



Perthometer M1



Perthometer M2

Рис. 1.3.2. Две модификации прибора Perthometer M: M1 и M2

Отличия Perthometer M2 от Perthometer M1:

- Большое количество измеряемых параметров.
- Имеет встроенную память для хранения более 200 измеренных результатов.
- Позволяет производить контроль допусков, выбор вертикальной шкалы и определение ассиметричны линий пересечения для расчета количества пиков.

Прибор применяется для измерения шероховатости поверхности таких деталей, как наружные поверхности вращения, внутренние поверхности вращения, зубчатые колеса и др. (рис. 1.3.3.).



Рис.1.3.3. Применение прибора Perthometer M2 для измерения шероховатости поверхности различных деталей машин.

Таблица 1.3.2. Технические характеристики приборов

Характеристика	M1	M2
Принцип измерения	Щуповой метод с PFM и PFM2	
Скорость трассирования, мм/сек	0,5	
Диапазон измерения	100x150	
Разрешение профиля, мм	12	
Фильтр	Гаусса	
Длина волны (отсечка шага), мм	0,25/0,8/2,5	
Короткая отсечка шага	По выбору	
Длина трассирования согласно DIN/ISO, мм	1,75/5,6/17,5	
Выбор количества базовых длин	По выбору от 1 до 5	
Параметры	DIN/ISO/ASME: $R_a, R_z, R_{max}, R_{p-c}, JIS, R_k, R_z$	DIN/ISO/ASME: $R_a, R_z, R_{max}, R_{p-c}, R_k, R_z, R_q, R_p, R_t, R_{3z}, R_{mr}, M_{r1}, M_{r2}$
Содержание протокола	R-профиль, измеренные параметры	R-профиль, MRC, P-профиль, измеренные параметры

Приборы построены на применении микропроцессорной техники. Результаты измерений выводятся на жидкокристаллический дисплей и на

принтер. Приборы имеют выход на внешний компьютер. Для расширения области использования прибор снабжается различными типами датчиков, которые различаются размером корпуса, расположением и формой опор. Особенности прибора являются автономное питание и возможность измерения параметров шероховатости на плоскостях, ориентированных под разными углами в пространстве.

Прибор прост в работе: упрощены процедуры установки и измерения, режимы и список параметров измерения вводятся с мембранной клавиатуры. Блок обработки данных имеет цифровой и графический выходы и встроенный принтер. Распечатываемый протокол измерений содержит не только численные значения измеряемых параметров, но и условия их получения. Профилограмма профиля значительно расширяет представления об измеряемой поверхности.

2. Методические указания

В задании на выполнение работы студенту выдается готовая профилограмма поверхности, полученной одним из видов механической обработки. На профилограмме произвести разметку микропрофиля поверхности для определения высотных и шаговых параметров: $m-m$ – средняя линия профиля; L – базовая длина; y_i – отклонения профиля в пределах базовой длины (для определения R_a); $y_{p1}-y_{p5}$ – высота i -го наибольшего выступа профиля, $y_{v1}-y_{v5}$ – глубина i -той наибольшей впадины профиля (для определения R_z); линия выступов и линия впадин (для определения R_{max}); S_{mi} – шаг неровностей профиля (для определения S_m); S_i – шаг неровностей профиля по вершинам (для определения S); b_i – отрезки, отсекаемые на заданном уровне, линией p , равностоящей от средней линии (для определения t_p). Разметка выполняется карандашом в тонких линиях.

Изучить руководство к лабораторной работе. Вместе с инженером ознакомиться с порядком работы на профилометре мод. Perthometer M2 и проконтролировать точность измерений прибора эталоном шероховатости.

Измерить шероховатость поверхности выданных образцов на приборе. На основании анализа результатов измерений сделать выводы о состоянии поверхности и способах обработки данной поверхности, используя приложение 3 и приложение 4.

3. Порядок проведения работы

1. Произвести разметку микропрофиля поверхности на профилограмме для определения высотных и шаговых параметров шероховатости (y_i , y_{pmi} , y_{vmi} , R_{max} , S_{mi} , S_i и b_i). Приблизительно, при графической обработке профилограммы в качестве средней линии профиля принять линию, проходящую вдоль профилограммы и делящую размер R_{max} пополам.

2. Измерить шероховатость поверхности выданных образцов на профилометре мод. Perthometer M2, сделать распечатку на встроенном принтере. Используя приложение 3 и приложение 4 сделать выводы о способах обработки выданных образцов.

3. Написать отчет.

4. Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Профилограмма с разметкой высотных и шаговых параметров.
4. Расчетные формулы для определения высотных и шаговых параметров шероховатости по ГОСТ 2789-73.
5. Результаты измерений на профилометре мод. Perthometer M2.
6. Выводы о состоянии и способе обработки данной поверхности.

5. Контрольные вопросы.

1. Назовите высотные и шаговые параметры шероховатости поверхности. В каких единицах они измеряются?

2. Какие величины определяются по профилограмме для расчета параметра R_a ?

3. Какие величины определяются по профилограмме для расчета параметра R_z ?

4. Как определить параметр t_p ?

5. Выбор параметров нормирования шероховатости поверхности для характеристики эксплуатационных свойств поверхности?

5. Какие способы существуют для измерения шероховатости?

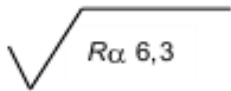
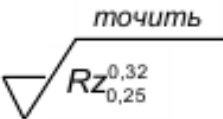
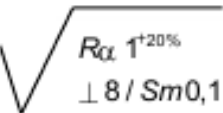
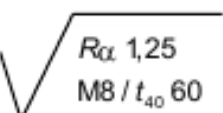
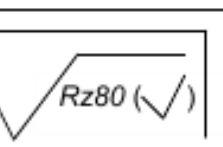

6. Назовите основные узлы конструкции профилометра мод. Perthometer M2?

8. Опишите методику измерений шероховатости поверхности на профилометре мод. Perthometer M2?



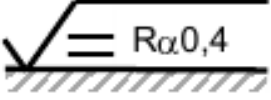





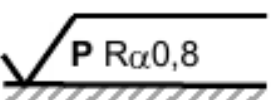
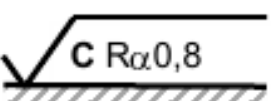
ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 2789-73*. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики. – Введ. 1973 – 04 – 23. – М.: Изд-во стандартов, 1973.
2. ГОСТ 2.309-73*. ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей. – Введ. 1973 – 11 – 09. – М.: Изд-во стандартов, 1973.
3. ГОСТ 25142-73*. Шероховатость поверхности. Термины и определения. – Введ. 1982 – 02– 18. – М.: Изд-во стандартов, 1982.
4. Палей, М.А. Допуски и посадки: справочник. В 2 ч. / М.А. Палей, А.Б. Романов, В.А. Брагинский. – 8-е изд., перераб. и доп. – СПб: Политехника, 2001. – 576 с.
5. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Аристов, Л.И. Карпов, В.М. Приходько, Т.М. Раковщик. – 4-е изд., стереот. – М.: Академия, 2008. – 384 с.
6. Анухин, В.И. Допуски и посадки: учеб. пособие / В.И. Анухин. – 5-е изд. – СПб: Питер, 2012. – 256 с.
7. Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 256 с. + CD-R.
8. Колчков, В.И. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник / В.И. Колчков. – М.: ФОРУМ; Инфра-М, 2013. – 432 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Примеры обозначения шероховатости поверхности на чертежах приведены

Обозначение шероховатости на чертеже по ГОСТ 2.309-73	Указания по обозначению шероховатости:
	<p>Шероховатость по параметру R_a должна быть не более 6,3 мкм; базовая длина 2,5 мм при этом может не указываться, п. 2.3.2</p>
	<p>Шероховатость поверхности по параметру R_z должна быть в пределах 0,32...0,25 мкм; базовая длина 2,5 мм может не указываться (п. 2.3.2); единственно возможный способ обработки – точение</p>
	<p>Шероховатость 1 мкм по параметру R_a может иметь отклонения не более 20%, т.е. быть от 1 до 1,2 мкм; базовая длина 0,25 мм может не указываться (п. 2.3.2); параметр S_m – не более 0,1 мм при измерении на базовой длине 0,8 мм; направление неровностей – перпендикулярное</p>
	<p>Шероховатость поверхности по параметру R_a – не более 1,25; базовая длина 0,25 мм не указывается (п. 2.3.2); относительная опорная длина профиля при уровне сечения 40% должна быть не менее 60% при измерении на базовой длине 0,8 мм; направление неровностей – произвольное</p>
	<p>Обозначение располагается в правом верхнем углу чертежа и обозначает требования по параметру шероховатости R_z – не более 80 мкм для всех поверхностей на чертеже, не имеющих обозначения шероховатости, на базовой длине 0,8 мм (п. 2.3.2)</p>
	<p>Поверхность не подвергается механической обработке по данному чертежу (в состоянии поставки). При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки</p>

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Тип направления неровностей.

Тип направлений неровностей	Условное обозначение	Схематическое изображение	Обозначение на чертеже
Параллельное			
Перпендикулярное			
Перекрещивающееся			
Произвольное	M		
Точечное	P		
Кругообразное	C		
Радиальное	R		

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Значения шероховатости поверхности деталей при механических методах обработки.

Обрабатываемые поверхности	Методы обработки		Параметры шероховатости													
			Rz					Ra					Rz			
			320	160	80	40	20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,160	0,080	0,040	0,100	
Наружные цилиндрические	Обтачивание	Предварительное														
		Чистовое														
		Тонкое														
	Шлифование	Предварительное														
		Чистовое														
		Тонкое														
	Притирка	Грубая														
		Средняя														
		Тонкая														
	Отделка абразивным полотном															
Обкатывание роликом																
Шлифование																
Суперфиниширование																
Внутренние цилиндрические	Растачивание	Предварительное														
		Чистовое														
		Тонкое														
	Сверление															
	Зенкерование	Черновое (по корке)														
		Чистовое														
	Развертывание	Нормальное														
		Точное														
		Тонкое														
	Протягивание															
	Внутреннее шлифование	Предварительное														
		Чистовое														
	Калибрование шариком															
Притирка	Грубая															
	Средняя															
	Тонкая															
Шлифование Притирка Хонингование	Нормальное															
	Зеркальное															
Плоскости	Строгание	Предварительное														
		Чистовое														
		Тонкое														
	Цилиндрическое фрезерование	Предварительное														
		Чистовое														
		Тонкое														
	Торцовое фрезерование	Предварительное														
		Чистовое														
		Тонкое														
	Торцовое точение	Предварительное														
		Чистовое														
		Тонкое														
	Плоское шлифование	Предварительное														
		Чистовое														
	Притирка	Грубая														
		Средняя														
		Тонкая														

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Сопоставление параметров последней версии ИСО 4287 с предыдущей и с ГОСТ 25142-82

Параметры	ИСО 4287: 1997	ГОСТ 2789- 73	Определяется в пределах	
			Длина оценка	Базовая длина
Среднее арифметическое из абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины		R_a		X
Средняя шероховатость	R_a			X
Сумма средних абсолютных значений пяти наибольших выступов в профиле и пяти наименьших впадин в пределах базовой длины		R_z		X
Высота по 10 точкам	R_z			X
Наибольшая высота неровности профиля или расстояние между линией выступов и линии впадин		R_{max}	X	
Максимальная высота профиля	R_t		X	
Средний шаг неровностей профиля		S_m		X
Средний шаг неровности по вершинам		S		X
Относительная опорная длина профиля		t_p		X
Среднеквадратичная шероховатость	R_q			X
Ассиметрия	$R_{\lambda k}$			X
Эксцесс	R_{ku}			X
Максимальная высота пика профиля	R_p			X
Максимальная глубина впадин профиля	R_v			X