

ВВЕДЕНИЕ

Шероховатость поверхности является одной из основных геометрических характеристик качества поверхности деталей и оказывает влияние на эксплуатационные показатели.

Качество поверхности является одним из важнейших факторов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства деталей машин и приборов, и обуславливается свойствами металла и методами обработки.

Основными целями при выполнении лабораторной работы являются: закрепление знаний, полученных в процессе самостоятельной работы; развитие навыков в применении теоретических знаний для решения практических задач по измерению и расчету шероховатости поверхности и в работе со справочной литературой.

Задачи работы:

- 1) изучить параметры шероховатости;
- 2) изучить устройство приборов, применяемых для измерения шероховатости, и область их применения;
- 3) научиться производить измерения с помощью данных приборов.

Оснащение рабочего места:

- двойной микроскоп МИС-11, интерферометр ММИ-4 и профилометр портативный модели 253;
- плакаты;
- объекты измерения;
- справочная литература.

Лабораторная работа подразделяется на два этапа – подготовительный и исполнительный.

Подготовительный этап включает:

- 1) повторение пройденного материала на тему «Нормирование точности волнистости и шероховатости поверхности»;
- 2) изучение содержания данных методических указаний;
- 3) оформление отчета с указанием темы лабораторной работы, ее цели, общих сведений о шероховатости поверхности, ее параметрах и одного из средств измерения;
- 4) построение необходимых эскизов объектов измерений и таблиц для записи результатов измерения.

Исполнительный этап включает практическую работу по измерению параметров шероховатости с помощью имеющихся средств измерения и оформление отчета.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. НОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

1.1. Понятие о шероховатости поверхности

Шероховатость поверхности – это совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами на базовой длине l .

Шероховатость поверхностей регламентируется следующими стандартами:

- **ГОСТ 25142-82.** Шероховатость поверхностей. Термины и определения;

- **ГОСТ 2789-73.** Шероховатость поверхностей. Параметры и характеристики;

- **ГОСТ 2.309-73.** Обозначения шероховатости поверхностей.

Требования стандартов распространяются на поверхности изделий, изготовленных из любых материалов и любыми методами (имеются в виду традиционные методы металлообработки), кроме ворсистых поверхностей.

При этом дефекты поверхности (раковины и др.) из рассмотрения исключаются.

Влияние шероховатости на эксплуатационные свойства деталей значительно и многообразно. Чем меньше неровности, тем меньше деталь подвергается истиранию и коррозии, тем выше точность установки деталей при сборке. Усталостная прочность деталей, плотность и герметичность сопряжений, качество электрических и тепловых контактов, гальванических и лакокрасочных покрытий, отражение лучей, точность измерений также во многом зависят от величины поверхностных неровностей. Поэтому так важно уметь правильно назначать шероховатость поверхностей и обозначать ее на чертеже.

1.2. Параметры для нормирования шероховатости поверхностей

Базовая длина – это длина базовой линии, используемая для выделения неровностей, характеризующих шероховатость поверхности, и для количественного определения ее параметров. Базовая длина зависит от величины шероховатости, ее параметров и уменьшается с уменьшением шага и высоты неровностей. Величина l выбирается из ряда чисел: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 25 мм.

При определении числовых значений шероховатости поверхностей отсчет производится от единой базы, за которую принята средняя ли-

ния профиля m , имеющая форму номинального профиля и делящая действительный (измеренный) профиль так, что в пределах базовой длины среднее квадратическое отклонение профиля до этой линии минимально.

Параметры шероховатости установлены ГОСТ 2789-73.

К ним относятся:

R_a – среднее арифметическое отклонение профиля;

R_z – высота неровностей профиля по десяти точкам;

R_{max} – наибольшая высота неровностей профиля;

S_m – средний шаг неровностей профиля;

S – средний шаг местных выступов профиля;

t_p – относительная опорная длина профиля, где p – значение уровня сечения профиля, который выбирается из ряда чисел: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 и выражается в процентах к R_{max} .

Величины, определяющие значения параметров, показаны на рис. 1.

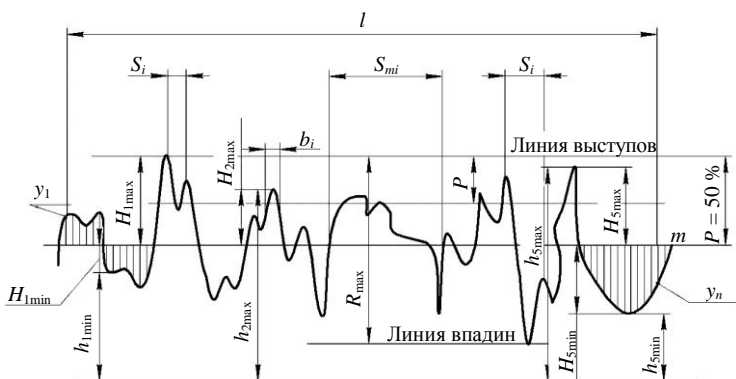


Рис. 1. Профиль микронеровностей поверхности

Кроме количественных параметров стандарт устанавливает типы направлений неровностей (качественная характеристика).

Требования к шероховатости поверхности детали устанавливаются исходя из функционального назначения поверхности, конструктивных особенностей детали и возможности их достижения рациональными методами обработки детали. При выборе нормируемых параметров шероховатости учитывается их влияние на эксплуатационные свойства поверхности.

Основным во всех случаях является нормирование высотных параметров. Предпочтительным считается и чаще используется параметр R_a ,

который наиболее информативен и обеспечен надежными средствами измерений. Параметр R_z применяется при нормировании небольших неровностей (диапазон от 0,025 до 0,1 мкм) и на малых по размерам поверхностях, где практически невозможно применить ощупывающие приборы, а также при нормировании требований к большим (грубым) поверхностным неровностям (диапазон от 10 до 1600 мкм). Для перехода от одного параметра к другому часто пользуются соотношениями: $R_a \approx 0,25 R_z$ при $R_z \geq 8$ мкм, $R_a \approx 0,2 R_z$ при $R_z < 8$ мкм.

Остальные параметры на практике применяются редко, при особых эксплуатационных требованиях к поверхности.

Определение параметров шероховатости поверхности.

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

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

где l – базовая длина;

y – значения отклонений профиля;

n – число отклонений профиля y .

2. *Высота неровностей профиля по десяти точкам R_z* – это среднее значение абсолютных высот пяти наибольших выступов профиля и глубин пяти наибольших впадин профиля в пределах базовой длины, которое определяется из выражения

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

где $H_{i \max}$ – отклонения пяти наибольших максимумов профиля;

$H_{i \min}$ – отклонения пяти наибольших минимумов профиля.

Если средняя линия является отрезком прямой, тогда

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

где $h_{i \max}$ – расстояние от высших точек пяти наибольших максимумов до линии, параллельной средней и не пересекающей профиль;

$h_{i \min}$ – расстояние от низших точек пяти наибольших минимумов до этой же линии.

3. *Наибольшая высота неровностей профиля* R_{\max} – это расстояние между линией выступов профиля и линией впадин профиля в пределах базовой длины.

4. *Средний шаг неровностей профиля* S_m 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

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

где n – число шагов в пределах базовой длины.

5. *Среднее арифметическое значение шага неровностей профиля по вершинам в пределах базовой длины* S 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

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

6. *Относительная опорная длина профиля* t_p определяется как отношение суммы длин отрезков b_i , отсекаемых на заданном уровне линией, равностоящей от средней линии и расположенной на заданном расстоянии r от линии выступов профиля (уровне сечения r), к базовой длине l .

Уровень сечения r профиля обычно выбирают из ряда чисел: 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

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

1.3. Структура обозначения шероховатости поверхностей

Структура обозначения шероховатости в соответствии с последней редакцией ГОСТ 2.309-73 приведена на рис. 2.

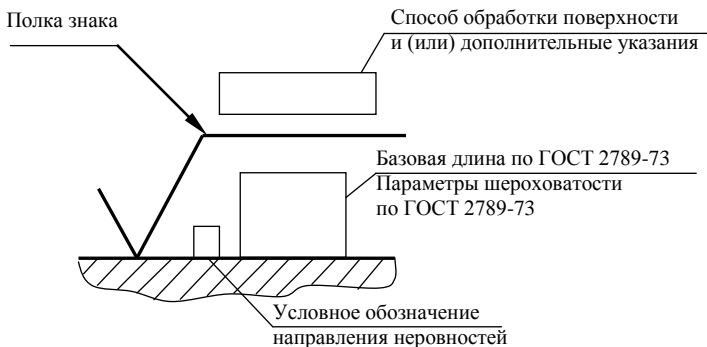


Рис. 2. Структура обозначения шероховатости

Такая структура дает возможность разработчику-конструктору указать на чертеже все необходимые ему требования к качеству поверхностей. Если конструктор считает необходимым, он может назначить значения как одного, так и нескольких параметров. Для каждого параметра можно установить наибольший предел, который не должен превышать действительное значение этого параметра шероховатости, либо, когда слишком гладкая поверхность недопустима, диапазон значений параметра шероховатости, либо номинальное значение с предельными отклонениями в процентах от номинального.

Рассмотрим пример такого полного обозначения (рис. 3).

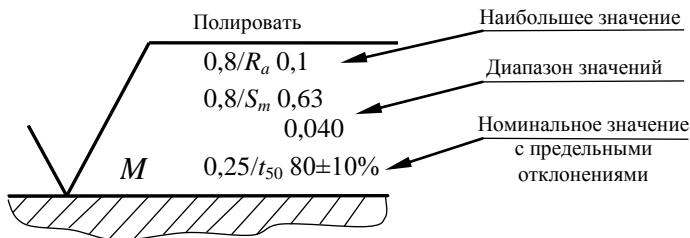


Рис. 3. Пример обозначения шероховатости

Читать его следует так: среднее арифметическое отклонение профиля R_a должно быть не более 0,1 мкм на базовой длине 0,8 мм; средний шаг неровностей профиля S_m должен находиться в пределах от 0,040 до 0,063 мм на базовой длине 0,8 мм; относительная опорная длина профиля $t_{50} = 80 \pm 10 \%$ на базовой длине 0,25 мм; направление неровностей M – произвольное; способ окончательной обработки – полирование.

2. ОПИСАНИЕ СПОСОБОВ И КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРОВ, ИХ НАСТРОЙКИ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

2.1. 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 обработками.

Образцы шероховатости комплектуются наборами (образцы для шлифования, точения и расточки, фрезерования, строгания, электроэрозионной, дробеструйной и пескоструйной обработок 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 $R_a > 1,25$ 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 (R_{\max} , R_z , S) бесконтактными оптическими приборами, дей-

стве которых основано на принципе преобразования светового потока при отражении его от микронеровностей контролируемой поверхности.

Согласно ГОСТ 9847-79, 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 табл. 1.

Таблица 1. Диапазон измерений параметров шероховатости

Тип прибора	Параметр шероховатости	Предел измерений
ПТС	R_z, R_{\max}	40...320 мкм
	S	0,2...1,6 мм
ПСС	R_z, R_{\max}	0,8...80 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 определенным 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 – искривленной.

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 применяется 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 применяются 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 располагается 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 сигнал усиливается, а затем измеряются его параметры, характеризующие неровности исследуемой поверхности (профилометрирование), или записываются параметры профиля поверхности в заранее выбранных вертикальном и горизонтальном масштабах (профилографирование).

Щуповые электромеханические приборы, предназначенные для измерений параметров шероховатости поверхности, называются 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.

2.2. Определение шероховатости с помощью двойного микроскопа МИС-11

Двойной микроскоп МИС-11 предназначен для контроля в лабораторных условиях шероховатости поверхностей по $R_z = 0,8 \dots 80$ мкм. Измерение на приборе основано на принципе светового сечения. Полученное изображение рассматривается в окуляре второго микроскопа.

Осветительный и визуальный тубусы микроскопа расположены под углом 90° друг к другу. Тубусы и предметный столик смонтированы на массивном штативе, который обеспечивает жесткость системы и удобство работы. Исследуемая деталь устанавливается на столик с отчетным крестообразным движением. Столик снабжается призмой для укладки цилиндрических изделий различных диаметров. Перемещается столик в двух взаимно перпендикулярных направлениях на расстояние 10 мм.

Электропитание прибора производится от электрической сети напряжением 127 или 220 В. Освещение щели осветительного тубуса производится от лампы с напряжением 8 В, для чего к прибору прилагается понижающий трансформатор.

Устройство микроскопа показано на рис. 4. По колонке, закрепленной в основании микроскопа, перемещается кронштейн 6 с держателем 4 осветительного 7 и наблюдательного 1 микроскопа. Их оси расположены под углом, а биссектриса угла перпендикулярна к контролируемой поверхности. Перемещение кронштейна осуществляется при освобожденном винте кронштейна с помощью гайки.

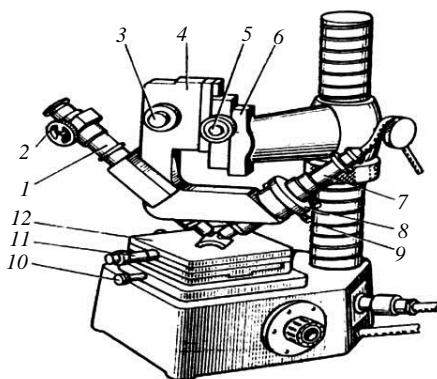


Рис. 4. Двойной микроскоп МИС-11:
1 – наблюдательный микроскоп;
2 – окулярный микрометр; 3 – винт микрометрической подачи;
4 – держатель; 5 – винт грубой подачи;
6 – кронштейн; 7 – осветительный микроскоп; 8 – кольцо; 9, 10 – винт;
11 – микрометрическая головка;
12 – столик

В микроскопе 7 имеется прямолинейная щель, освещаемая источником света. Изображение щели на изделии рассматривают с помощью микроскопа 1, снабженного окулярным микрометром 2. Для фокусировки микроскопов на контролируемое изделие служит винт 5 грубой подачи и винт 3 точной (микрометрической) подачи.

Чтобы иметь возможность установить изображение щели в середине поля зрения окуляра, осветительный микроскоп 7 снабжен винтом 9. Кольцо 8 служит для регулирования ширины щели.

Контролируемое изделие устанавливают на столике 12. С помощью двух микрометрических головок 11 столик 12 с изделием может передвигаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях, а также поворачиваться вокруг вертикальной оси и фиксироваться винтом 10.

Оптическая схема двойного микроскопа МИС-11 представлена на рис. 5. Источник света 1 с помощью конденсора 3 освещает щель 4 ($0,1 \times 1$ мм). Линзы 6, 7 и микрообъектив 9 проектируют щель на изделие. Изображение щели наблюдается в микроскоп, состоящий из микрообъектива 9, линзы 7 и окуляра 10 с измерительным устройством (окулярный винтовой микрометр).

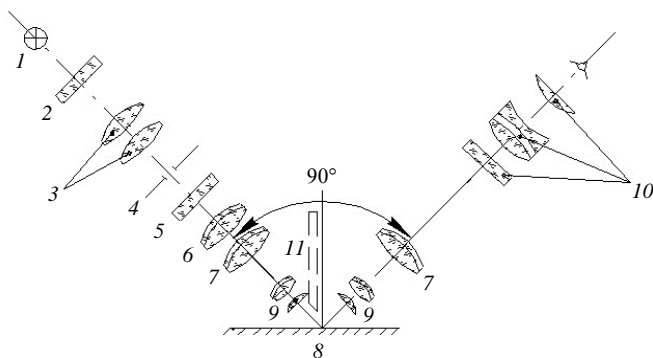


Рис. 5. Оптическая схема двойного микроскопа МИС-11:

- 1 – источник света; 2 – защитное стекло; 3 – конденсор; 4 – щель; 5 – фильтр;
6, 7 – линзы; 8 – объект контроля; 9 – микрообъективы; 10 – окуляр;
11 – измерительный нож (в приборах теневого свечения)

Так как поверхность исследуемого объекта не идеально гладкая, изображение щели, спроектированное на поверхность исследуемого объекта, деформируется и представляет профиль исследуемой поверхности как бы в разрезе.

Наблюдая в окулярный микроскоп, мы видим в плоскости сетки окуляра это деформированное изображение щели (рис. 6).

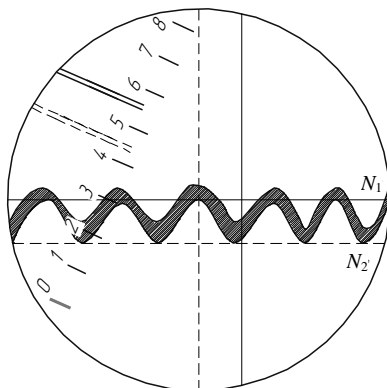


Рис. 6. Изображение щели в поле зрения микроскопа МИС-11

Для получения точных данных измерений необходимо правильно выбрать комплект объективов по табл. 2.

Таблица 2. Характеристика объективов к прибору МИС-11

№ п/п	Фокусное расстояние, мм	Кратность увеличения объектива	Линейное поле зрения окуляра АМ-9-2 с кратностью увеличения 15х, мм	Высота профиля, которую можно измерить данным объективом R_z , мкм	
				свыше	до
1	$F = 25,02$	5,9х	1,79	6,3	80
2	$F = 13,89$	10,6х	0,99	3,2	20
3	$F = 8,16$	18х	0,58	1,6	10
4	$F = 4,25$	34,5х	0,30	0,8	3,2

Для измерения малых высот профиля выбирается комплект объективов малого фокусного расстояния. И, наоборот, для измерения больших высот следует выбирать объективы с большим фокусным расстоянием.

Настройка микроскопа МИС-11.

После установки необходимых объективов на столик прибора 12 (см. рис. 4) помещается испытуемый объект и освещается лампочкой осветительного микроскопа 7. Вращением винтов грубой 5 и микрометрической 3 подачи фокусируют наблюдательный микроскоп 1 так, чтобы в центре поля зрения была видна поверхность объекта.

Перемещая осветительный микроскоп 7 с помощью винта 9, добиваются такого положения, чтобы на поверхность объекта, видимого в наблюдательный микроскоп 1, наложилось изображение щели, проектируемой осветительным микроскопом.

Затем вращением кольца 8 осветительного микроскопа добиваются резкого изображения щели. При выходе изображения из поля зрения окуляра настройку повторяют заново до тех пор, пока изображение щели не станет резким и не будет расположено в центре поля зрения измерительного окуляра.

Определение шероховатости поверхности (параметр R_z).

Для определения параметра шероховатости необходимо снять два отсчета по одной из границ щели, верхней или нижней. Для этого горизонтальная линия, которая видна в поле зрения окулярного микрометра, совмещается по максимальным выступам (см. рис. 6) и снимается первый отсчет N_1 . Затем эта же линия совмещается со впадинами и снимается второй отсчет N_2 . Перемещение винта окулярного микрометра L определяется как разница двух отсчетов, т. е. $L = N_1 - N_2$.

При снятии отсчетов сначала определяется число делений на барабанчике винтового окулярного микрометра 2 (см. рис. 4) и впереди добавляется число с наклонной шкалы сетки (рис. 6), которое будет стоять перед двумя рисками этой шкалы.

Например, на барабанчике будет 37 делений, а впереди рисунок стоит число 5. Тогда отсчет $N_1 = 537$. Также определяется значение N_2 .

Величина деформации щели зависит от высоты неровностей поверхности, которая измеряется при помощи окулярного микрометра и определяется по формуле

$$R_z = L \cdot E,$$

где R_z – высота неровностей исследуемой поверхности;

L – перемещение винта окулярного микрометра;

E – масштабная цена деления данного объектива, мкм.

2.3. Современные приборы для определения шероховатости

Портативный прибор для контроля шероховатости модели Perthometer M1 предназначен для определения параметров шероховатости поверхности контактным щуповым методом (рис. 7).

Прибор оснащен миниатюрным выносным датчиком и позволяет определять параметры периодических и аperiodических профилей.



Рис. 7. Прибор Perthometer M1

Работа прибора основывается на использовании программного обеспечения, которое позволяет осуществить необходимую его настройку (установку условий измерения, выбор языка, выбор параметров для распечатки результатов измерений и т. д.). Длина оценки устанавливается в соответствии со стандартами без предварительных настроек.

Отличием прибора *Perthometer M2* (рис. 8) является большее количество измеряемых параметров, а также наличие встроенной памяти для хранения более 200 измеренных результатов.



Рис. 8. Прибор Perthometer M2

Прибор позволяет производить контроль допусков, выбор вертикальной шкалы и определение асимметричных линий пересечения для расчета количества пиков. Для расширения области использования он снабжается различными типами датчиков, различающимися размером корпуса, расположением и формой опор.

Особенностями прибора является возможность измерения параметров шероховатости на плоскостях, ориентированных под разными углами в пространстве. Поэтому он может применяться для измерения шероховатости поверхности таких деталей, как наружные поверхности вращения, внутренние поверхности вращения, зубчатые колеса и др.

Характеристика приборов для контроля шероховатости Perthometer M1 и Perthometer M2 представлена в табл. 3.

Таблица 3. Характеристика приборов Perthometer M1 и Perthometer M2

Характеристика	Perthometer M1	Perthometer M2
Принцип измерения	Щуповой метод с PFM и PFM2	
Скорость трассирования, мм/с	0,5	
Диапазон измерения	100×150	
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/JIS: $R_a, R_z, R_{max}, RP_c, R_k$	DIN/ISO/ASME/JIS: $R_a, R_z, R_{max}, RP_c, R_k, R_p, R_s, R_{3z}, R_{mr}, M_{r1}, M_{r2}$
Содержание протокола	R – профиль, измеренные параметры	R – профиль, P – профиль, измеренные параметры

Оба прибора имеют встроенный принтер, который позволяет распечатывать результаты измерений сразу после их выполнения. Распечатываемый протокол измерений содержит не только численные значения измеряемых параметров, но и условия их получения.

Кроме того, приборы имеют цифровой и графический выходы и могут быть подключены к компьютеру через последовательный интерфейс при стационарном варианте применения.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- 1) изучить материал, характеризующий параметры шероховатости;
- 2) изучить устройство, принцип работы и настройку двойного микроскопа МИС-11;
- 3) произвести настройку микроскопа МИС-11 и измерить необходимые данные для определения параметра R_z с дальнейшим его расчетом. Результаты измерений и расчетов занести в табл. 4;
- 4) вычертить эскизы детали и нанести параметр R_z на измеряемые участки.

Таблица 4. Результаты измерения шероховатости поверхностей на двойном микроскопе МИС-11

Номер детали	1-й отсчет по окулярному микроскопу N_1	2-й отсчет по окулярному микроскопу N_2	Высота неровностей профиля R_z , мкм
1			
2			
3			

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение шероховатости поверхности.
2. Назовите высотные и шаговые параметры шероховатости поверхности. В каких единицах они измеряются?
3. Какие существуют способы для измерения шероховатости?
4. Поясните структуру обозначения шероховатости поверхностей.
5. Назовите основные узлы конструкции двойного микроскопа МИС-11.
6. Опишите методику измерений шероховатости поверхности с помощью двойного микроскопа МИС-11.
7. Опишите, как определяется параметр R_z с помощью полученных данных.
8. Поясните влияние параметров шероховатости поверхности на эксплуатационные характеристики поверхности детали.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики: ГОСТ 2789-73. – Введ. 23.04.1973. – Москва: Изд-во стандартов, 1973. – 7 с.
2. Единая система конструкторской документации. Обозначения шероховатости поверхностей: ГОСТ 2.309-73. – Введ. 09.11.1973. – Москва: Изд-во стандартов, 1973. – 13 с.
3. Анухин, В. И. Допуски и посадки: учеб. пособие / В. И. Анухин. – 5-е изд. – Санкт-Петербург: Питер, 2012. – 256 с.
4. Колчков, В. И. Метрология, стандартизация и сертификация : учеб. / В. И. Колчков. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2013. – 432 с.
5. Ганевский, Г. М. Допуски, посадки и технические измерения в машиностроении: учеб. пособие / Г. М. Ганевский, И. И. Гольдин. – Москва: ПрофОбрИздат, 2002. – 288 с.
6. Соломахо, В. Л. Нормирование точности и технические измерения: учеб. пособие / В. Л. Соломахо, Б. В. Цитович, С. С. Соколовский. – Минск: Изд-во Гревцова, 2011. – 360 с.
7. Метрология, стандартизация, сертификация: учеб. пособие / А. И. Аристов [и др.]. – Москва: ИНФРА-М, 2012. – 256 с.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ. НОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ.....	4
1.1. Понятие о шероховатости поверхности.....	4
1.2. Параметры для нормирования шероховатости поверхностей.....	4
1.3. Структура обозначения шероховатости поверхностей.....	8
2. ОПИСАНИЕ СПОСОБОВ И КОНСТРУКЦИИ ПРИБОРОВ, ИХ НАСТРОЙКИ И МЕТОДИКИ ИЗМЕРЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ.....	9
2.1. Способы измерения шероховатости поверхности.....	9
2.2. Определение шероховатости с помощью двойного микроскопа МИС-11.....	12
2.3. Современные приборы для определения шероховатости.....	15
3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.....	18
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	18
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	19