

Министерство высшего и среднего специального образования БССР

МИНСКИЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Кафедра метрологии и стандартизации

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе Т.2А

"ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ"

для студентов специальностей "Конструирование
и технология производства электронно-вычислительной
аппаратуры" и "Конструирование и технология
производства радиоэлектронной аппаратуры"

Методические указания к лабораторной работе Т.2А "Оптические средства измерений" для студентов специальностей 0643 и 0705 содержат краткие сведения из теории, домашнее и лабораторное задания, порядок выполнения работы, требования к содержанию отчета, перечень контрольных вопросов для проверки знаний студентов, список литературы, предлагаемый для проработки. В приложениях приводятся описания инструментального и растрового микроскопов и методики выполнения измерений с их помощью.

Работа предназначена для практического изучения оптических средств измерения и их использования для оценки линейных и угловых размеров и параметров шероховатости поверхности.

Ил. 9, табл. 7, список лит. 8 назв.

Составители: А.Г. Архипенко, В.И. Лилень



Минский радиотехнический
институт, 1937

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1.1. Изучить оптические методы и средства измерений линейных и угловых размеров и параметров шероховатости поверхностей.

1.2. Изучить принцип работы, методику подготовки к измерениям и методику выполнения измерений с помощью инструментального и растрового микроскопов.

1.3. Приобрести практические навыки измерений линейных и угловых размеров с помощью инструментального микроскопа и параметров шероховатости поверхности (толщины непрозрачных пленок и высоты неровностей) с помощью растрового измерительного микроскопа.

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

Оптические приборы нашли широкое применение в производственных лабораториях и цехах при контроле линейных и угловых размеров, отклонений формы и чистоты обработки поверхности изделий, требующих высокой точности изготовления. Высокая точность измерения в этих приборах достигается за счет расширения возможностей человеческого глаза путем увеличения с помощью оптических систем либо измеряемых объектов, либо отсчетных устройств, либо измеряемых параметров интерференционных картин. Примерами оптических средств измерений являются инструментальные и растровые микроскопы.

2.1. Инструментальные микроскопы

Инструментальные микроскопы предназначены для измерения линейных и угловых размеров, параметров наружных резьб, дуг разной кривизны, а также качественной оценки состояния поверхностей. Несмотря на конструктивные различия типов инструментальных микроскопов, метод измерения у них остается единым, т.е. оптическое увеличение объекта измерения с последующим визированием его точек путем поступательных или окружных перемещений и снятием показаний по отсчетным шкалам в соответствующих точках.

Упрощенная схема инструментального микроскопа представлена на рис. 1. Принцип измерения линейных размеров состоит в следующем: в окуляре 1 через визирную сетку 2 наблюдают увеличенное изображение объекта 4, расположенного на перемещаемом с помощью микрометрического винта 7 предметном столике 5. Совмещая (визируя)

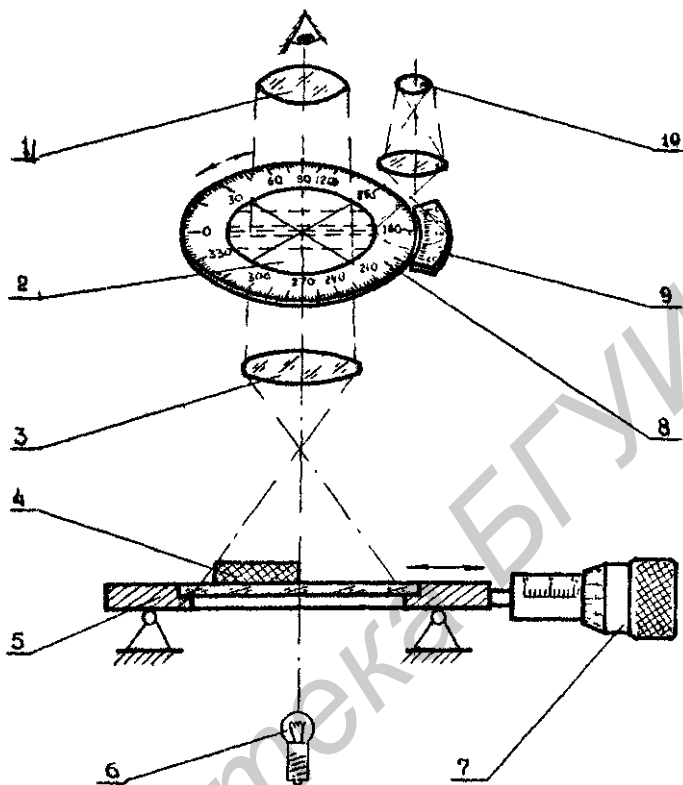


Рис. I

одну из точек, ограничивающих измеряемый размер, снимают показания со шкалы микрометрической головки. Затем, перемещая объект с помощью микрометрического винта до совмещения второй точки, ограничивающей размер, с выбранной визирной линией и производят второй отсчет. Разность показаний дает значение измеряемого размера.

Погрешность измерения линейных размеров помимо погрешности самого микроскопа обусловлена также неточностью установки детали в поле зрения микроскопа; неточностью установки визирной линии на точки, ограничивающие размер; люфтом микрометрического винта. При неправильной работе с микроскопом они могут значительно превзойти инструментальную составляющую. Для уменьшения систематических погрешностей необходимо:

выбирать наибольшее увеличение, позволяющее вместе с тем полностью наблюдать измеряемый размер в поле зрения микроскопа, что обеспечивается применением сменных объективов 3;

при установке объекта добиваться того, чтобы измеряемый размер был расположен строго параллельно ходу микрометрического винта; устанавливать визирную линию строго перпендикулярно измеряемому размеру;

перемещение предметного стола с объектом измерения при визи-ровании точек осуществлять вращением барабана микрометрической головки только в одном направлении;

проводить многократные наблюдения.

При измерении угловых размеров объект измерения располагают таким образом, чтобы перекрестие визирных линий совпало с вершиной измеряемого угла, а одна из радиальных визирных линий была совмещена с одной из сторон этого угла. Сетка визирных линий жестко связана с лимбом, на котором нанесена угломерная шкала. Эту шкалу и угловой нониус 9 наблюдают в окуляр угломерного микроскопа 10 и производят первый отсчет по угловой и нониусной шкалам. Затем, вращая лимб, совмещают ту же радиальную линию со второй стороной угла и производят второй отсчет. Разность в показаниях дает значение измеряемого угла.

Погрешность измерения здесь зависит от точности установки перекрестия визирных линий в вершину измеряемого угла и точности совмещения радиальных линий со сторонами угла. Для уменьшения погрешности следует устанавливать возможно большее увеличение и проводить многократные наблюдения.

Инструментальные погрешности нормируются техническими характеристиками соответствующих приборов.

Для измерения параметров наружных резьб, дуг разной кривизны, расстояний между центрами отверстий используются сменные головки, в которых вместо лимба с визирными линиями использованы соответственно лимбы с профилями резьб, дугами разной кривизны и т.п.

Конструкции инструментальных микроскопов позволяют проводить измерения как в отраженном свете (при естественном освещении или с использованием специальной подсветки), так и в проходящем свете, для чего предусмотрена подсветка 6.

2.2. Растровые измерительные микроскопы

Растровые микроскопы предназначены для оценки качества обработки исследуемой поверхности, измерения высот отдельных чернов-

стей и толщин непрозрачных пленок объектов, обладающих светоотражающей способностью. В основу метода измерения положено явление искривления муаровых полос, вызванное микронеровностями поверхности, с последующим измерением увеличенного изображения этих искривлений.

Муаровые полосы образуются в результате наложения друг на друга двух периодических структур. В растровых микроскопах в качестве таких структур используются равномерные растры – совокупности расположенных на одинаковом расстоянии параллельных непрозрачных штрихов, разделенных прозрачными промежутками.

Если взять два растра А и В (рис. 2), имеющих одинаковые

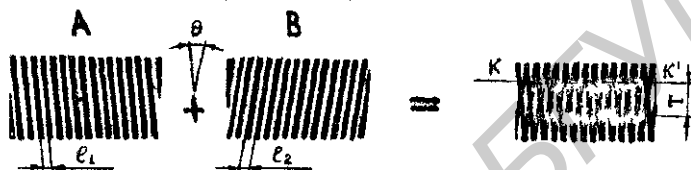


Рис. 2

шаги $l_1 = l_2$ и наложить их друг на друга так, чтобы направления штрихов составляли небольшой угол θ , то при наблюдении в проходящем свете будут видны муаровые полосы КК' (рис. 2). Эти полосы представляют собой пилообразные линии, образующиеся при пересечении штрихов двух растров, которые при шагах растров, близких к пределу разрешения глаза, суммарно воспринимаются им в виде сплошных линий.

Расстояние T между полосами зависит от величины шага l используемых растров и угла θ между направлениями их штрихов и при равенстве l_1 и l_2 равно

$$T = \frac{l}{2 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (1)$$

Тогда для малых углов θ можно принять

$$T = \frac{l}{\theta} \quad (2)$$

Смещение одного из растров на величину, равную, например, его шагу, в направлении перпендикулярном к его штрихам, вызывает смещение всех муаровых полос, превосходящее смещение растра в $1/\theta$ раз. Если смещение штрихов носит локальный характер, то искривление муаровых полос наблюдается в деформированной зоне.

Муаровые полосы возникают не только при непосредственном наложении друг на друга двух растров, но и в случае проекции штрихов одного из растров (исходного) на плоскость штрихов другого раstra (сравнения). Это явление может быть использовано для оценки микрогеометрии поверхности бесконтактным методом. С этой целью штрихи исходного раstra I (рис. 3) с помощью оптической системы 2

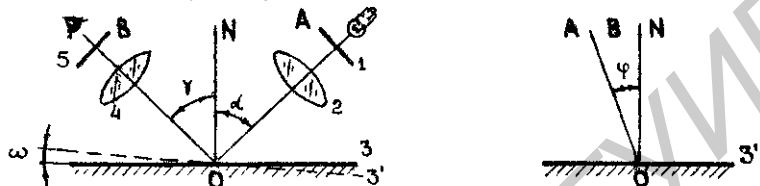


Рис. 3

проецируют на исследуемую поверхность 3 под углом α . Вследствие наличия микронеровностей на поверхности при отражении от нее происходит перераспределение изображений штрихов исходного раstra (рис. 4), т.е. появляется местное изменение величины шага

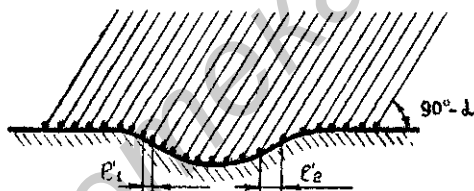


Рис. 4

раstra. Если оптической системой 4 (см. рис. 3) создать изображение исследуемой поверхности вместе со спроецированными на нее штрихами исходного раstra в плоскости раstra сравнения 5, то возникает картина муаровых полос, искривления которых пропорциональны высотам микронеровностей поверхности. При этом цена муаровой полосы σ , т.е. то отступление от плоскости, которое соответствует искривлению в одну муаровую полосу, зависит от шага e' исходного раstra в плоскости исследуемой поверхности, угла проекции α , угла наблюдения γ , угла наклона ω плоскости изображения штрихов $3'$ относительно исследуемой поверхности и угла φ между нормалью NO к плоскости $3'$ и плоскостью AOB , проходящей через оптические оси проектирующей и наблюдательной систем:

$$C = \ell \frac{1 + \operatorname{tg} \omega \operatorname{tg} \gamma \cos \psi}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \gamma} = \ell v \frac{1 + \operatorname{tg} \omega \operatorname{tg} \gamma \cos \psi}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \gamma}, \quad (3)$$

где ℓ - шаг исходного раstra;

γ - линейное увеличение системы проецирующей штрихи исходного раstra в плоскость исследуемого объекта.

Зная цену муаровой полосы и измерив величину искривления муаровой полосы в долях расстояния между двумя соседними муаровыми полосами, можно определить высоту неровности H :

$$H = C \frac{N_1 - N_2}{N_1 - N_3} = \ell v \frac{1 + \operatorname{tg} \omega \operatorname{tg} \gamma \cos \psi}{\operatorname{tg} \alpha + \operatorname{tg} \gamma} \cdot \frac{N_1 - N_2}{N_1 - N_3}, \quad (4)$$

где $N_1 - N_2$ - разность отсчетов по измерительному устройству, соответствующая расстоянию между двумя соседними полосами;

$N_1 - N_3$ - разность отсчетов по измерительному устройству, соответствующая искривлению полосы.

На практике возможно совмещение оптических систем 2 и 4 (см. рис. 3) в одну оптическую систему. В этом случае угол проекции равен углу наблюдения ($\alpha = \gamma$), а при соответствующей юстировке микроскопа значения углов ω и ψ близки к нулю. Это значительно упрощает расчетные формулы (3) и (4):

$$C = \frac{\ell v}{2 \operatorname{tg} \alpha}; \quad (5)$$

$$H = \frac{\ell v}{2 \operatorname{tg} \alpha} \cdot \frac{N_1 - N_2}{N_1 - N_3}. \quad (6)$$

Первый множитель в формуле (6) есть величина постоянная для данного объектива микроскопа и может быть записан в виде константы C_i , которая указывается в паспорте микроскопа. С учетом этого

$$H = C_i \frac{N_1 - N_2}{N_1 - N_3}. \quad (7)$$

Отсчет значений N производится с помощью окулярного микрометра.

3. ПРИБОРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

3.1. Микроскоп малый инструментальный ММИ-2.

3.2. Однообъективный растровый измерительный микроскоп ОРМ-1.

4. ПОДГОТОВКА К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

4.1. По рекомендуемой литературе изучить оптические методы измерения линейных и угловых размеров и параметров шероховатости поверхности и принципы построения измерительных приборов на их основе.

4.2. По настоящим методическим указаниям изучить устройство, принцип действия и правила подготовки к работе инструментального и растрового микроскопов, а также методики выполнения измерений с их помощью и оценки погрешностей полученных результатов.

4.3. По ГОСТ 25142-32 (СТ СЭВ 1156-73) и ГОСТ 2789-73 изучить параметры шероховатости поверхности и методы их оценки.

4.4. Сделать заготовку отчета по лабораторной работе.

4.5. Подготовиться к коллоквиуму в объеме контрольных вопросов.

5. ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАДАНИЕ

5.1. Измерить с помощью ММИ-2 косвенным методом сопротивления резисторов микросхемы и оценить погрешности измерений.

5.2. Измерить с помощью ММИ-2 угловые размеры деталей и оценить погрешность измерения.

5.3. Измерить с помощью ОРМ-1 параметр R_{\max} и оценить параметр R_z шероховатости поверхности металлических деталей.

5.4. Измерить с помощью ОРМ-1 толщину непрозрачных пленок либо величину уступа (в соответствии с вариантом задания).

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

6.1. Получить у лаборанта объекты измерений в соответствии с номером бригады и табл. 1.

Таблица I

№ бригады	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Микросхема (резисторы)	(R1) R17 R23 R5	(R2, R4, R1, R24)	(R6)	(R1)	(R3, R5, R9, R11, R21)	(R7)	(R8, R15, R22, R24)	(R10)	(R15, R17, R19, R25)	(R10, R14, R18, R24)	(R8, R14, R18, R29)	(R5, R9, R15, R19)	(R8, R10, R16, R24)	(R4, R13, R15, R20, R21)	(R19, R13, R20, R21)
Деталь для угловых измерений	1	3	5	6	2	4	0	1	7	0	5	4	3	2	
Образец шероховатости	4	5	7CC	7C40	7C1	644Ф	6CC	76	3	5	7CC	6CC	3	7C1	
Объект для измерения толщины пленки либо высоты уступа	3	11	2	7	3	10	12	1	9	5	2	7	11	3	

6.2. Выполнить измерения в соответствии с п. 5.1 лабораторного задания.

6.2.1. Руководствуясь п. 4.1 прил. I, подготовить микроскоп МИИ-2 к проведению измерений линейных размеров в отраженном свете. Установить микросхему на предметный стол и произвести измерение длины l и ширины b резистивного слоя резисторов, указанных в вашем варианте. Обозначение резисторов приведено на рис. 5.

для уменьшения погрешности измерения за результат принять среднее арифметическое из трех наблюдений.

6.2.2. Рассчитать сопротивление резисторов по формуле

$$R_i = \rho \cdot K_i,$$

где ρ - удельное сопротивление квадрата резистивного слоя, принятое равным 500 Ом/мм^2 ;

K_i - коэффициент формы i -го резистора, определяемый как отношение $4b \sqrt{l-b}$

6.2.3. Оценить погрешность косвенных измерений сопротивлений резисторов и записать окончательный результат по одной из форм, предусмотренных ГОСТ 8.011-72.

6.2.4. Получить у преподавателя номинальные значения сопротивлений резисторов и допуски на них и дать заключение о пригодности изготовленных резисторов.

Результаты наблюдений и расчетов занести в табл. 2.

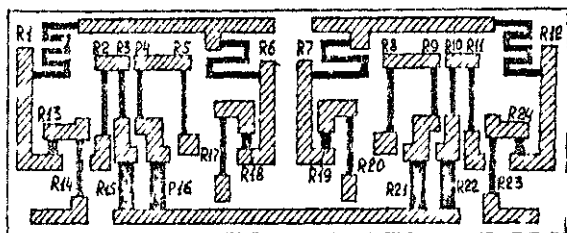


Рис. 5

Таблица 2

№ микросхемы	№ резистора	№ наблюдений	L, мм		B, мм		K	Значение R_i по ГОСТ 3.011-72
			Отсчет 1	Отсчет 2	Отсчет 1	Отсчет 2		
			Результат		Результат			
			L_{cp} , мм	ΔL , мм	B_{cp} , мм	ΔB , мм		

6.3. Выполнить измерения в соответствии с п. 5.2 лабораторного задания.

6.3.1. Руководствуясь п. 4.2 прил. 1, подготовить микроскоп ММИ-2 к проведению угловых измерений либо в проходящем, либо в отраженном свете в зависимости от характера объекта измерений. Установить объект измерения на предметный стол и произвести измерение указанных в вашем варианте угловых размеров. Для уменьшения погрешности измерения за результат принять среднее арифметическое из трех наблюдений.

6.3.2. Оценить инструментальную погрешность измерения угловых размеров и записать окончательный результат по одной из форм, предусмотренных ГОСТ 8.011-72.

Результаты наблюдений и расчетов занести в табл. 3.

6.4. Выполнить измерения в соответствии с п. 5.3 лабораторного задания.

6.4.1. Руководствуясь прил. 2, подготовить к проведению измерений растровый микроскоп ОРМ-1, для чего соединить ответвитель 10 (см. рис. 7) и электромагнитный вибратор 12 с блоком питания. Под-

Таблица 3

Вариант	№ детали	№ измерения	Отсчет 1	Отсчет 2	Результат	Значение угла по ГОСТ 9.011-72
		1.				
		2.				
		3.				

ключить блок питания к сети и тумблером "Сеть" включить осветитель. Вращением рукоятки 27 установить по шкале амперметра силу тока 6-7 А. Поместить на предметный столик исследуемый образец так, чтобы следы от обработки были перпендикулярны плоскости симметрии микроскопа. Рукояткой 21 включить светофильтр, рукоятку 22 повернуть против часовой стрелки до упора, выдвинуть рукоятки 7 и 5. Затем, наблюдая в окуляр микрометра 6, сфокусировать микроскоп на образец с помощью маховиков механизма подъема 14, т.е. добиться резкого изображения поверхности образца. При этом в поле зрения окуляра должны появиться муаровые полосы и должны быть видны штрихи раstra сравнения. Включить тумблером 25 электромагнитный вибратор, штрихи растров при этом размоются. Вращением барабана I микрометрического винта добиться наилучшего контраста изображения муаровых полос. Отжав винт 13, повернуть предметный столик так, чтобы муаровые полосы заняли вертикальное положение в поле зрения окулярного микрометра. С помощью рукоятки 24 установить такую амплитуду колебаний электромагнитного вибратора, при которой штрихи раstra сравнения будут минимально затенять муаровую картину. В случае нарушения равномерности освещения по полю зрения и других неполадках обратитесь к лаборанту или преподавателю.

6.4.2. Измерить параметр R_{max} , для чего найти в пределах базовой длины наибольший выступ и наибольшую впадину микронеровностей исследуемой поверхности и, руководствуясь п. 4.1 прил. 2, оценить указанный параметр, приняв во внимание, что

$$R_{max} = R_{max \text{ вп}} + R_{max \text{ выст}},$$

где $R_{max \text{ вп}}$ - максимальная впадина;

$R_{max \text{ выст}}$ - максимальный выступ.

Результаты наблюдений и расчетов занести в табл. 4.

Таблица 4

№ объекта	Объектив	C_i , мкм	$R_{\text{так вп}}$				$R_{\text{так выст}}$				$R_{\text{так}} \pm \Delta_{\Sigma}^*$, мкм
			N_1	N_2	N_3	$H_{i, \text{мкм}}$	N_1	N_2	N_3	$H_{i, \text{мкм}}$	

Δ_{Σ} - суммарная погрешность измерения.

6.4.3. Определить параметр R_z шероховатости исследуемой поверхности, для чего, руководствуясь п. 4.1 прил. 2, измерить в пределах базовой длины пять наибольших максимумов и пять наименьших минимумов профиля. Результаты измерений и расчетов свести в табл. 5.

Таблица 5

№ объекта	Объектив	e_i , мкм	изм. параметр	N_1	N_2	N_3	H_i , мкм	R_z , мкм
			$H_1 \text{ так}$					
			$H_2 \text{ так}$					
			$H_3 \text{ так}$					
			$H_4 \text{ так}$					
			$H_5 \text{ так}$					
			$H_1 \text{ мин}$					
			$H_2 \text{ мин}$					
			$H_3 \text{ мин}$					
			$H_4 \text{ мин}$					
			$H_5 \text{ мин}$					

6.5. Выполнить измерения в соответствии с п. 5.4 лабораторного задания, для чего установить на предметный столик исследуемый объект и выполнить операции в соответствии с п. 6.4.1. Руководствуясь п. 4.2 прил. 2, выполнить измерение величины уступа. Результаты наблюдений и расчетов занести в табл. 6.

Таблица 6

№ объекта	Объектив	C_i , мкм	N_1	N_2	N_3	$H \pm \Delta_{\Sigma}$, мкм

6.6. Результаты наблюдений представить преподавателю для отметки о выполнении лабораторной работы.

7. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе оформляется по установленной на кафедре форме и должен содержать:

цель работы;

лабораторное задание,

таблицу используемых приборов по форме

Наименование прибора	Тип	Заводской №	Основные метрологические характеристики
----------------------	-----	-------------	---

таблицы с результатами измерений и расчетов;
выводы по каждому пункту лабораторного задания с обязательным анализом погрешностей.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Какие существуют оптические методы измерения геометрических параметров изделий?

Каков принцип устройства инструментального микроскопа?

Какие измерения можно производить с помощью инструментального микроскопа?

Какие измерения можно производить с помощью растрового измерительного микроскопа?

на каком принципе основано измерение линейных размеров в инструментальном микроскопе?

Как реализована возможность измерения угловых размеров в инструментальном микроскопе?

Каковы источники погрешностей при измерении линейных размеров с помощью инструментального микроскопа?

Каковы источники погрешностей при измерении угловых размеров с помощью инструментального микроскопа?

Каков принцип устройства растрового измерительного микроскопа?

В чем состоит принцип измерения высот микронеровностей с помощью растрового измерительного микроскопа?

как определяется параметр шероховатости поверхности R_z ?

Что характеризует параметр шероховатости поверхности R_{max} и как он определяется?

9. ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 14963-69. микроскопы универсальные измерительные.
2. ГОСТ 3074-82. Микроскопы инструментальные. Типы, основные параметры и размеры. Технические требования.
3. ГОСТ 9347-79. Приборы оптические для измерения параметров шероховатости поверхности. Типы и основные размеры.
4. ГОСТ 26142-82. (СТ СЭВ 1156-73) Шероховатость поверхности. Термины и определения.
5. ГОСТ 2739-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
6. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник для вузов. - 6-е изд., перераб., доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 351 с.
7. Кострицкий В.Г., Кострицкий В.Г., Кузьмин А.И. Контрольно-измерительные инструменты и приборы в машиностроении: Справочник. Киев: Техника, 1986. - 195 с.
3. Саранча Г.А. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - 264 с.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МИКРОСКОП МИИ-2

I. НАЗНАЧЕНИЕ

Микроскоп малый инструментальный типа МИИ-2 является лабораторным прибором и предназначен для измерения линейных размеров в прямоугольных координатах, а также элементов профиля наружных резьб, углов, конусов, радиусов, рабочие размеры различных шаблонов и т.п.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

- 2.1. Пределы измерения линейных размеров:
 в продольном направлении, мм, не менее.....0-75
 в поперечном направлении, мм, не менее.....0-25
- 2.2. Пределы измерений микрометрическими винтами, мм.....0-25
- 2.3. Пределы измерения плоских углов, °0-360
- 2.4. Пределы поворота стола, °0-±5
- 2.5. Увеличение визирного микроскопа, крат.....10; 30; 50
- 2.6. Увеличение объективов, крат.....1; 3; 5
- 2.7. Поле зрения визирного микроскопа в зависимости от увеличения21; 7; 4,2
- 2.8. Цена деления:
 шкал барабанов микрометрических винтов, мм.....0,005
 окулярной угломерной головки, угл. минут....1
- 2.9. Предел допускаемой основной погрешности прибора:
 при измерении линейных размеров микрометрическими винтами, мкм±3
 при измерении плоских углов с помощью окулярной угломерной головки, угл. минут....±1

3. КОНСТРУКЦИЯ МИКРОСКОПА

Микроскоп состоит из основания 2 (рис. 6), на котором смонтирован предметный стол 5 с микрометрическими винтами продольного 16 и поперечного 4 перемещения и колочки 13, по направляющим

которой при помощи маховиков II перемещается кронштейн 5 с микроскопом. В задней стенке основания вмонтировано осветительное устройство 10.

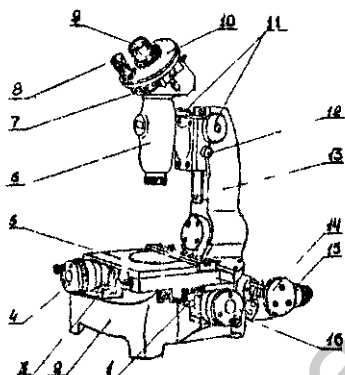


Рис. 6

Предметный стол 5 установлен на направляющих и может перемещаться в двух взаимно перпендикулярных направлениях при помощи микрометрических винтов. Величина перемещения стола определяется по масштабным гильзам и барабанам, связанным с микрометрическими винтами. Цена деления на барабане - 0,005 мм. Шаг микровинта - 1 мм.

В верхней части стола имеется предметное стекло, на которое устанавливаются измеряемые объекты.

В продольном направлении стол может перемещаться независимо от микровинта на длину 50 мм. Таким образом, применяя плоскопараллельные концевые меры длины до 55 мм, можно измерить длину до 70 мм. Плоскопараллельные концевые меры длины укладываются на специальную шлифовальную площадку I основания и суммируются с результатом измерения.

Стол микроскопа находится под воздействием пружин, что обеспечивает необходимый контакт между торцом штока микровинта и упором стола. При выполнении измерительных операций стол приходится

часто отводить в крайнее левое положение, при котором он теряет контакт с микровинтом. Возвращение его в исходное положение происходит под действием пружин.

Во избежание ударов движение стола замедляется специальным механизмом-тормозом. Тормоз работает только при движении измерительного стола слева направо. При этом механизм посредством ряда шестерен вызывает вращение крыльчатки, которая испытывает сопротивление воздуха, что и создает равномерность в перемещении стола.

Для установки линии центров измеряемых элементов деталей параллельно продольному ходу предметный стол можно поворачивать вокруг вертикальной оси на угол $\pm 5^\circ$ с помощью механизма поворота стола 3.

Колонка 13 служит для закрепления на ней оптической системы микроскопа. Кронштейн 6 через направляющую соединяется с колонкой 13. Перемещение кронштейна по колонке вверх и вниз осуществляется с помощью кремальерного механизма, приводимого в действие маховичком II. С помощью маховичка 14 колонка может наклоняться от вертикального положения влево и вправо на 10° . Угол наклона определяется по шкале, нанесенной на гильзе маховичка. Цена деления шкалы 30 минут. Наклон производится для получения резких изображений резьбовых и других профилей, наблюдаемых под углом их подъема. В вертикальном положении, применяемом при измерении параметров плоских объектов, колонка фиксируется специальным фиксатором.

При работе на приборе могут применяться четыре головки: окулярная угломерная головка 10, револьверная головка с дугами разной кривизны, револьверная головка с набором профилей метрической и дюймовой резьб и головка двойного изображения (на рис. 6 не показаны).

Окулярная головка предназначается для выполнения линейных и угловых измерений и является наиболее существенной частью микроскопа. Внутри ее корпуса имеется пластинка со штриховой сеткой и лимб, разделенный по окружности на 360 равных частей. Пластинка со штриховой сеткой и лимб градусной шкалы жестко связаны между собой и имеют общий центр вращения, который находится на оптической оси микроскопа.

Штриховая сетка наблюдается в окуляр 9 визирного микроскопа, а градусная и минутная шкалы - в отсчетный угломерный микроскоп 3 (см. рис. 6).

Освещенная часть лимба проектируется на минутную шкалу, 60 делений которой соответствуют одному делению лимба. Следовательно, цена деления угломерной шкалы равняется одной минуте.

Окулярная угломерная головка съемная и может быть заменена головкой двойного изображения или одной из револьверных головок.

Револьверная головка с дугами разной кривизны предназначена для определения радиусов закруглений разных изделий. Контур закругления деталей проектируется объективом микроскопов на стеклянный диск, на который нанесены профили дуг нормальных радиусов.

Револьверная головка с набором профилей метрической резьбы предназначена для измерения угла, высоты и наклона профиля резьбы, шага и среднего диаметра резьбы. Контур измеряемой детали проектируется объективом микроскопа на стеклянный диск, на который нанесены штриховые контуры профилей метрической и дюймовой резьбы.

Головка двойного изображения предназначена для измерения расстояний между центрами отверстий, имеющих ось симметрии, а также для измерения расстояний между штрихами шкал и сеток.

К прибору прилагаются три объектива: 1^X , 3^X и 5^X , что обеспечивает при увеличении окуляров всех головок 10^X общее увеличение микроскопа 10^X , 30^X и 50^X .

Изображение измеряемого объекта, получаемое в фокальной плоскости окуляра, в результате преломления лучей в системе линз объектива рассматривается в увеличенном виде через окуляр. За счет специальной призмы изображение рассматриваемого объекта видно через окуляр в прямом (не перевернутом) виде, и все перемещения его воспринимаются соответственно действительным направлениям перемещений объекта.

Освещение детали при измерении в проходящем снизу свете может быть естественным и искусственным. При измерении с применением естественного освещения в корпус диафрагмы вставляется матовое стекло в опрае, а при применении искусственного освещения в корпус вставляется осветитель И5 и включается в электрическую сеть.

Многие детали невозможно измерить в проходящем свете. В этом случае пользуются отраженным светом, применяя специальный осветитель, который закрепляется на объективе визирного микроскопа.

При недостаточном освещении градусной шкалы угломерной головки на тубус микроскопа устанавливается специальный осветитель.

ВНИМАНИЕ! ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДВУХ ПОСЛЕДНИХ ОСВЕТИТЕЛЕЙ, ОНИ ДОЛЖНЫ ВКЛЮЧАТЬСЯ В СЕТЬ ЧЕРЕЗ Понижающий трансформатор прибора.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МИКРОСКОПА

4.1. Измерение линейных размеров

Измерения на приборе могут вестись различными методами. Выбор нужного метода зависит от конфигурации, размеров и других особенностей объекта. При измерении размеров, контур которых не перекрывается какими-либо выступающими частями, работу следует вести в проходящем свете. При измерении размеров, контур которых заслонен от проходящего света, пользуются отраженным светом.

При измерении в проходящем свете в сеть включают осветитель 15 (см. рис. 6), а объект измерения устанавливают на предметное стекло так, чтобы видны были контуры измеряемого размера. Отжав стопор 12 и, вращая маховичком 11 хронштейна микроскопа, добиться резкого изображения контура объекта измерений и это положение зафиксировать стопором 12. Вращением тубуса осветителя добиться необходимой контрастности изображения. Вращением окуляра 9 визирного микроскопа добиться четкого изображения визирной сетки. Вращением микрометрических винтов подвести одну из крайних точек измеряемого размера к перекрестию визирных линий и, перемещая объект измерения с помощью одного из микрометрических винтов в направлении измеряемого размера, проследить, чтобы линия размера перемещалась строго параллельно перекрестию визирных линий. При необходимости параллельности перемещения следует добиться с помощью механизма поворота стола. Далее, вращая маховичок на угломерной головке, установить одну из визирных линий перпендикулярно измеряемому размеру, а объект измерения так, чтобы эта визирная линия находилась несколько за пределами размера. Плавно вращая барабан микрометрического винта, подвести ближайшую точку, ограничивающую размер, к выбранной визирной линии и снять показания по отсчетной шкале

микрометрического винта. Вращая барабан микрометрического винта в том же направлении, подвести другую точку, ограничивающую размер к той же визирной линии и снять показания по отсчетной шкале микрометрического винта. Разность между показаниями дает действительное значение измеряемого размера. Для уменьшения погрешности измерения за счет неточности установки точек, ограничивающих размер, на визирную линию следует провести несколько измерений и за результат принять их среднее значение.

При проведении измерений в отраженном свете включают, при необходимости, осветитель, закрепленный на объективе микроскопа. Остальные операции производят в той же последовательности, как при наблюдениях в проходящем свете.

4.2. измерение углов

В зависимости от характера объекта измерений, микроскоп настраивается так же, как и для измерения линейных размеров (либо в отраженном, либо в проходящем свете).

Кроме того, для выполнения измерений включается подсветка угломерной шкалы 7 и вращением окуляра отсчетного угломерного микроскопа 8 добиваются четкого изображения градусной и минутной шкал.

Получив в поле зрения визирного микроскопа четкое изображение измеряемого угла, с помощью микрометрических винтов установить объект измерения так, чтобы вершина угла совместилась с перекрестием визирных линий. Вращая маховик угломерной головки, совместить одну из радиальных визирных линий со стороной угла и убедиться, что она полностью с ней совпадает. Ту же операцию проделать в отношении другой стороны угла и в случае их несовпадения подрегулировать микрометрическими винтами местоположение вершины угла относительно перекрестия визирных линий.

После этого совместить радиальную визирную линию с одной из сторон угла и снять показания по отсчетному микроскопу. Затем переместить эту же радиальную линию на другую сторону угла и снять второе показание по отсчетному микроскопу. Разница показаний дает действительное значение измеряемого угла. При проведении измерений возможен случай, когда отсчеты будут получаться по разные стороны относительно 0 угломерной шкалы. Это необходимо учитывать при проведении расчетов.

РАСТРОВОЙ МИКРОСКОП ОРМ-1

I. НАЗНАЧЕНИЕ

Однообъективный растровый измерительный микроскоп ОРМ-1 предназначен для определения параметров шероховатости R_z и R_{max} на наружных металлических поверхностях с направленными следами от обработки, а также для измерения высот отдельных неровностей и толщин непрозрачных пленок с коэффициентом отражения не менее 0,3 по величине ступеньки, образованной краем пленки.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон измеряемых высот микронеровностей, мкм от 40 до 0,4
 Пределы перемещения предметного столика в двух взаимно перпендикулярных направлениях, мм..... ± 25
 Пределы поворота предметного столика, град..... ± 55
 Пределы наклона предметного столика вокруг горизонтальной оси, град..... $\pm 2,5$
 Пределы вертикального перемещения предметного столика с помощью механизма микрометрической фокусировки, мм..... ± 1
 Цена деления шкалы механизма микрометрической фокусировки, мм.....0,003
 Остальные характеристики зависят от используемого объектива и сведены в табл. 7.

Таблица 7

Характеристика	Объектив		
	F = 25 мм	F = 10 мм	F = 4 мм
I	2	3	4
Увеличение микроскопа, крат	48	110	300
Поле зрения, мм, не менее	2,5	0,9	0,4
Предел допускаемого среднего квадратического отклонения случайной составляющей погрешности измерения высот неровностей, мкм, не более	2,2	0,40	0,06

1	2	3	4
предел допускаемой суммарной погрешности измерения высот неровностей, мкм, не более	5,0	0,9	0,14
Цена муаровой полосы при использовании растра с шагом 0,1 мм, мкм	140	25	3,6

3. КОНСТРУКЦИЯ МИКРОСКОПА

Общий вид микроскопа показан на рис. 7. Его основными узлами являются корпус 3, механизм подъема 13, основание 19 и окулярный микрометр 6. На корпусе микроскопа также укреплены объектив 2, электромагнитный вибратор 12, осветитель 10 и предусмотрено место для крепления фотоаппарата 8.

Осветитель микроскопа снабжен винтами 9 для центрировки нити лампы относительно оптической оси и рукояткой 22 для включения апертурной диафрагмы.

Рукоятка 21 служит для включения в осветительную систему микроскопа светофильтра.

При снятой крышке 11 открывается доступ к направляющей с растрами, картина муаровых полос, возникающая в плоскости растра сравнения, с помощью оптической системы и зеркал переносится либо в плоскость сетки окулярного микрометра, либо (при выдвинутой ручке 5) на экран 4, либо (при выдвинутой ручке 7) в плоскость фотопленки.

Окулярный микрометр крепится к корпусу микроскопа винтом 23 и может быть установлен при отжатом винте так, что один из штрихов его перекрестия будет параллелен муаровым полосам.

Механизм подъема при помощи маховика 14 перемещает корпус микроскопа в вертикальном направлении. Рукоятка 15 фиксирует корпус в выбранном положении.

Основание содержит микрометрический механизм 1, служащий для точной фокусировки микроскопа на поверхность исследуемого объекта, и механизм наклона предметного столика, управляемого

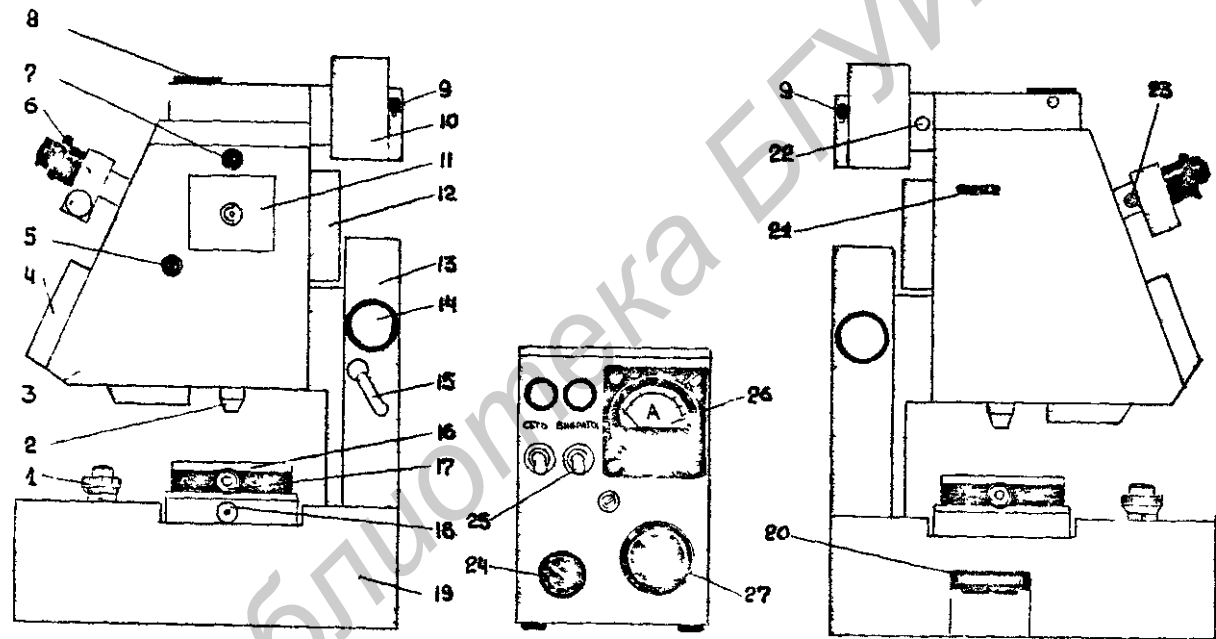


Рис. 7

дискон 20. Предметный столик 16 имеет механизмы перемещения в двух взаимно перпендикулярных направлениях, осуществляемых с помощью коаксиальных рукояток 17. При отжатом винте 18 столик может быть повернут вокруг вертикальной оси.

Питание микроскопа осуществляется переносным блоком питания. Рукояткой 27 регулируется яркость лампы осветителя. Оптимальная яркость лампы для работы с окулярным микрометром соответствует силе тока 6-7 А. Эта величина контролируется амперметром 26. Включение и выключение электромагнитного вибратора производится тумблером 25, а регулировка амплитуды колебаний - рукояткой 24. На задней стенке блока питания расположены разъемы для подключения осветителя и электромагнитного вибратора.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ РАСТРОВОГО МИКРОСКОПА

4.1. Измерение высоты микронеровностей

Измерение высоты микронеровностей с помощью окулярного микрометра производите следующим образом:

Вращая окулярный микрометр, расположите один из отсчетных штрихов перекрестия параллельно муаровым полосам. Перемещая отсчетный штрих с помощью маховика окулярного микрометра, совместите его с серединой муаровой полосы и снимите отсчет N_1 (рис. 8) по шкалам, находящимся в поле зрения окуляра.



Вращая маховик окулярного микрометра, совместите отсчетный штрих перекрестия с серединой той же муаровой полосы во впадине микронеровности и снимите отсчет N_2 .

Продолжая вращать маховик окулярного микрометра в том же направлении, наведите отсчетный штрих перекрестия на середину соседней муаровой полосы и снимите отсчет

N_3 . по формуле (7) определите высоту микронеровности. Величину C_2 возьмите из технических характеристик микроскопа в соответствии с используемым объективом и расстройкой. В работе установлены растры с шагом 1,1 мкм. В поле зрения окулярного микрометра видны две окружности с диаметрами 0,45 и 0,3 мм, что позволяет производить измерения параметров шероховатости в пределах этих базовых длин.

4.2. Измерение высот уступов и толщин непрозрачных пленок

При измерении высот уступов и толщин непрозрачных пленок в поле зрения окулярного микрометра должно наблюдаться смещение муаровых полос, как это показано на рис. 9.

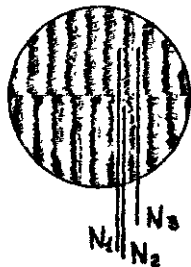


Рис. 9

Измерение высоты уступа производится с использованием раstra с шагом $0,1$ мм следующим образом.

Вращая окулярный микрометр, расположите один из отсчетных штрихов перекрестия параллельно муаровым полосам. Перемещая отсчетный штрих с помощью маховика окулярного микрометра, совместите его с серединой муаровой полосы на одной из плоскостей уступа и снимите отсчет N_1 .

Вращая маховик окулярного микроскопа, совместите отсчетный штрих перекрестия с серединой той же муаровой полосы на другой плоскости уступа и снимите отсчет N_2 .

Продолжая вращать маховик окулярного микрометра в том же направлении, наведите отсчетный штрих перекрестия на середину соседней муаровой полосы на первой плоскости и снимите отсчет N_3 .

По формуле (7) определите высоту уступа.

При определении толщины непрозрачной пленки измерения проводятся по высоте уступа, образованного краем пленки, поэтому методика измерения аналогична методике измерения высоты уступов.

Составители: Анатолий Григорьевич Архипенко
Владимир Петрович Липень

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе Т.2А
"ОПТИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ"
для студентов специальности "Конструирование и
технология производства электронно-вычислитель-
ной аппаратуры" и "Конструирование и технология
производства радиоэлектронной аппаратуры"

Ответственный за выпуск В.А.Боровик

Редактор О.Ф.Гузовская

Корректор Е.Н.Батурчик

Подписано в печать 07.04.87г. . Формат 60x80 1/16. Усл.печ.л.
1,56 ; уч-изд.л. 1,2 . Тираж 300 экз. Заказ 204 . Бесплатно.

Отпечатано на рогапринте МРТИ. 220027, Минск, П.Бровки, 6.
