

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»  
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

Институт оптики и оптических технологий

Кафедра наносистем и оплотехники

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

ОПТИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Новосибирск  
СГГА

Лабораторная работа №1  
**ИЗМЕРЕНИЕ РАДИУСОВ КРИВИЗНЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ  
ОПТИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ**

Цель работы: ознакомиться с устройством и принципом работы сферометра *ИЗС – 7* (рисунок 3) и научиться измерять радиусы кривизны сферических оптических поверхностей.

Приборы и принадлежности:

1. Кольцевой сферометр *ИЗС – 7*;
2. Измеряемые детали (линзы) и плоская стеклянная пластинка;
3. Салфетка, беличья кисточка, спирт. не используются.
4. Калькулятор инженерный, компьютер персональный.

**КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Оптические детали со сферическими поверхностями являются широко распространёнными элементами оптических систем. Качество изображения, даваемого оптическими системами, во многом зависит от того, насколько точно соответствуют расчётным значениям радиусы кривизны сферических поверхностей, полученные при обработке деталей. Отступления от заданного значения радиуса кривизны поверхности линзы (зеркала) приводят к росту aberrаций системы. Поэтому измерение радиусов сферических поверхностей является обязательной и при том ответственной операцией как при изготовлении, так и при приёме оптических деталей и должно быть осуществлено с точностью 0,05-0,2% от величины радиуса.

Существующие методы контроля радиусов кривизны можно разделить на контактные и бесконтактные. К первым относятся измерения на всех видах сферометров и метод пробных стёкол, ко вторым – метод автоколлимационной зрительной трубы и др.

Сущность метода измерения радиуса сферической поверхности на сферометре основана на измерении при помощи измерительного стержня “q” стрелки “h” прогиба контролируемой сферической поверхности “ПП” для

известного диаметра “ $2r$ ” и кольцевой зоны “ $K$ ”, которой поверхность “ $\Pi\Pi$ ” опирается на шарики  $C_1, C_2, C_3$ .

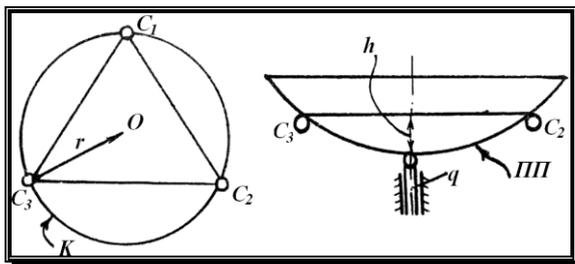


Рисунок 1 – Пояснение сущности метода измерений

Из геометрии известно, что длина прямой, опущенной из любой точки окружности перпендикулярно диаметру, есть среднее пропорциональное между длинами отрезков диаметра, т.е.:

$$\frac{DE}{DO} = \frac{DO}{2CE - DE}, \quad (I)$$

где  $DE = AB = h$  – стрелка прогиба;

$DO = r$  – радиус кольцевой зоны (кольца сферометра);

$CB = R$  – радиус контролируемой сферической поверхности;

$CE = R + \rho$ ;  $\rho$  – радиус опорного шарика.

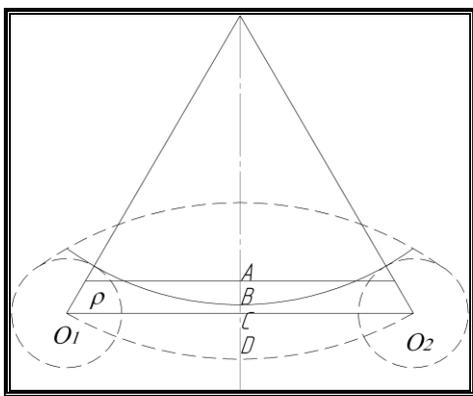


Рисунок 2 – Пояснение метода измерений

Преобразуя выражение (I), получим  $h = \frac{r^2}{2(R + \rho) - h}$ , тогда для выпуклой

поверхности имеем:

$$R = \frac{r^2}{2h} + \frac{h}{2} - \rho, \quad (II)$$

а для вогнутой поверхности:

$$R = \frac{r^2}{2h} + \frac{h}{2} + \rho. \quad (\text{III})$$

В формулах (II) и (III) величины “r” и “ρ” заранее измеряют с высокой точностью и записывают в аттестат прибора, а величину “h” измеряют в процессе контроля. Средняя квадратическая ошибка “σ<sub>R</sub>” измерения радиуса “R” поверхности зависит от средних квадратичных ошибок измерений “h”(σ<sub>h</sub>), “r”(σ<sub>r</sub>), “ρ”(σ<sub>ρ</sub>) и может быть вычислена по формуле:

$$\sigma_R = \sqrt{\left(\frac{r}{h}\right)^2 \cdot \sigma_r^2 + \left(\frac{h^2 + r^2}{2h^2}\right) \cdot \sigma_h^2 + \sigma_\rho^2} \quad (\text{IV})$$

Измерение радиусов кривизны сферических поверхностей и проверка их формы – важная и обязательная контрольная операция при изготовлении оптических деталей. Отклонение поверхностей от заданной кривизны приводит к нарушению конструктивных характеристик оптических систем и ухудшению качества изображения. В технологическом процессе необходимо контролировать как шлифованные, так и полированные поверхности. Шлифованные поверхности контролируют чаще всего методом притирки их к чашке или грибу. Иногда используют плоские шаблоны.

Контролировать такими методами полированные поверхности невозможно без их повреждения.

В настоящее время в практике цехов и лабораторий чаще всего используются следующие методы измерения радиусов кривизны полированных поверхностей: при радиусе кривизны от 37,5 мм до 750 мм – на кольцевом сферометре ИЗС-7, при радиусе кривизны от 750 мм до 5000 мм – методом автоколлимации из центра кривизны, свыше 5000 мм – методом колец Ньютона, очень большие радиусы кривизны, образовавшиеся в результате отступления от плоскости, измеряют, как правило, методом автоколлимации.

Разработаны и используются также интерферометрические методы измерения радиусов кривизны.

Все эти методы имеют ряд существенных недостатков, заключающихся в том, что использование кольцевого сферометра и пробных стекол предусматривает контакт с контролируемой поверхностью, что часто вызывает повреждение последней. Интерферометрический метод дает хорошие результаты, но требует сложной аппаратуры и исключения влияния на интерферометр тряски и вибраций, что очень сложно обеспечить в цеховых условиях.

В связи с этим имеется настоятельная необходимость в разработке новых бесконтактных методов измерения радиусов кривизны сферических полированных поверхностей, основанных на современной элементной базе. В качестве современных функциональных устройств, которые можно успешно использовать при решении аналогичных задач, можно назвать позиционно-чувствительные фотоприемники (квадрантные фотодиоды), координатно-чувствительные приемники типа линеек фотодиодов или линеек на ПЗС структурах, датчики линейных перемещений на круговых или линейных растровых шкалах.

## УСТРОЙСТВО СФЕРОМЕТРА ИЗС-7 И ПРИНЦИП РАБОТЫ НА НЁМ

Кольцевой сферометр ИЗС-7 предназначен для измерения радиусов кривизны выпуклых и вогнутых сферических поверхностей пробных стёкол с радиусами от 37,5 до 750 мм и отдельных линз и зеркал с радиусами от 10 до 1000 мм. **Предельная ошибка измерений составляет 0,2%** (измерение должно быть осуществлено с точностью 0,05-0,2% от величины радиуса). Внутри литого металлического корпуса (1) (рисунок 3) находится измерительный стержень со стеклянной миллиметровой шкалой длиной 30 мм. Под действием противовеса стержень поднимается вверх и своим сферическим наконечником соприкасается с поверхностью контролируемой детали. Для опускания измерительного стержня вниз служит арретир (2). Отсчёт по шкале производится при помощи микроскопа со спиральным окуляр-микрометром (3) с ценой деления 0,001 мм. Шкала освещается лампочкой (3,5В), включаемой в сеть через трансформатор. Сферометр снабжается набором из семи сменных опорных колец (4) с диаметрами 12, 21, 30, 42, 60, 85 и 120 мм(optional).

Измерения на сферометрах проводят следующим образом. Из набора колец выбирают одно, диаметр которого на 5-10 мм меньше диаметра контролируемой линзы и насаживают его на верхнюю полированную площадку корпуса сферометра. Поверхности контактных шариков контролируемой детали и плоской стеклянной пластинки должны быть тщательно очищены от пыли. На шарики кольца последовательно кладут сначала плоскую пластинку, а затем деталь контролируемой поверхностью вниз. Освобождают арретир и дают измерительному стержню возможность прийти в контакт с поверхностью пластины/детали, и берут отсчёт по окуляр-микрометру. Измерения повторяют 5 раз для каждой поверхности, подсчитывая среднее арифметическое значение. Разность отсчётов “ $h_1$ ” (для пластины) и “ $h_2$ ” (для линзы) даёт значение стрелки прогиба “ $h$ ”, используемое в формулах (2) и (3).

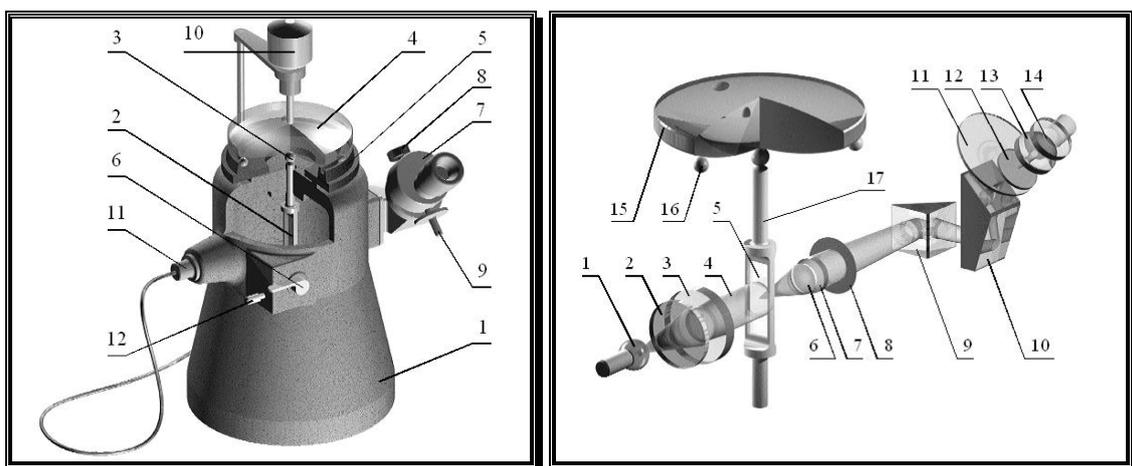


Рисунок 3 – Сферометр ИЗС-7 и его оптическая схема

Значения радиусов окружностей, проходящих через центры шариков, радиусов колец приведены в таблице 1. В случае, если вес измеряемого изделия недостаточен для преодоления измерительного усилия, применяют упор (5), который прижимает изделие к опорному кольцу сферометра.

Таблица 1 – Паспортные данные ИЗС-7

№ кольца	Радиус кольца, мм	Радиус шарика, мм
650017-1	60,0143	5,41
650017-2	42,5218	5,138
650017-3	30,0166	4,364
650017-4	21,2289	3,160
650017-5	15,0410	2,364
650017-6	10,6456	1,271
650017-7	7,4699	1,250

## ОТСЧЁТЫ С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПА СО СПИРАЛЬНЫМ ОКУЛЯР-МИКРОМЕТРОМ

Отсчёты производят по миллиметровой шкале с помощью измерительного микроскопа со спиральным окуляр-микрометром. Для установки начального отсчёта микроскопа одновременно видны: три крупных штриха миллиметровой шкалы, обозначенные крупными цифрами “11”, “12”, “13”, неподвижная вертикальная шкала десятых долей миллиметра с делениями от “0” до “10” и круговая шкала для отсчёта сотых и тысячных долей миллиметра, а также двойные витки спирали. Чтобы произвести отсчёт, необходимо предварительно маховиком подвести двойной виток спирали так, чтобы миллиметровых штрих в зоне двойных витков оказался точно по середине между линиями витков.

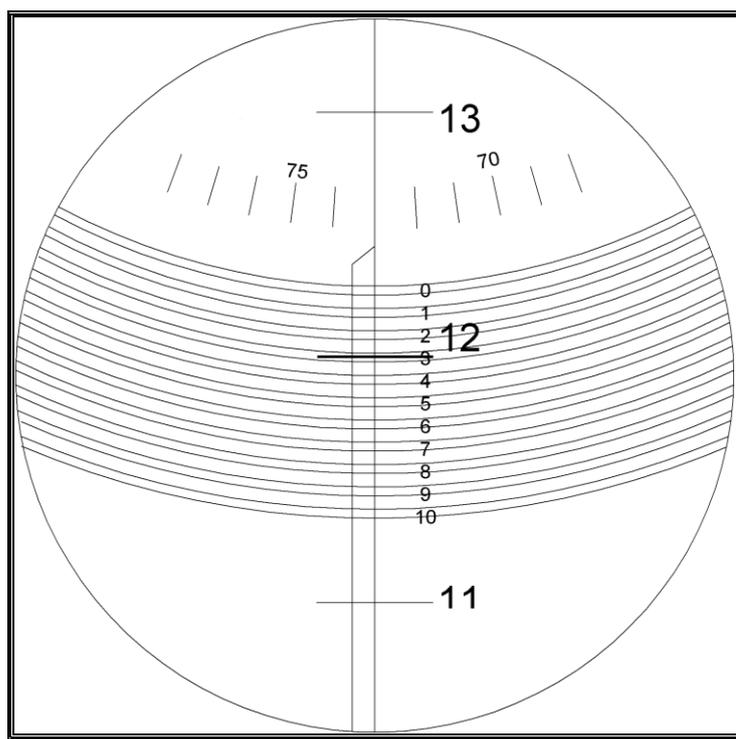


Рисунок 4 – Вид поля зрения прибора

## ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Ознакомление с описанием работы и правилами техники безопасности;
2. Получение задание у преподавателя;
3. Проведение измерений радиусов деталей;
4. Полученные измерением и вычислением данные занести в таблицу 2

Используем кольцо с номером 650017-\_\_, радиус кольца равен \_\_\_\_\_ мм, радиус шарика равен \_\_\_\_\_ мм.

Таблица 2 – *Результаты измерений*

№ измерения	Нулевой уровень, мм	Выпуклая поверхность	Вогнутая поверхность
1			
2			
3			
4			
5			

Вычисление погрешностей: отдельный лист в отчёте по данной лабораторной работе.

Все расчёты произведены. Величина погрешности составила:

1. для первого радиуса: \_\_\_\_\_%, что лежит \_\_\_\_ в допуске 0,2%;
2. для второго радиуса: \_\_\_\_\_%, что лежит \_\_\_\_ в допуске 0,2%.

Измерения проведены успешно, расчёты выполнены верно.